

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการวิจัย

การเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ผลไม้เศรษฐกิจเพื่อการพัฒนา
เกษตรที่สูงอย่างยั่งยืน ปีที่ 1 - 3

(Enhancing the Values of Economic Fruit Products for Upland
Sustainable Agricultural Development, 1st – 3rd Year)

เป็นโครงการย่อย ภายใต้ชุดโครงการวิจัยเรื่อง
การใช้ที่ดินและพัฒนาชนบทบนพื้นที่สูงอย่างยั่งยืน ระยะที่ 3
(Sustainable Land Use and Rural Development in Mountainous Area,
Stage 3)

คณะอุตสาหกรรมเกษตร
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
มกราคม 2554

คณะผู้วิจัย
โครงการวิจัยการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ผลไม้เศรษฐกิจเพื่อการพัฒนา
เกษตรที่สูงอย่างยั่งยืน ปีที่ 1

หัวหน้าโครงการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เมธิณี เหวซึ่งเจริญ
คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

โครงการย่อยที่ 1

หัวหน้าโครงการย่อย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุทัศน์ สุระวัง
สำนักวิชาเทคโนโลยีการพัฒนาลิขสิทธิ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

คณะผู้วิจัย 1) อาจารย์ ดร.นพพล เล็กสวัสดิ์
สำนักวิชาวิศวกรรมอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
2) อาจารย์ ดร.ชาติชาย โขนนุช
สำนักวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

คณะผู้ช่วยวิจัย 1) นางสาว ณัฐมา เหล่ากุลดิลก
นักศึกษานิเทศศาสตร์โทสาขาวิชาเทคโนโลยีการพัฒนาลิขสิทธิ์
คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
2) นางสาว เมธวี สันติคุณากร
นักศึกษานิเทศศาสตร์โทสาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

โครงการย่อยที่ 2

หัวหน้าโครงการย่อย ศาสตราจารย์ ดร.นิธิยา รัตนพานนท์
สำนักวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

คณะผู้วิจัย 1) อาจารย์ ดร.อุษาวดี ชนสูตร
ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
2) รองศาสตราจารย์ ดร. ดนัย บุญเกียรติ
ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

คณะผู้ช่วยวิจัย 1) นางสาว เฉลิมขวัญ วิชัยชาติ
นักศึกษานิเทศศาสตร์โทสาขาวิชาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว คณะเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
2) นางสาว จรยพร สมแก้ว
นักศึกษานิเทศศาสตร์โทสาขาวิชาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว คณะเกษตรศาสตร์

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

3) นางสาว พุดกรอง พันธุ์โม่งค์

นักศึกษาปริญญาโทสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

4) นางสาว ดนุช บุนนาค

นักศึกษาปริญญาโทสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

คณะผู้วิจัย

โครงการวิจัยการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ผลไม้เศรษฐกิจเพื่อการพัฒนา เกษตรที่สูงอย่างยั่งยืน ปีที่ 2

หัวหน้าโครงการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เมธินี เทวซึ่งเจริญ

คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

โครงการย่อยที่ 1

หัวหน้าโครงการย่อย

ศาสตราจารย์ ดร.นิธิยา รัตนปนนท์

สำนักวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

คณะผู้วิจัย

อาจารย์ ดร.อุษาวดี ชนสูตร

ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

คณะผู้ช่วยวิจัย

1) นางสาว เฉลิมขวัญ วิชัยชาติ

นักศึกษาปริญญาโทสาขาวิชาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว คณะเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

2) นางสาว จรยพร สมแก้ว

นักศึกษาปริญญาโทสาขาวิชาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว คณะเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

3) นางสาว ดนุช บุนนาค

นักศึกษาปริญญาโทสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

4) นางสาว พุดกรอง พันธุ์โม่งค์

นักศึกษาปริญญาโทสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

โครงการย่อยที่ 2

หัวหน้าโครงการย่อย	รองศาสตราจารย์ รัตนา อัดตปัญญา สำนักวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
คณะผู้วิจัย	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศรีสุวรรณ นฤนาทวงศ์สกุล สำนักวิชาวิศวกรรมอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
คณะผู้ช่วยวิจัย	1) นางสาว จิตติวดี วงศ์ธิดา นักศึกษานิเทศศาสตร์โทสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 2) นางสาว ชุติรัตน์ ศรีจันทร์ทอง นักศึกษานิเทศศาสตร์โทสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

โครงการย่อยที่ 3

หัวหน้าโครงการย่อย	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุศราภรณ์ มหาโยธี ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร พระราชวังสนามจันทร์ นครปฐม
คณะผู้ช่วยวิจัย	1) นางสาวนวกุณ ประสิทธิ์ศิลป์ นักศึกษานิเทศศาสตร์โทสาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 2) นางสาวปัจฉิมาภรณ์ อุดมคุณ นักศึกษานิเทศศาสตร์โทสาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

โครงการย่อยที่ 4

หัวหน้าโครงการย่อย	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพพล เล็กสวัสดิ์ สำนักวิชาวิศวกรรมอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
คณะผู้ช่วยวิจัย	1) นายวรายุทธ เนติกานต์ สำนักวิชาวิศวกรรมอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 2) นายนพพร เล็กสวัสดิ์ สำนักวิชาวิศวกรรมอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

คณะผู้วิจัย
โครงการวิจัยการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ผลไม้เศรษฐกิจเพื่อการพัฒนา
เกษตรที่สูงอย่างยั่งยืน ปีที่ 3

หัวหน้าโครงการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เมธิณี เทวซึ่งเจริญ
คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

โครงการย่อย

หัวหน้าโครงการย่อย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศรีสุวรรณ นฤนาทวงศ์สกุล
สำนักวิชาวิศวกรรมอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

คณะผู้วิจัย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุจินดา ศรีวัฒนะ
ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

คณะผู้ช่วยวิจัย 1) นางสาวชรินทร์พร สุวรรณวงศ์
 สำนักวิชาวิศวกรรมอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
 2) นายศุภวัฒน์ รียาย
 สำนักวิชาวิศวกรรมอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ โครงการความร่วมมือกับต่างประเทศ ไทย-เยอรมัน (NRCT-DFG) และสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ที่ได้สนับสนุนทุนวิจัย และเป็นพี่ปรึกษาโครงการวิจัย เรื่อง “การเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ผลไม้เศรษฐกิจเพื่อการพัฒนาเกษตรที่สูงอย่างยั่งยืน ระยะที่ 3 แบบต่อเนื่อง 3 ปี” ไว้ ณ ที่นี้

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เมธิณี เทวซึ่งเจริญ หัวหน้าชุดโครงการวิจัยที่เป็นผู้ประสานงานโครงการเป็นอย่างดี ตั้งแต่การจัดทำคำของบประมาณ การจัดสรร และเบิกจ่ายงบประมาณรวมทั้งการติดตามความก้าวหน้าของงานวิจัย

ขอขอบคุณ ผู้ช่วยนักวิจัยประจำโครงการ และเจ้าหน้าที่ บุคลากร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้ความร่วมมือ และอำนวยความสะดวกต่างๆ จนทำให้โครงการวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

คณะผู้วิจัย

มกราคม 2554

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ผลไม้เศรษฐกิจเพื่อการพัฒนาเกษตรที่สูงอย่างยั่งยืนนี้ได้แบ่งการทดลองเป็น 3 ปี โดยมีโครงการวิจัยย่อยทั้งหมด 7 โครงการ ได้แก่ (1) การเปรียบเทียบปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในส่วนต่างๆ ของลำไย มะม่วง และลิ้นจี่ (2) การศึกษากระบวนการแปรรูปและการเก็บรักษามะม่วง ลิ้นจี่ และลำไยสดพร้อมบริโภค (3) การศึกษาระยะการสุกที่เหมาะสมต่อการผลิตเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพร้อมบริโภค (4) การพัฒนากระบวนการอบแห้งมะม่วง และลิ้นจี่โดยไม่ใช้สารประกอบของซัลเฟอร์ (5) การศึกษากระบวนการผลิตมะม่วง และลิ้นจี่อบแห้งชนิดหวานน้อย (6) การทำผลิตภัณฑ์ มะม่วง ลิ้นจี่ และลำไยผงโดยใช้เทคนิคลดขนาดที่อุณหภูมิต่ำมาก และ (7) การพัฒนากระบวนการแช่แข็งมะม่วงและลิ้นจี่

การวิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ ในส่วนเนื้อ เปลือก และเมล็ด ของมะม่วง ลิ้นจี่ และลำไย อย่างละสามสายพันธุ์ พบว่า มะม่วงมีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดสูงที่สุดทั้งในส่วนของเนื้อและเปลือก โดยมะม่วงสายพันธุ์น้ำดอกไม้มีปริมาณรวมของสารดังกล่าวสูงที่สุด เท่ากับ $928 \pm 14\%$ มก. เทียบเท่ากับกรดแกลลิกต่อกรัม ส่วนลำไยและลิ้นจี่จะพบมากในเมล็ด ในปริมาณทั้งหมดเท่ากับ $280 \pm 10\%$ ในลำไยสายพันธุ์สีชมพู และ $323 \pm 8\%$ ในลิ้นจี่สายพันธุ์กิมเจง ในแง่ของความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ พบในเมล็ดลำไยมากที่สุดในระดับใกล้เคียงกันทั้งสามสายพันธุ์โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.22 ± 0.35 mM TEAC ต่อกรัม เช่นเดียวกับเมล็ดลิ้นจี่ทั้งสามสายพันธุ์ที่ระดับ 1.46 ± 0.13 ในส่วนเมล็ดในของมะม่วงพบ 1.75 ± 0.20 การวิเคราะห์โดยวิธี DPPH ในรูปของแคเทชินพบมากที่สุดในเมล็ดมะม่วงในปริมาณ 852 ± 87 มก. แคเทชินต่อกรัม และในส่วนเมล็ดของลำไยและลิ้นจี่ในปริมาณ 414 ± 38 และ 228 ± 19 มก. ต่อกรัม สำหรับในรูปกรดแกลลิก จะพบมากในเปลือกและเมล็ดของลำไย แต่พบน้อยมากในเปลือกและเมล็ดของลิ้นจี่และมะม่วง ทั้งนี้ตรวจไม่พบกรดเพอรูลิกในลิ้นจี่ปริมาณเบต้า-แคโรทีนพบมากในเปลือกของผลไม้ทั้งสามชนิด โดยเปลือกลิ้นจี่มีปริมาณเบต้า-แคโรทีนเฉลี่ยสูงสุดในปริมาณ 7.29 ± 0.44 มก. ต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด รองลงมาได้แก่เปลือกลำไย 5.00 ± 0.30 และเปลือกมะม่วง 1.25 ± 0.36 ส่วนวิตามินซีพบมากที่สุดในส่วนเปลือกหุ้มเมล็ดของมะม่วงโดยมีค่าเฉลี่ย 47.5 ± 0.6 มก. ต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด แต่ลิ้นจี่และลำไยพบมากในส่วนของเนื้อ โดยมีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 21.3 ± 0.9 และ 29.9 ± 0.9 ตามลำดับ

การศึกษาความเป็นไปได้ในการพัฒนากระบวนการผลิตผลไม้สดพร้อมบริโภคจากผลมะม่วง (พันธุ์น้ำดอกไม้ โชคอนันต์ และมหาชนก) ผลลิ้นจี่ (พันธุ์ฮงฮวย กิมเจง และจักรพรรดิ) และผลลำไย (พันธุ์ดอ เบี้ยว เขียว กะโหลก และสีชมพู) พบว่า การใช้สารละลายกรดเปอร้อออกซิอะซีติกความเข้มข้น 100 พีพีเอ็ม ที่พีเอช 3.2-3.4 สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดที่เปลือกของผลมะม่วงและลิ้นจี่ ได้ดีกว่าการใช้สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ความเข้มข้น 200 พีพีเอ็ม แต่ให้ผลที่ไม่ต่างกันเมื่อใช้ล้างเปลือกผลลำไย สำหรับการล้างเนื้อผลไม้ที่ผ่านการตัดแต่ง พบว่า การใช้สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ที่ความเข้มข้น 50 พีพีเอ็ม สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดบนเนื้อของผลลิ้นจี่และลำไยได้น้อยกว่าการล้างด้วยสารละลายเปอร้ออะซีติกที่ความเข้มข้นเดียวกัน ระยะการสุกที่เหมาะสมของผลมะม่วงสำหรับผลิตเป็นผลไม้สดหั่นชิ้นพร้อมบริโภค คือ ระยะการสุกที่ 1 (หลังการบ่ม 3 วัน) โดยหั่นเป็นรูปแบบครึ่งผล (หั่นตามยาวจำนวน 2 ชิ้นใหญ่ต่อผล) เนื่องจากทำให้อัตราการหายใจและการร่วงไหลของสารอิลิกโทรไลต์ต่ำที่สุด การใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 1% สำหรับแช่ชิ้นผลไม้ มีประสิทธิภาพในการปรับปรุงลักษณะความแน่นเนื้อของผลมะม่วงสุกหั่นชิ้น และผลลิ้นจี่สด แต่ไม่มีผลต่อความแน่นเนื้อของเนื้อลำไยสด

จากการทดสอบวิธีการผลิตผลไม้สดพร้อมบริโภคน้ำตาลได้แก่ มะม่วงจำนวน 3 สายพันธุ์ ลิ้นจี่จำนวน 3 สายพันธุ์ และลำไยจำนวน 2 สายพันธุ์ อายุผลมะม่วงสุกที่เหมาะสมต่อการผลิตผลไม้สดพร้อมบริโภคน้ำตาลเริ่มนับจากการบ่มผลมะม่วงดิบด้วยแคลเซียมคาร์ไบด์ (สัดส่วน 1 กรัม/ผลไม้ 1 กิโลกรัม) ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน เพื่อวัตถุประสงค์ในการทำลายเชื้อปนเปื้อนที่เปลือกผลไม้ จึงทดลองใช้กรด peroxyacetic เข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ระดับ pH 3.2 – 3.4 และพบว่ากรดดังกล่าวสามารถลดจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดที่ต้องการใช้ออกซิเจนในการเจริญเติบโตบนผิวผลมะม่วงและผลลิ้นจี่ได้ในระดับที่สูงกว่าการใช้ sodium hypochlorite เข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่ไม่พบว่ามีผลแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อจำนวนเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดที่ต้องการใช้ออกซิเจนในการเจริญเติบโต เมื่อดำเนินการทดสอบกับเปลือกลำไย การใช้กรด peroxyacetic เข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตรเป็นเวลา 1 นาทีสามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ที่เนื้อมะม่วง ลิ้นจี่ และลำไย พร้อมบริโภคน้ำตาลได้อย่างมีประสิทธิภาพ การแช่เนื้อผลไม้ในสารละลาย calcium chloride เข้มข้น 1% ช่วยเพิ่มความแน่นเนื้อของชิ้นเนื้อมะม่วงและลิ้นจี่ แต่ไม่พบในกรณีของเนื้อลำไย อายุการเก็บรักษาของผลมะม่วง ลิ้นจี่ และลำไยพร้อมบริโภคน้ำตาล ที่บรรจุในภาชนะ polyethylene clamshell และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วง 5 – 6 วัน

ในการศึกษาเพื่อคัดเลือกสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลที่มีศักยภาพ ของเนื้อมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ และ เนื้อลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย พบว่าสารละลายผสมระหว่าง 4-เฮกซิลเรโซซินอล ความเข้มข้น 0.001 โมลาร์ โพแทสเซียมซอร์เบท ความเข้มข้น 0.05 โมลาร์ และไอโซแอสคอร์บิก ความเข้มข้น 0.5 โมลาร์ และสารละลายผสมระหว่างกรดแอสคอร์บิก ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ และโพแทสเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ มีศักยภาพในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของเนื้อมะม่วง ส่วนสารละลายผสมระหว่าง 0.5 เปอร์เซ็นต์ คาราจีแนน และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ กรดซิตริก และสารละลายผสมระหว่าง 10 เปอร์เซ็นต์ มอลโต-เดกซ์ตริน และ 0.2 เปอร์เซ็นต์ กรดซิตริก มีศักยภาพในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของเนื้อลิ้นจี่ วิธีการแช่ที่เหมาะสมคือแช่ในสภาวะสุญญากาศ 20 นาที ร่วมกับสภาวะปกติ 2 นาที ก่อนนำไปอบแห้ง เวลาในการอบแห้งที่เหมาะสมของมะม่วงคือ อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง และลดอุณหภูมิลงเป็น 60 องศาเซลเซียส นาน 13 ชั่วโมง ปริมาณความเข้มข้นของสารละลายในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของมะม่วงอบแห้งคือ สารละลายผสมระหว่าง 4-เฮกซิลเรโซซินอล ความเข้มข้น 0.01 เปอร์เซ็นต์ ไอโซแอสคอร์บิก ความเข้มข้น 9.0 เปอร์เซ็นต์ และโพแทสเซียมซอร์เบทความเข้มข้น 0.85 เปอร์เซ็นต์ เนื้อมะม่วงอบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายผสมระหว่าง 4-เฮกซิลเรโซซินอล ความเข้มข้น 0.01 เปอร์เซ็นต์ ไอโซแอสคอร์บิก ความเข้มข้น 9.0 เปอร์เซ็นต์ และโพแทสเซียมซอร์เบท ความเข้มข้น 0.85 เปอร์เซ็นต์ สามารถเก็บได้นาน 16 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส โดยมีคะแนนการยอมรับในด้านสี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบรวม เท่ากับเนื้อมะม่วงอบแห้งที่ผ่านการแช่ในสารละลายโซเดียมไฮโดรเจนซัลไฟด์ ซึ่งมีคะแนนเท่ากับ 6 (ชอบน้อย)

สำหรับการศึกษาระบวนการอบแห้งมะม่วงและลิ้นจี่ชนิดหวานน้อย วัตถุประสงค์แรกเป็นการศึกษาผลของการทำ pre-treatment ด้วยสารละลายยอสมิติก ร่วมกับ การใช้สารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล (กรด, กลีเซอรอล, และทรีฮาโลส) ต่อคุณลักษณะทางเคมีและกายภาพของลิ้นจี่หลังการอบแห้ง และระหว่าง การเก็บรักษาเป็นเวลานาน 5 เดือน เปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ไม่มีการทำ pre-treatment โดยตัวอย่างที่ผ่านการ pre-treatment จะแสดงผลที่ดีในการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (PPO) เมื่อเปรียบเทียบกับสภาวะควบคุม ในขณะที่ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดในผลิตภัณฑ์อบแห้งไม่ได้ลดลง ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าค่าวอเตอร์แอคทิวิตี (A_w) ความแตกต่างของค่าความสว่าง (ΔL^*) ค่าโครมา (C^*) ค่าระดับการเกิดสีน้ำตาล (DB) และ

ปริมาณ 5-hydroxymethylfurfural (HMF) ของทุกตัวอย่างเพิ่มขึ้น ส่วนค่าอิว (h^*) ลดลงระหว่างการเก็บรักษา ตัวอย่างที่ผ่านการทำ pre-treatment ด้วยกลีเซอรอล (G) แสดงผลที่ดีที่สุดในการชะลอการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล รองลงมาด้วยการใช้กลีเซอรอลร่วมกับทรีฮาโลส (GT) และ ทรีฮาโลส (T) ตามลำดับ วัตถุประสงค์หลักของการศึกษาต่อมา คือการติดตามผลของการใช้สภาวะร่วมระหว่างการอบแบบเปลี่ยนระดับอุณหภูมิ และการทำ pre-treatment ต่อคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของลีนจ๊อบแห้ง ผลการทดลองแสดงผลกระทบของอุณหภูมิต่อค่า A_w อัตราการทำแห้ง สี และการเกิดสีน้ำตาลทั้งเนื่องจากเอนไซม์และไม่ใช่เอนไซม์ของลีนจ๊อบแห้ง ยกเว้นด้านความชื้น ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และปริมาณน้ำตาล การอบแบบ เปลี่ยนอุณหภูมิที่ 80 °C สามารถช่วยรักษาสีของลีนจ๊อบแห้งได้เมื่อเปรียบเทียบกับกรอบที่อุณหภูมิ 80 °C ในขณะที่ใช้ระยะเวลาในการอบน้อยกว่ากรอบที่อุณหภูมิ 70 °C เพียงอย่างเดียว นอกจากนี้กระบวนการทำ pre-treatment สามารถช่วยลดค่า A_w อัตราการทำแห้ง ค่าความเป็นสีแดง (a^*) ค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) ค่า C* ปริมาณกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ค่า DB และค่า HMF ส่วนค่า D-glucose และค่า D-sucrose เพิ่มขึ้น ทั้งนี้ drying curve ของตัวอย่างควบคุม และตัวอย่างที่ผ่านการทำ pre-treatment ด้วยกรดเพียงอย่างเดียวไม่ค่อยแตกต่างกัน เมื่ออบที่อุณหภูมิ 80 °C แต่ตัวอย่างที่ pre-treatment ด้วยกรด จะมีอัตราการแห้งเพิ่มสูงขึ้นเมื่ออบที่อุณหภูมิต่ำ โดยเปรียบเทียบกับสภาวะควบคุม การทำ pre-treatment ด้วย ทรีฮาโลส สามารถช่วยเพิ่มอัตราการแห้งเมื่ออบที่อุณหภูมิ 80 °C และอบแบบเปลี่ยนอุณหภูมิที่ 80 °C ไป 70 °C เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ pre-treatment ด้วยกลีเซอรอล อย่างไรก็ตามทั้งสองสภาวะแสดงรูปแบบการอบแห้งที่เหมือนกัน เมื่ออบที่อุณหภูมิต่ำ

การศึกษานำเทคนิคการลดขนาดที่อุณหภูมิต่ำมาประยุกต์ร่วมกับวิธีการแห้งแบบใช้ลมร้อนและแบบแช่เยือกแข็งกับเนื้อผลไม้สามชนิด ได้แก่ ลีนจ๊อบแห้ง พันธ์องฮวย ลำไยสายพันธุ์ฮือตอ และมะม่วงสายพันธุ์โชคอนันต์ มีวัตถุประสงค์เพื่อหาวิธีการที่ดีที่สุดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อผลไม้ผง ผลการศึกษาพบว่าการนำเนื้อผลไม้แต่ละชนิดไปแช่ในโตรเจนเหลวเป็นเวลา 2 นาที ก่อนนำตัวอย่างที่ได้ไปบดในเครื่องบด hammer mill ที่มีการเติมไนโตรเจนเหลวอย่างต่อเนื่อง ต่อด้วยการแห้งแบบแช่เยือกแข็งเป็นเวลา 48 ชั่วโมง แล้วจึงนำไปบดในเครื่องบด hammer mill ที่มีการเติมไนโตรเจนเหลวอย่างต่อเนื่องอีกครั้งหนึ่ง เป็นวิธีที่มีความเหมาะสมที่สุดและนำไปใช้ได้กับเนื้อผลไม้ทั้งสามชนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งเนื้อลีนจ๊อบแห้ง ทั้งนี้ผลิตภัณฑ์ผงเนื้อลีนจ๊อบแห้งที่ได้มีค่าความสว่าง (L) ที่ระดับ 62.1 ± 0.5 มีค่า a และ b ที่ระดับ 3.33 ± 0.13 และ 19.3 ± 0.5 ตามลำดับ ในแง่ของระดับความชื้นที่หลงเหลืออยู่ในผงเนื้อผลไม้ พบค่า a_w เท่ากับ 0.490 ± 0.005 ไม่พบค่ากิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ peroxidase ในขณะที่ยังคงรักษาค่ากิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ polyphenol oxidase ได้ในระดับสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการแปรรูปผลิตภัณฑ์เนื้อผลไม้ผงอีกสองวิธีการ ผงเนื้อลีนจ๊อบแห้งที่ได้จากวิธีการแปรรูปนี้จะมีการกระจายตัวของขนาดผงอนุภาคที่ค่อนข้างสม่ำเสมอ กว่าการลดขนาดด้วยวิธีการอื่นและทำให้ได้สัดส่วนโดยมวลของผงอนุภาคส่วนใหญ่อยู่ในช่วงที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดเล็ก (0.26 – 0.51 มิลลิเมตร)

การพัฒนากระบวนการแช่แข็งลีนจ๊อบแห้งและมะม่วงได้แบ่งการทดลองออกเป็น 4 ตอน ได้แก่ การศึกษากระบวนการดองน้ำบางส่วนออกจากเนื้อลีนจ๊อบแห้ง (พันธ์องฮวย) และมะม่วง (พันธ์โชคอนันต์) โดยการแช่ในสารละลายออสโมติก การศึกษากระบวนการดองน้ำบางส่วนออกจากลีนจ๊อบแห้งและมะม่วงโดยการอบแห้ง การเปรียบเทียบผลของวิธีการดองน้ำออกต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อลีนจ๊อบแห้งและเนื้อมะม่วงแช่แข็ง และการเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของลีนจ๊อบแห้งและมะม่วงแช่แข็งระหว่างการเก็บรักษา จากการทดลองพบว่าอัตราการสูญเสียน้ำหนัก การลดลงของปริมาณความชื้น การเพิ่มขึ้นของปริมาณของแข็งทั้งหมดและปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในเนื้อลีนจ๊อบแห้งและ

มะม่วงมีค่ามากในช่วง 2 ชั่วโมงแรกของการออสโมซิส จากนั้นอัตราการลดลงจะช้าลง และคงที่ในที่สุด ในขณะที่ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้และค่าสีของลันจีและมะม่วงที่ผ่านกระบวนการแช่แข็งใกล้เคียงกับผลไม้สด กระบวนการออสโมติกและปริมาณความชื้นในลันจีและมะม่วงก่อนแช่แข็งมีผลต่อคุณภาพของผลไม้หลังการละลายน้ำแข็งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเฉพาะอย่างยิ่งการสูญเสียน้ำหนักและความแน่นเนื้อหลังการละลายน้ำแข็ง การออสโมซิสและการลดปริมาณความชื้นในลันจีและมะม่วงก่อนการแช่แข็งทำให้ปริมาณของเหลวที่ไหลออกจากผลิตภัณฑ์หลังการละลายน้ำแข็งลดลงอย่างมาก การออสโมซิสทำให้ความแน่นเนื้อของลันจีและมะม่วงก่อนแช่แข็งลดลง แต่เมื่อละลายน้ำแข็งแล้วความแน่นเนื้อจะต่างจากลันจีและมะม่วงที่ไม่ผ่านการออสโมซิสเพียงเล็กน้อย ลันจีที่ผ่านการออสโมซิส 1 ชั่วโมง 30 นาทีก่อนการแช่แข็ง ซึ่งมีความชื้นประมาณ 75% ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสสูงที่สุด การลดความชื้นโดยวิธีการออสโมซิสและการอบแห้งก่อนแช่แข็งให้ลันจีที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของลันจีที่ผ่านการออสโมซิสสูงที่สุดในทุกคุณลักษณะ ยกเว้นคะแนนด้านกลิ่นซึ่งลันจีที่ผ่านการอบแห้งจะมีคะแนนสูงที่สุด ส่วนมะม่วงแช่แข็งพบว่าวิธีการลดความชื้นที่เหมาะสมสำหรับมะม่วงก่อนการแช่แข็งคือการอบแห้ง ซึ่งจะให้ผลิตภัณฑ์ที่มีการสูญเสียของเหลวน้อยที่สุด และมีความแน่นเนื้อและการยอมรับทางประสาทสัมผัสสูงกว่ามะม่วงที่ผ่านการออสโมซิส อย่างไรก็ตามผู้ทดสอบชิมชอบมะม่วงแช่แข็งชุดควบคุมมากกว่ามะม่วงที่ผ่านการลดความชื้น ส่วนผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพของลันจีและมะม่วงแช่แข็งพบว่าไม่ผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

Abstract

Enhancing the values of economic fruit products for upland sustainable agricultural development was a 3-year project. It contained 7 subprojects namely: (1) comparison of antioxidant contents in the pulp, peel, and seed of mango, lychee and longan, (2) study on process development of the minimally processed mango, lychee and longan, (3) study on the suitable ripening stage of mango for the production of ready to eat fresh cut mango, (4) development of drying processes for sulfite-free dried mango and lychee, (5) drying process of mango and lychee with low sweetness, (6) development of the powder products from mango, lychee and longan and (7) development of freezing processes for mango and lychee.

The analyses of antioxidant contents in the pulp, peel, and seed of three fruits, namely, mango, lychee and longan were performed using three varieties of each fruit. The results indicated that mango possessed the highest level of total phenolic compounds which were mainly concentrated in the pulp and peel. Nam Dok Mai mango variety had the highest level of this compound with the overall level of $928 \pm 14\%$ mg Gallic Acid Equivalent (GAE)/g. It was evidence that the seeds of longan and lychee also contained high level of total phenolic compounds at $280 \pm 10\%$ in Si-Chompoo longan variety and $323 \pm 8\%$ in Kimjeng lychee variety. On the antioxidant capacity as Trolox Equivalent Antioxidant Capacity (TEAC), the highest level was quantified in the longan seed at a similar level for all three varieties with an average value of 1.22 ± 0.35 mM TEAC/g. This was also similar to the findings in lychee and mango at 1.46 ± 0.13 and 1.75 ± 0.20 , respectively. The highest level of DPPH capacity as catechin was shown in mango seed at 852 ± 87 mg catechin/g followed by the longan and lychee seeds at 414 ± 38 and 228 ± 19 mg/g. On the contrary, DPPH as gallic acid was detected in the peel and seed of longan but only scarce quantity was found in the peel and seed of lychee and mango. In fact, ferulic acid was not detected in lychee. The uppermost level of b-carotene appeared in the peel of all fruits with the maximum average value of 7.29 ± 0.44 mg/100 g fresh weight in lychee peel which was followed by longan and mango peels at 5.00 ± 0.30 and 1.25 ± 0.36 , respectively. The record level of vitamin C was in the pericarp seed of mango with an average value of 47.5 ± 0.6 mg/100 g fresh weight while the pulps of longan and lychee contained the greater amount of this vitamin, relatively to their corresponding fruit parts, at 21.3 ± 0.9 and 29.9 ± 0.9 , respectively.

The feasibility study on process development of the minimally processed mango (Nam Dok Mai, Chok Anan, and Maha Chanok), lychee (Hong Huay, Kim Jeng, and Emperor) and longan fruits (E-daw, Biew Kiew, Kalok, and Si-chompoo) indicated that the application of 100 ppm peroxyacetic acid at pH 3.2-3.4 could decrease the total number of aerobic bacteria on the peels of mango and lychee fruits at a greater extent than that of 200 ppm sodium hypochlorite solution. However, no significant difference on the total number of aerobic bacteria was observed with longan peel treatment. For the minimally processed fresh cut fruits, the treatment of 50 ppm sodium hypochlorite solution on lychee and longan was less effective than peroxyacetic acid at similar concentration level. The suitable ripening stage of mango fruits for the production of ready to eat fresh cut was after three days storage period. The

longitudinal cutting style of mango into two big pieces resulted in the lowest respiration rate and electrolyte leakage. Although the soaking of fruits with 1% calcium chloride helped improve the firmness of lychee and sliced mango, such improvement was not observed in longan.

Procedures were tested for fresh-cut production of 3 varieties of mango, 3 varieties of lychee and 2 varieties of longan fruits. The suitable ripening stage of mango fruit for the production of fresh-cut was after treated mature green mango fruits with calcium carbide (1g/kg) at 30°C for 3 days. For peel sanitization purpose, the application of 100mg/L peroxyacetic acid at pH 3.2-3.4 decreased the total number of aerobic bacteria on the peels of mango and lychee fruits to a greater extent than that of 200mg/L sodium hypochlorite solution. However, no significant difference in the total number of aerobic bacteria was observed with longan peel treatment. The treatment of 50mg/L peroxyacetic acid for 1 minute effectively reduced microorganism populations on the fresh-cut mango, lychee and longan flesh. Soaking the fruit flesh in 1% calcium chloride improved the firmness of sliced mango and lychee flesh. However, such improvement was not observed in longan flesh. The shelf life of fresh-cut mango, lychee and longan fruits those were packed in polyethylene clamshell and stored at 4±1°C were 5-6 days.

The investigation to select the potential anti-browning agent for mango flesh cv. Chok-Anan and lychee flesh cv. Hong Huay revealed that the solution mixture between 0.001 M 4-hexylresorcinol, 0.05 M potassium sorbate, and 0.5 M iso-ascorbic as well as the solution mixture between 10% ascorbic acid and 2% potassium chloride had the potential to inhibit mango flesh browning. In addition, the solution mixture between 0.5% carrageenan and 0.5% citric acid as well as the solution mixture between 10% maltodextrin and 0.2% citric acid could halt browning of lychee flesh. The proper soaking should be carried out in vacuum for 20 min and normal condition for 2 min before drying. The suitable drying time of mango was 70°C for 4 h which was subsequently followed by temperature drop to 60°C for 13 h. The concentration level of the solution which was effective in stopping browning effect of dried mango included the solution mixture between 0.01% 4-hexylresorcinol, 9.0% iso-ascorbic, and 0.85% potassium sorbate. The dried mango flesh which was presoaked in this solution could be stored for 16 weeks at 25°C with the equivalent acceptability scores on the aspects of color, odor, flavour, texture characteristics, and overall acceptability to that of dried mango flesh which were immersed in NaHSO₃ with the score of 6 (low level of acceptability).

The first objective of the research on drying process of mango and lychee with low sweetness was to study effect of osmotic pretreatment with combined anti-browning agents (acid, glycerol and/or trehalose) on the physico-chemical characteristics of dried litchi after drying and during five months of storage compared to samples without pretreatment. The pretreated samples showed good inhibition of polyphenol oxidase (PPO) activity when compared with the control, while the total phenolic contents in the dried products were not reduced. The results demonstrated that water activity (A_w), lightness difference (ΔL^*), chroma (C^*), degree of browning (DB), and 5-hydroxymethylfurfural (HMF) values of all pretreated samples increased, while hue angle (h^*) decreased with storage time. Samples

pretreated with glycerol (G) showed the best potential for browning retardation, followed by glycerol combined with trehalose (GT), and trehalose (T), respectively. The main aims of next experiments were to investigate the effect of combine condition between step-wise drying temperature and pre-treatment on the physical and chemical properties of dried litchi. The results showed drying temperature impacted on the A_w , drying rate, color, and browning from enzymatic and non-enzymatic in dried peeled litchi, except moisture content, total phenolic, and sugar contents. Step wise drying temperature at 80 to 70°C could preserve the color of dried litchi when compared with 80°C, while the drying time was shorter than 70°C. In addition, pretreatment process could reduced A_w , drying rate, a^* , b^* , chroma, PPO activity, DB, and HMF, while L^* , D-glucose, and D-sucrose was increased. The drying curve of control and samples with acid pretreatment was rarely different at 80°C, but samples with acid showed higher drying rate at low temperature than control. Trehalose treatment could increase drying rate at 80°C and step wise 80 to 70°C when compare with glycerol treatment, while at low temperature of both treatments show the same drying kinetic.

The application of cryogenic size reduction technique in concert with hot air and freeze drying for three types of fruit pericarps, which included lychee cv. Hong Huay, longan cv. E-dor, and mango cv. Chok Anan, had the objective of searching for the best procedure in developing the powder products from fruit flesh. The result indicated the most suitable method which involved immersion of fruit flesh in liquid nitrogen for 2 min prior to size reduction with a hammer mill and continuous addition of liquid nitrogen was subsequently followed by freeze drying for 48 h and another round of size reduction in the hammer mill with liquid nitrogen. This technique could be applied to all three types of fruits, especially, lychee flesh. The powder product of lychee flesh from this method exhibited the lightness (L) value of 62.1 ± 0.5 with a and b values of 3.33 ± 0.13 and 19.3 ± 0.5 , respectively. On the aspect of remnant water in the fruit flesh powder, the water activity (a_w) was 0.490 ± 0.005 . The peroxidase enzyme activity was absent while the polyphenol oxidase activity was maintained at the highest level, in comparison to the other two size reduction techniques. The lychee flesh powder obtained from this method of processing had a relatively uniform size distribution in relation to the other methods. In addition, the relatively high proportion of mass fraction of the powder was in the range of smaller diameter (0.26 – 0.51 mm).

The subproject of development of freezing processes for lychee and mango was divided into 4 parts: the study of osmotic dehydration on the qualities of lychee (cv. Hong Huay) and mango (cv. Chok-Anan), the effect of moisture content on the qualities of frozen lychee and mango, the comparison of the dehydration methods on the qualities of frozen lychee and mango and finally, the effect of storage time on the qualities of frozen fruits. The experiments showed that the rate of weight and moisture losses as well as the increase of total solid (TS) and total soluble solids (TSS) in lychee and mango during osmotic dehydration were high in the first two hours and consequent slower rate until nearly constant at the end of osmotic dehydration. The titratable acidity and color values of frozen lychee and mango after thawing were similar to those of untreated samples. The methods of dehydration and the amount of

moisture content in fruits before freezing significantly affected the qualities of thawed samples, especially the drip loss and firmness. Partial dehydration of lychee and mango significantly reduced the drip loss. Osmotic dehydration caused the reduction of the firmness in fresh fruits. Nevertheless, the firmness of treated and untreated lychee and mango were slightly different after freezing and thawing. Lychee dipped in osmotic solution for 1 hour and 30 minutes, which had 75% moisture content, showed the highest sensory acceptability scores except the odor score. The qualities of dehydrofrozen lychees prepared from different methods of dehydration were similar. For mango, the freeze-air dried mango had the least drip loss and the highest firmness and also had the higher sensory acceptability scores when compared to osmo-dehydrofreezing samples. Finally, the storage time caused only small changes in the qualities of both frozen fruits.

สารบัญ

1. คณะผู้วิจัย.....	2
2. กิตติกรรมประกาศ.....	6
3. บทคัดย่อ.....	7
4. สารบัญ.....	15
5. สารบัญตาราง.....	16
6. สารบัญรูป.....	28
7. บทนำ.....	50
8. การตรวจเอกสาร.....	59
9. วิธีการศึกษาทดลอง.....	88
10. ผล และวิจารณ์ผลการทดลอง.....	197
11. สรุปผลการทดลอง.....	565
12. เอกสารอ้างอิง.....	571
13. ภาคผนวก ก.....	598
14. ภาคผนวก ข.....	610
15. ภาคผนวก ค.....	612
16. ภาคผนวก ง.....	622
17. ภาคผนวก จ.....	624

สารบัญตาราง

ตรวจเอกสาร

Table 2.1	Chemical compositions and some important physiological characteristics of ripened lychee	65
Table 2.2:	Antioxidant capacity assays.....	70
Table 2.3:	Freezing point and water level of food.....	84

วิธีการศึกษาทดลอง

พัฒนากระบวนการอบแห้งมะม่วง และลิ้นจี่โดยไม่ใช้สารประกอบของซัลเฟอร์

Table 3.1	Soaking contion for mango.....	150
Table 3.2	Soaking condition for lychee.....	151
Table 3.3	Factor of the study condition	157

กระบวนการผลิตมะม่วง และลิ้นจี่อบแห้งชนิดหวานน้อย

Table 3.1	Pre-treatment condition before the production of semi-dried mango.....	164
Table 3.2	The composition of osmotic solution in the pre-treatment of lychee before drying	166

ผล และวิจารณ์ผลการทดลอง

กระบวนการแปรรูปและการเก็บรักษามะม่วง ลิ้นจี่ และลำไยสดพร้อมบริโภค

Table 4.1	Total number of aerobic bacteria on lychee peel treated with different type of sanitizers.	227
Table 4.2	Total number of aerobic bacteria on lychee pulp treated with different type of sanitizers.	227
Table 4.3	The growth of microbes on PDA after treatment with different type of sanitizers.	228
Table 4.4	Total number of aerobic bacteria on longan peel treated with different type of sanitizers.	229
Table 4.5	Total number of aerobic bacteria on longan pulp treated with different type of sanitizers.	230
Table 4.6	Percentage of electrolyte leakage (EL) and % EL increase from various cutting styles of Nam Dok Mai mango after soaking in ddH ₂ O for 1 h.	259

Table 4.7	Percentage of electrolyte leakage (EL) and % EL increase from various cutting styles of Chok Anan mango after soaking in ddH ₂ O for 1 h.....	259
Table 4.8	Percentage of electrolyte leakage (EL) and % EL increase from various cutting styles of Maha Chanok mango after soaking in ddH ₂ O for 1 h.....	260
Table 4.9:	Percentage of electrolyte leakage (EL) from various styles of Kimjeng lychee after soaking in ddH ₂ O for 1 h.	261
Table 4.10:	Percentage of electrolyte leakage (EL) from various styles of Emperor lychee after soaking in ddH ₂ O for 1 h.	261
Table 4.11	Percentage of electrolyte leakage (EL) from various styles of Honghuay lychee after soaking in ddH ₂ O for 1 h.	262
Table 4.12	Percentage of electrolyte leakage (EL) from various styles of E-daw longan after soaking in ddH ₂ O for 1 h.	262
Table 4.13	Percentage of electrolyte leakage (EL) from various styles of Biaokhiao longan after soaking in ddH ₂ O for 1 h.	263
Table 4.14	Percentage of electrolyte leakage (EL) from various styles of Kalok longan after soaking in ddH ₂ O for 1 h.	263
Table 4.15	Percentage of electrolyte leakage (EL) from various styles of Si-Chompoo longan after soaking in ddH ₂ O for 1 h.	264
Table 4.16	Respiration rate of different cutting style for Chok Anan mango at 28 ± 2°C.....	265
Table 4.17	Respiration rate of different cutting style for Maha Chanok mango at 28 ± 2°C.	265
Table 4.18	Respiration rate and % increase of different styles for Honghuay lychee at 24 ± 2°C.	266
Table 4.19	Respiration rate and % increase of different styles for Kimjeng lychee at 24 ± 2°C.	266
Table 4.20	Respiration rate and % increase of different styles for Emperor lychee at 24 ± 2°C.	267
Table 4.21	Respiration rate and % increase of different styles for E-daw longan at 28 ± 2°C.	267
Table 4.22	Respiration rate and % increase of different styles for Biaokhiao longan at 24 ± 2°C.	268

Table 4.23	Respiration rate and % increase of different styles for Kalok longan at $24 \pm 2^{\circ}\text{C}$.	268

ระยะการสุกที่เหมาะสมต่อการผลิตเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพร้อมบริโภค

Table 4.1	Number of microorganisms on mango peel treated with different type of sanitizers	276
Table 4.2	Number of microorganisms on lychee peel treated with different type of sanitizers	278
Table 4.3	Number of microorganisms on longan peel treated with different type of sanitizers	278
Table 4.4	Number of microorganisms on mango peel treated with peroxy acetic acid solution at different concentrations and soaking times	280
Table 4.5	Number of microorganisms on lychee peel treated with peroxy acetic acid solution at different concentrations and soaking times	281
Table 4.6	Number of microorganisms in mango pulp treated with different type of sanitizers on day 7 of storage at $10 \pm 1^{\circ}\text{C}$	282
Table 4.7	Number of microorganisms in lychee pulp treated with different type of sanitizers on day 6 of storage at $4 \pm 1^{\circ}\text{C}$	284
Table 4.8	Number of microorganisms in longan pulp treated with different type of sanitizers on day 6 of storage at $4 \pm 1^{\circ}\text{C}$	285
Table 4.9	Number of microorganisms on day 7 of storage at $10 \pm 1^{\circ}\text{C}$ of cut-ripe mango treated with hydrogen peroxide solution at different concentrations and soaking times	286
Table 4.10	Number of microorganisms on day 7 of storage at $10 \pm 1^{\circ}\text{C}$ of cut-ripe mango treated with peroxy acetic acid solution at different concentrations and soaking times	288
Table 4.11	Number of microorganisms on day 6 of storage at $4 \pm 1^{\circ}\text{C}$ of lychee pulp treated with peroxy acetic acid solution at different concentrations and soaking times	289
Table 4.12	The change of total number of bacteria in cut-ripe mango stored at $4 \pm 1^{\circ}\text{C}$ for 12 days	303
Table 4.13	The change of number of yeasts and molds in cut-ripe mango stored at $4 \pm 1^{\circ}\text{C}$ for 12 days	304

Table 4.14	Amount of ethanol produced from various cutting styles of Nam Dok Mai mango and % changes of ethanol compared to those of uncut mango stored at $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ for 5 and 10 days.....	349
Table 4.15	Amount of ethanol produced from various cutting styles of Chok Anan mango and % changes of ethanol compared to those of uncut mango stored at $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ for 5 and 10 days	350
Table 4.16	Amount of ethanol produced from various cutting styles of Maha Chanok mango and % changes of ethanol compared to those of uncut mango stored at $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ for 5 and 10 days	350
Table 4.17	Total number of microorganisms in Nam Dok Mai mango pulp with 7 different cutting styles and stored at $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ for 10 days	351
Table 4.18	Total number of microorganisms in Chok Anan mango pulp with 7 different cutting styles and stored at $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ for 10 days	352
Table 4.19	Total number of microorganisms in Maha Chanok mango pulp with 7 different cutting styles and stored at $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ for 10 days	352
Table 4.20	Respiration rate of Nam Dok Mai mango with different cutting styles and % changes after cutting for 1 h compared to those of uncut mango at 25°C	358
Table 4.21	Respiration rate of Chok Anan mango with different cutting styles and % changes after cutting for 1 h compared to those of uncut mango at 25°C	359
Table 4.22	Respiration rate of Maha Chanok mango with different cutting styles and % changes after cutting for 1 h compared to those of uncut mango at 25°C	359
Table 4.23	Respiration rate of Emperor lychee at $24 \pm 2^{\circ}\text{C}$	360
Table 4.24	Respiration rate of Kimjeng lychee at $24 \pm 2^{\circ}\text{C}$	360
Table 4.25	Respiration rate of Honghuay lychee at $24 \pm 2^{\circ}\text{C}$	361
Table 4.26	Respiration rate of E-daw longan at $28 \pm 2^{\circ}\text{C}$	361
Table 4.27	Respiration rate of Biaokhiao longan at $24 \pm 2^{\circ}\text{C}$	362
Table 4.28	Respiration rate of Kalok longan at $24 \pm 2^{\circ}\text{C}$	362
Table 4.29	Electrolyte leakage (EL) and % EL change from various cutting styles of Nam Dok Mai mango after cutting for 1 h compared to those of uncut mango at 25°C	363

Table 4.30	Electrolyte leakage (EL) and % EL change from various cutting styles of Chok Anan mango after cutting for 1 h compared to those of uncut mango at 25°C	364
Table 4.31	Electrolyte leakage (EL) and % EL change from various cutting styles of Maha Chanok mango after cutting for 1 h compared to those of uncut mango at 25°C	364
Table 4.32	Percentage of electrolyte leakage (EL) from 3 different styles of Emperor lychee after soaking in ddH ₂ O for 1 h.	365
Table 4.33	Percentage of electrolyte leakage (EL) from 3 different styles of Kimjeng lychee after soaking in ddH ₂ O for 1 h.	365
Table 4.34	Percentage of electrolyte leakage (EL) from 3 different styles of Honghuay lychee after soaking in ddH ₂ O for 1 h.	365
Table 4.35	Percentage of electrolyte leakage (EL) from 3 different styles of E-daw longan after soaking in ddH ₂ O for 1 h.	366
Table 4.36	Percentage of electrolyte leakage (EL) from 3 different styles of Biaokhiao longan after soaking in ddH ₂ O for 1 h.	366
Table 4.37	Percentage of electrolyte leakage (EL) from 3 different styles of Kalok longan after soaking in ddH ₂ O for 1 h.	367
Table 4.38	Percentage of electrolyte leakage (EL) from 3 different styles of See Chompoo longan after soaking in ddH ₂ O for 1 h.	367
Table 4.39	Firmness (N) of Honghuay, Kimjeng and Emperor lychees after soaking in calcium chloride solution (CaCl ₂) with different concentrations for 5 min	369
Table 4.40	Firmness (N) of longan cv. E-daw (a) and cv. Biaokhiao (b) after soaking in calcium chloride solution (CaCl ₂) with different concentrations and soaking times	370

พัฒนากระบวนการอบแห้งมะม่วง และลิ้นจี่โดยไม่ใช้สารประกอบของซัลเฟอร์

Table 4.1	Changes in L* value of ripe-mango flesh given various dipping treatments in various dipping times.	375
Table 4.2	a* value of ripe-mango flesh given various dipping treatments in various dipping times.	375
Table 4.3	b* value of ripe-mango flesh given various dipping treatments in various dipping times.	376
Table 4.4	Changes in Polyphenol oxidase activity of ripe-mango flesh given various dipping treatments in various dipping times.	379

Table 4.5	Changes in peroxidase activity of ripe-mango flesh given various dipping treatments in various dipping times.....	383
Table 4.6	Changes in L* value of lychee flesh given various dipping treatments in various dipping times.	386
Table 4.7	Changes in a* value of lychee flesh given various dipping treatments in various dipping times.	387
Table 4.8	Changes in b* value of lychee flesh given various dipping treatments in various dipping times.	388
Table 4.9	Changes in polyphenol oxidase activity of lychee flesh given various dipping treatments in various dipping times.....	392
Table 4.10	Changes in peroxidase activity of ripe-mango flesh given various dipping treatments in various dipping times.....	393
Table 4.11	Changes in L*, a*, b* values of ripe-mango flesh in various dipping methods.....	397
Table 4.12	Changes in polyphenol oxidase activity of ripe-mango flesh in various dipping methods.....	399
Table 4.13	Changes in peroxidase activity of ripe-mango flesh in various dipping methods.....	402
Table 4.14	Changes in pH and total soluble solid of ripe-mango flesh in various dipping methods.....	404
Table 4.15:	Changes in pH and total soluble solid of lychee flesh in various dipping methods.....	407
Table 4.16:	Changes in polyphenol oxidase activity of lychee flesh in various dipping methods.....	407
Table 4.17	Changes in peroxidase activity of lychee flesh in various dipping methods.....	413
Table 4.18	Physico-chemical analysis of dried mango.	415
Table 4.19	Changes in L*,a* , b* value of treated mango in various concentration before and after drying.....	419
Table 4.20	Changes in L* value of treated mango in various concentration in different temperature.....	420
Table 4.21	Changes in a* value of treated mango in various concentration in different temperature.....	421
Table 4.22	Changes in b* value of treated mango in various concentration in different temperature.....	422

Table 4.23	Changes in polyphenol oxidase activity of treated mango in various concentration before and after drying	425
Table 4.24	Changes in polyphenol oxidase activity of treated mango in various concentration in different temperature	426
Table 4.25	Changes in peroxidase activity of treated mango in various concentration before and after drying	428
Table 4.26	Changes in peroxidase activity of treated mango in various concentration in different temperature.....	429
Table 4.27	Changes in moisture content (% dry basis) and aw of treated mango in various concentration before and after drying	432
Table 4.28	Changes in moisture content (% dry basis) and aw of treated mango in various concentration in different temperature.....	433
Table 4.29	Changes in L* value of dried mango during storage in different condition	438
Table 4.30	Changes in a* value of dried mango during storage in different condition	439
Table 4.31	Changes in b* value of dried mango during storage in different condition	440
Table 4.32	Changes in polyphenol oxidase activity of dried mango during storage in different condition	443
Table 4.33	Comparison in polyphenol oxidase activity between dried sulphited mango and dried treated mango during storage in different condition	444
Table 4.34	Changes in inhibition of polyphenol oxidase activity of dried mango during storage in different condition.....	445
Table 4.35	Changes in peroxidase activity of dried mango during storage in different condition.....	448
Table 4.36	Comparison in peroxidase activity between dried sulphited mango and dried treated mango during storage in different condition	449
Table 4.37	Changes in inhibition of peroxidase activity of dried mango during storage in different condition	450
Table 4.38	Changes in moisture content (% dry basis) of dried mango during storage in different condition	454
Table 4.39	Changes in aw of dried mango during storage in different condition	455
Table 4.40	Changes in pH of dried mango during storage in different condition	458

Table 4.41	Comparison in pH between dried sulphited mango and dried treated mango during storage in different condition	458
Table 4.42	Changes in reducing sugar of dried mango during storage in different conditions	460
Table 4.43	Comparison in reducing sugar between dried sulphited mango and dried treated mango during storage in different condition.....	462
Table 4.44	Changes in total sugar of dried mango during storage in different condition	463
Table 4.45	Comparison in total sugar between dried sulphited mango and dried treated mango during storage in different conditions	464
Table 4.46	Changes in total bacteria count of dried mango during storage in different conditions	467
Table 4.47	Changes in yeast and mold count of dried mango during storage in different conditions	468
Table 4.48	Color scores of dried mango during storage in different conditions.	474
Table 4.49	Odour scores of dried mango during storage in different conditions	475
Table 4.50	Taste scores of dried mango during storage in different conditions	476
Table 4.51	Texture scores of dried mango during storage in different conditions.....	477
Table 4.52	Overall acceptable scores of dried mango during storage in different conditions	478

กระบวนการผลิตมะม่วง และลิ้นจี่อบแห้งชนิดหวานน้อย

Table 4.1	Colour measurement of peel and flesh of unripened mango	479
Table 4.2	Colour measurement of peel and flesh of unripened mango at temperature 30°C	480
Table 4.3	Water activity of dried mango during storage at the beginning period of 0.5, 1 and 2 months	480
Table 4.4	Total number of bacteria in semi-dried mango	483
Table 4.5	Total number of yeasts and molds in semi-dried mango	483
Table 4.6	Chemical properties of fresh lychee after pre-treatment	484
Table 4.7	The change of initial %MC, PPO, and total phenolic content in lychee after drying.....	486
Table 4.8	Sugar contents in lychee after drying.....	490
Table 4.9	The scores of sensory evaluation of dried lychee product.....	492
Table 4.10	Chemical properties of fresh lychee after pre-treatment prior to drying in various conditions	492

Table 4.11	The changes in moisture content and AW of lychee after drying at various temperature levels.....	493
Table 4.12	The color changes of lychee after drying at various temperature levels	496
Table 4.13	The content of PPO and total phenolic content in dried lychee product	498
Table 4.14	The values of DB and HMF in dried lychee product	498
Table 4.15	The changes of sugar contents in dried lychee product	499
การพาลิตกัณท์ มะม่วง ลันจี และลำไยผง โดยไ้เทคนิกลดขนาดที่อุณหภูมิต่ำมาก		
Table 4.1:	The physical appearance of fresh fruits which corresponded to processing methods.....	501
Table 4.2:	The L value of fresh fruits and various processing methods to obtain powdered products from lychee, longan and mango	501
Table 4.3:	The value of fresh fruits and various processing methods to obtain powdered products from lychee, longan and mango	502
Table 4.4	The b value of fresh fruits and various processing methods to obtain powdered products from lychee, longan and mango	503
Table 4.5	The aw value of fresh fruits and various processing methods to obtain powdered products from lychee, longan and mango	504
Table 4.6	The moisture content (%) of fresh fruits and various processing methods to obtain powdered products from lychee, longan and mango.....	505
Table 4.7	Relative POD and PPO activity (%) of fresh fruits to the highest values	506
Table 4.8	Relative POD activity (%) of powdered fruits to the sample with highest activity.....	507
Table 4.9	Relative PPO activity (%) of powdered fruits to the sample with highest activity.....	507
Table 4.10	Size of powdered fruits (mm) based on mass of the particles (Dw).....	508
Table 4.11	Size of powdered fruits (mm) based on volume of the particles (Dv).....	508
Table 4.12	Size of powdered fruits (mm) based on surface area of the particles (Ds)	509
การพัฒนาระบวนการแช่แข็งเนื้อมะม่วงและลันจี		
Table 4.1	Weight loss, moisture content, solid content and total soluble solids in lychee during osmotic dehydration.....	512

Table 4.2	Titrateable acidity (as malic acid) in lychee during osmotic dehydration	514
Table 4.3	L*, a* and b* values of lychee during osmotic dehydration.....	515
Table 4.4	Drip loss and total soluble solids of thawed samples prepared from lychee with different moisture contents	517
Table 4.5	Titrateable acidity of thawed samples prepared from lychee with different moisture contents	518
Table 4.6	L*, a* and b* values of thawed samples prepared from lychee with different moisture contents	518
Table 4.7	Firmness of thawed samples prepared from lychee with different moisture contents.....	519
Table 4.8	Sensory evaluation test scores of thawed samples prepared from lychee with different moisture contents	520
Table 4.9	Drip loss and total soluble solids of thawed samples from osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen lychee	522
Table 4.10	Titrateable acidity of thawed samples from osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen lychee	522
Table 4.11	L*, a* and b* values of thawed samples from osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen lychee.....	522
Table 4.12	Firmness of thawed samples from osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen lychee.....	523
Table 4.13	Sensory evaluation test scores of thawed samples from osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen lychee	524
Table 4.14	Drip loss of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen lychee during storage.....	525
Table 4.15	Total soluble solids of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen lychee during storage	526
Table 4.16	Titrateable acidity of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen lychee during storage	527
Table 4.17	L* value of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen lychee during storage.....	529
Table 4.18	a* value of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen lychee during storage.....	530
Table 4.19	b* value of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air	531
Table 4.20	Firmness of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen lychee during storage.....	532

Table 4.21	Color-liking score of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen lychee during storage.....	533
Table 4.22	Flavor-liking score of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen lychee during storage.....	533
Table 4.23	Appearance-liking score of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen lychee during storage.....	535
Table 4.24	Firmness-liking score of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen lychee during storage.....	536
Table 4.25	Taste-liking score of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen lychee during storage.....	537
Table 4.26	Overall-liking score of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen lychee during storage.....	538
Table 4.27	Weight loss, moisture content, solid content and total soluble solids in mango during osmotic dehydration	540
Table 4.28	Titrateable acidity (as citric acid) in mango during osmotic dehydration	542
Table 4.29	L*, a* and b* values of mango during osmotic dehydration	542
Table 4.30	Drip loss and total soluble solids of thawed samples prepared from mango with different moisture contents	543
Table 4.31	Titrateable acidity of thawed samples prepared from mango with different moisture contents	543
Table 4.32	L*, a* and b* values of thawed samples prepared from mango with different moisture contents	544
Table 4.33	Firmness of thawed samples prepared from mango with different moisture contents	545
Table 4.34	Sensory evaluation test scores of thawed samples prepared from mango with different moisture contents	546
Table 4.35	Drip loss and total soluble solids of thawed samples from osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen mango.....	548
Table 4.36	Titrateable acidity of thawed samples from osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen mango.....	548
Table 4.37	L*, a* and b* values of thawed samples from osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen mango	548
Table 4.38	Firmness of thawed samples from osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen mango	549
Table 4.39	Sensory evaluation test scores of thawed samples from osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen mango.....	550

Table 4.40	Drip loss of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen mango during storage	550
Table 4.41	Total soluble solids of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen mango during storage	552
Table 4.42	Titrateable acidity of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen mango during storage	553
Table 4.43	L* value of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen mango during storage	554
Table 4.44	a* value of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen mango during storage	555
Table 4.45	b* value of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen mango during storage	556
Table 4.46	Firmness of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen mango during storage	557
Table 4.47	Color-liking score of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen mango during storage	558
Table 4.48	Flavor-liking score of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen mango during storage	559
Table 4.49	Appearance-liking score of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen mango during storage	560
Table 4.50	Firmness-liking score of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen mango during storage	561
Table 4.51	Taste-liking score of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen mango during storage	562
Table 4.52	Overall-liking score of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen mango during storage	563

สารบัญรูป

ตรวจเอกสาร

Figure 2.1: Hydroxylation and polymerisation of phenolic compounds catalysed by polyphenol oxidase (Marshall et al., 2006)	62
Figure 2.2: Synthesis processes of phenylpropanoids, stilbenes, lignans, lignins, suberins, cutins, flavonoids and tannins from phenylalanine (Shahidi and Naczk, 2004).....	69
Figure 2.3: The comparison of four antioxidants assays (ORAC, DPPH, Total phenolic compounds and vitamin C) in guava, lychee, unripe mango, ripe mango and longan from South Florida [Adapted from Mahatanatawee et al. (2005)].....	71
Figure 2.4: The comparison of Total phenolic compounds (μg GA equivalent g-1 fresh weight) in peel and pulp of Chock-anan mango at 2, 8 and 12 weeks. [Adapted from Kondo et al. (2005)]	72
Figure 2.5: The comparison of Vitamin C content (mg g-1 fresh weight) in peel and pulp of Chock-anan mango at 2, 8 and 12 weeks. [Adapted from Kondo et al. (2005)].....	73
Figure 2.6 Structure of Egg-box model in condition of lower Ca^{2+} (A) and higher Ca^{2+} (B) [Grant et al. (1973)].....	76
Figure 2.7: Percentage of products which employed cryogenic technology and had been patented	82
Figure 2.8: The efficiency of cereal grinding from (a) cryogenic grinder and (b) blade grinder was similar with the average powder size of 30 microns (Gouveia et al. 2002).....	83
Figure2.9: Freezing crystallization of food (Pearson et al. 1951)	86

วิธีการศึกษาทดลอง

เปรียบเทียบปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในส่วนต่างๆ ของลำไย มะม่วง และลิ้นจี่ แบบสด และแปรรูป

Figure 3.1: Various parts of mango used for analysis.....	90
Figure 3.2: Various parts of longan (1 st row) and lychee (2 nd row) used for analysis.....	90

กระบวนการแปรรูปและการเก็บรักษามะม่วง ลิ้นจี่ และลำไยสดพร้อมบริโภค

Figure 3.1: The soaking of mango in sanitizer.	96

Figure 3.2: The soaking of lychee in PAA solution with the concentration of 100 ppm.....	98
Figure 3.3: The soaking of whole mango fruits.	100
Figure 3.4: The immersion steps of diced ripen mango pulp in the calcium chloride solution.	105
Figure 3.5: The removal of lychee seed with a specialized tools for seed carving.....	106
Figure 3.6: The immersion of fresh lychee pulp in a firming agent solution.	106
Figure 3.7: The packaging step of lychee pulp in the plastic box with lid.....	106
Figure 3.8: The immersion steps of longan pulp in the calcium chloride solution.	107
Figure 3.9: Cutting pattern of ripe mango for the electrolyte leakage study	109
Figure 3.10: Lychee fruits with seeds removed.....	109
Figure 3.11: Longan fruits for electrolyte leakage study	110
Figure 3.12: Six patterns of mango pulp soaking in double de-ionized water to investigate the electrolyte leakage.	110
Figure 3.13: Soaking of the whole lychee fruits.	111
Figure 3.14: Soaking of the whole longan fruits.....	111
Figure 3.15: Various cutting styles of ripe mango in the glass bottle for respiration rate determination.	113
Figure 3.16: Whole lychee fruit.	114
Figure 3.17: Whole longan fruit.....	114

ระยะเวลาสุกที่เหมาะสมต่อการผลิตเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพร้อมบริโภค

Figure 3.1: CIE 1976 L* a* b* Color Space (Konica Minolta Sensing, Inc., 1998).	123
Figure 3.2: Slicing pattern of mango fruits.....	137
Figure 3.3: The storage of riped mango flesh of various types in the glass bottles.....	138
Figure 3.4: The storage of lychee fruits of various types in the glass bottles.....	139
Figure 3.5: The storage of longan fruits of various types in the glass bottles	139
Figure 3.6: The firmness measurement of riped mango before the experiment.	141
Figure 3.7: Various slicing patterns of riped mango.....	141
Figure 3.8: The lychee fruits in which the removal of seeds only and both the peels and seeds had been carried out.	142
Figure 3.9: The longan fruits in which the removal of seeds only and both the peels and seeds had been carried out.	142
Figure 3.10: The soaking of six-patterns sliced mango flesh in double deionized water.....	143

Figure 3.11: Three patterns of lychee immersion.....	143
Figure 3.12: Three patterns of longan immersion.	144
Figure 3.13: pH and conductivity meter for the determination of electrolyte conductivity.....	144
Figure 3.14: The immersion procedure of riped mango in the solution, the packaging, and the texture measurement.....	145
 กระบวนการผลิตมะม่วง และลิ้นจี่อบแห้งชนิดหวานน้อย	
Figure 3.1: The area of mango for testing color.....	162
Figure 3.2: Diagram of mango process	163
Figure 3.3: The prearrangement of mango pieces before drying in the tray dryer	164
Figure 3.4: The placement of lychee on the aluminium tray.....	167
Figure 3.5: The positioning of fresh lychee measurement (a) front and (b) size.	167
 การทำผลิตภัณฑ์ มะม่วง ลิ้นจี่ และลำไยผง โดยใช้เทคนิคลดขนาดที่อุณหภูมิต่ำมาก	
Figure 3.1: Lychee (a), longan (b), and mango fruits (c) obtained from Sustainable Land Use and Rural Development in Mountainous Area (Stage 3) Project.	174
Figure 3.2: Lychee flesh was separated from peel and seed prior to storage at - 20°C. The flesh was subsequently used in the fruit powder production.....	175
Figure 3.3: Longan flesh was separated from peel and seed prior to storage at - 20°C. The flesh was subsequently used in the fruit powder production.....	175
Figure 3.4: Riped mango.....	175
Figure 3.5: The freezing of riped mango whole fruit at -20°C.....	176
Figure 3.6: Hammer mill.....	176
Figure 3.7: Experimental plan of cryogenic size reduction and corresponding analysis methods.	178
Figure 3.8: The flesh of lychee (a), longan (b), and mango (c) fruits which were frozen in the liquid nitrogen for 2 min and ground in the hammer mill with addition of liquid nitrogen (after second step of method 1).	179
Figure 3.9: The flesh of lychee.....	180
Figure 3.10: The comparative appearance of lychee powder.....	181

Figure 3.11: The flesh of lychee (a), longan (b), and mango (c) fruits which were frozen in the liquid nitrogen for 2 min prior to freeze drying (after first step of method 2).....	182
Figure 3.12: The flesh of lychee (a), longan (b), and mango (c) fruits which were frozen in the liquid nitrogen for 2 min and freeze dried for 48 h (after second step of method 2). The samples were later packed in vacuum bags.....	183
Figure 3.13: The comparative appearance of lychee powder (a), clumped longan product (b), and mango powder (c) which were obtained from the immersion of fruit flesh in liquid nitrogen for 2 min, freeze dried for 48 h, and subsequently ground twice with hammer mill during which liquid nitrogen was added in continuously (after the final step of method 2).	184
Figure 3.14: The flesh of lychee (a), longan (b), and mango (c) fruits which were dried at 65oC for 24 h (after first step of method 3).	185
Figure 3.15: The comparative appearance of lychee powder (a) and clumped longan product (b) which were firstly dried at 65oC for 24 h, immersed in liquid nitrogen for 2 min, and and subsequently ground twice with hammer mill during which liquid nitrogen was added in continuously (after the final step of method 3).	186
Figure 3.16: The characteristics of clumped mango product which were firstly dried at 65oC for 24 h, immersed in liquid nitrogen for 2 min, and and subsequently ground twice with hammer mill during which liquid nitrogen was added in continuously (after the final step of method 3).....	187
Figure 3.17: Samples in the measuring chambers/cells prior to the analyses of moisture content.....	190

ผล และวิจารณ์ผลการทดลอง

เปรียบเทียบปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในส่วนต่างๆ ของลำไย มะม่วง และลิ้นจี่ แบบสด และแปรรูป

Figure 4.1: The effects of concentration of ethanol and methanol on the trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC).	197
Figure 4.2: The effects of concentration of ethanol and methanol on the total phenolic compounds content.	198
Figure 4.3: ABTS.+ bleaching kinetics in the presence of different concentrations of Trolox.	199

Figure 4.4: ABTS.+ bleaching kinetics in the presence of different concentrations of ascorbic acid.....	199
Figure 4.5: The effect of time on the absorbance elevation of the different concentrations of gallic acid.	200
Figure 4.6: DPPH (Gallic acid, mg/g) in different parts of three mango varieties	201
Figure 4.7: DPPH (Gallic acid, mg/g) in different parts of three longan varieties	201
Figure 4.8: DPPH (Gallic acid, mg/g) in different parts of three lychee varieties.....	201
Figure 4.9: Proportion of DPPH (Gallic acid, mg/g) in different parts of Nam Dok Mai mango variety (chosen from the overall maximum summation value of all parts)	202
Figure 4.10: Proportion of DPPH (Gallic acid, mg/g) in different parts of Si-chompoo Longan variety (chosen from the overall maximum summation value of all parts)	202
Figure 4.11: Proportion of DPPH (Gallic acid, mg/g) in different parts of Emperor lychee variety (chosen from the overall maximum summation value of all parts).....	202
Figure 4.12: DPPH (Catechin, mg/g) in different parts of three mango varieties.....	203
Figure 4.13: DPPH (Catechin, mg/g) in different parts of three longan varieties	203
Figure 4.14: DPPH (Catechin, mg/g) in different parts of three lychee varieties	203
Figure 4.15: Proporation of DPPH (Catechin, mg/g) in different parts of Nam Dok Mai mango variety (chosen from the overall maximum summation value of all parts)	204
Figure 4.16: Proporation of DPPH (Catechin, mg/g) in different parts of Si-chompoo longan variety (chosen from the overall maximum summation value of all parts)	204
Figure 4.17: Proporation of DPPH (Catechin, mg/g) in different parts of Kimjeng lychee variety (chosen from the overall maximum summation value of all parts).....	204
Figure 4.18: DPPH (Ferulic acid, mg/g) in different parts of three mango varieties	205
Figure 4.19: DPPH (Ferulic acid, mg/g) in different parts of three longan varieties	205
Figure 4.20: DPPH (Ferulic acid, mg/g) in different parts of three lychee varieties.....	205
Figure 4.21: Proportion of DPPH (Ferulic acid, mg/g) in different parts of Nam Dok Mai mango variety (chosen from the overall maximum summation value of all parts)	206

Figure 4.22: Proportion of DPPH (Ferulic acid, mg/g) in different parts of Biaokhiao longan variety (chosen from the overall maximum summation value of all parts).....	206
Figure 4.23: Proportion of DPPH (Ferulic acid, mg/g) in different parts of Honghuay lychee variety (chosen from the overall maximum summation value of all parts)	206
Figure 4.24: DPPH (Ascorbic acid mM/g) in different parts of mango varieties.....	207
Figure 4.25: DPPH (Ascorbic acid mM/g) in different parts of longan varieties.....	207
Figure 4.26: DPPH (Ascorbic acid mM/g) in different parts of lychee varieties	207
Figure 4.27: Proportion of DPPH (Ascorbic acid, mM/g) in different parts of Nam Dok Mai mango variety (chosen from the overall maximum summation value of all parts)	208
Figure 4.28: Proportion of DPPH (Ascorbic acid, mM/g) in different parts of Biaokhiae longan variety (chosen from the overall maximum summation value of all parts)	208
Figure 4.29: Proportion of DPPH (Ascorbic acid, mM/g) in different parts of Honghuay lychee variety (chosen from the overall maximum summation value of all parts)	208
Figure 4.30: ABTS (TEAC, mM/g) in different parts of three mango varieties.....	209
Figure 4.31: ABTS (TEAC, mM/g) in different parts of three longan varieties	209
Figure 4.32: ABTS (TEAC, mM/g) in different parts of three lychee varieties.....	209
Figure 4.33: Proportion of ABTS (TEAC, mM/g) in different parts of Nam Dok Mai mango variety (chosen from the overall maximum summation value of all parts).....	210
Figure 4.34: Proportion of ABTS (TEAC, mM/g) in different parts of Nam Dok Mai mango variety (chosen from the overall maximum summation value of all parts).....	210
Figure 4.35: Proportion of ABTS (TEAC, mM/g) in different parts of Nam Dok Mai mango variety (chosen from the overall maximum summation value of all parts).....	210
Figure 4.36: ABTS (Ascorbic acid, mM/g) in different parts of three mango varieties	211
Figure 4.37: ABTS (Ascorbic acid, mM/g) in different parts of three longan varieties	211
Figure 4.38: ABTS (Ascorbic acid, mM/g) in different parts of three lychee varieties	211

Figure 4.39: Proportion of ABTS (Ascorbic acid, mM/g) in different parts of Maha Chanok mango variety (chosen from the overall maximum summation value of all parts)	212
Figure 4.40: Proportion of ABTS (Ascorbic acid, mM/g) in different parts of Maha Chanok mango variety (chosen from the overall maximum summation value of all parts)	212
Figure 4.41: Proportion of ABTS (Ascorbic acid, mM/g) in different parts of Maha Chanok mango variety (chosen from the overall maximum summation value of all parts)	212
Figure 4.42: Proportion of Total Phenolic (Gallic acid, mg/g) in different parts of Nam Dok Mai mango variety (chosen from the overall maximum summation value of all parts)	213
Figure 4.43: Proportion of Total Phenolic (Gallic acid, mg/g) in different parts of Si-Chompoo longan variety (chosen from the overall maximum summation value of all parts)	213
Figure 4.44: Proportion of Total Phenolic (Gallic acid, mg/g) in different parts of Kimjeng lychee variety (chosen from the overall maximum summation value of all parts)	213
Figure 4.45: Total Phenolic (Ferulic acid, mg/g) in different parts of three mango varieties	214
Figure 4.46: Total Phenolic (Ferulic acid, mg/g) in different parts of three longan varieties	214
Figure 4.47: Total Phenolic (Ferulic acid, mg/g) in different parts of three lychee varieties	214
Figure 4.48: Proportion of Total Phenolic (Ferulic acid, mg/g) in different parts of Nam Dok Mai mango varieties (chosen from the overall maximum summation value of all parts)	215
Figure 4.49: Proportion of Total Phenolic (Ferulic acid, mg/g) in different parts of Si-Chompoo longan varieties (chosen from the overall maximum summation value of all parts)	215
Figure 4.50: Proportion of Total Phenolic (Ferulic acid, mg/g) in different parts of Kimjeng lychee varieties (chosen from the overall maximum summation value of all parts)	215
Figure 4.51: Vitamin A (Beta-Carotene, mg/100 g) in different parts of three mango varieties	216

Figure 4.52: Vitamin A (Beta-Carotene, mg/100 g) in different parts of three longan varieties	216
Figure 4.53: Vitamin A (Beta-Carotene, mg/100 g) in different parts of three lychee varieties	216
Figure 4.54: Proportion of Vitamin A (Beta-Carotene, mg/100 g) in different parts of Chok Anan mango variety (chosen from the overall maximum summation value of all parts)	217
Figure 4.55: Proportion of Vitamin A (Beta-Carotene, mg/100 g) in different parts of -Chompoo longan variety (chosen from the overall maximum summation value of all parts)	217
Figure 4.56: Proportion of Vitamin A (Beta-Carotene, mg/100 g) in different parts of Kimjeng lychee variety (chosen from the overall maximum summation value of all parts)	217
Figure 4.57: Vitamin C (mg/100 g) in different parts of three mango varieties	218
Figure 4.58: Vitamin C (mg/100 g) in different parts of three longan varieties	218
Figure 4.59: Vitamin C (mg/100 g) in different parts of three lychee varieties.....	218
Figure 4.60: Proportion of Vitamin C (mg/100 g) in different parts of Maha Chanok mango variety (chosen from the overall maximum summation value of all parts).....	219
Figure 4.61: Proportion of Vitamin C (mg/100 g) in different parts of Si-Chompoo longan variety (chosen from the overall maximum summation value of all parts).....	219
Figure 4.62: Proportion of Vitamin C (mg/100 g) in different parts of Emperor lychee variety (chosen from the overall maximum summation value of all parts).....	219
Figure 4.63: pH in different parts of three mango varieties	220
Figure 4.64: pH in different parts of three longan varieties.....	220
Figure 4.65: pH in different parts of three lychee varieties	220
Figure 4.66: TSS (Degree Brix) in different parts of three mango varieties.....	221
Figure 4.67: TSS (Degree Brix) in different parts of three longan varieties	221
Figure 4.68: TSS (Degree Brix) in different parts of three lychee varieties.....	221
Figure 4.69: Total Acidity (Citric Acid, %) in different parts of three mango varieties	222
Figure 4.70: Total Acidity (Citric Acid, %) in different parts of three longan varieties.....	222
Figure 4.71: Total Acidity (Citric Acid, %) in different parts of three lychee varieties	222
Figure 4.72: TSS Acidity Ratio in different parts of three mango varieties	223
Figure 4.73: TSS Acidity Ratio in different parts of three longan varieties.....	223

Figure 4.74: TSS Acidity Ratio in different parts of three lychee variety	223
กระบวนการแปรรูปและการเก็บรักษามะม่วง ลิ้นจี่ และลำไยสดพร้อมบริโภค	
Figure 4.1: Total aerobic microbes count on mango peel (Nam Dok Mai) after treatment with different types of sanitizers (Mean $\pm$ SD)	225
Figure 4.2: Total aerobic microbes count on mango peel (Chok Anan) after treatment with different types of sanitizers (Mean $\pm$ SD)	225
Figure 4.3: Total aerobic microbes count on mango peel (Maha Chanok) after treatment with different types of sanitizers (Mean $\pm$ SD)	226
Figure 4.4: Effect of storage period ($5 \pm 1^{\circ}\text{C}$) on L^* of Kimjeng lychee pulp treated with different type of sanitizers (Mean $\pm$ SD)	231
Figure 4.5: Effect of various sanitizers soaking ($5 \pm 1^{\circ}\text{C}$) on L^* of E-daw longan pulp during storage period of 10 days (Mean $\pm$ SD)	231
Figure 4.6: Effect of storage period ($5 \pm 1^{\circ}\text{C}$) on firmness of Kimjeng lychee pulp treated with different type of sanitizers (Mean $\pm$ SD)	232
Figure 4.7: Effect of various sanitizers soaking ($5 \pm 1^{\circ}\text{C}$) on firmness of E-daw longan pulp during storage period of 10 days (Mean $\pm$ SD)	233
Figure 4.8: Effect of storage period ($5 \pm 1^{\circ}\text{C}$) on TSS of Kimjeng lychee pulp treated with different type of sanitizers (Mean $\pm$ SD)	234
Figure 4.9: Effect of various sanitizers soaking ($5 \pm 1^{\circ}\text{C}$) on TSS of E-daw longan pulp during storage period of 10 days (Mean $\pm$ SD)	234
Figure 4.10: Effect of storage period ($5 \pm 1^{\circ}\text{C}$) on TA of Kimjeng lychee pulp treated with different type of sanitizers (Mean $\pm$ SD)	235
Figure 4.11: Effect of various sanitizers soaking ($5 \pm 1^{\circ}\text{C}$) on TA of E-daw longan pulp during storage period of 10 days (Mean $\pm$ SD)	236
Figure 4.12: Effect of storage period ($5 \pm 1^{\circ}\text{C}$) on pH of Kimjeng lychee pulp treated with different type of sanitizers (Mean $\pm$ SD)	237
Figure 4.13: Effect of various sanitizers soaking ($5 \pm 1^{\circ}\text{C}$) on pH of E-daw longan pulp during storage period of 10 days (Mean $\pm$ SD)	xxx
Figure 4.14: Effect of storage period ($5 \pm 1^{\circ}\text{C}$) on vitamin C of Kimjeng lychee pulp treated with different type of sanitizers (Mean $\pm$ SD)	237
Figure 4.15: Effect of various sanitizers soaking ($5 \pm 1^{\circ}\text{C}$) on vitamin C of E-daw longan pulp during storage period of 10 days (Mean $\pm$ SD)	239
Figure 4.16: Effect of storage period ($5 \pm 1^{\circ}\text{C}$) on L^* (a), C^* (b) and h° (c) of mango pulp (Chok Anan) at 3 ripening stages (Mean $\pm$ SD)	241

Figure 4.17: Effect of storage period ($5 \pm 1^{\circ}\text{C}$) on L^* (a), C^* (b) and h° (c) of mango pulp (Maha Chanok) at 3 ripening stages (Mean $\pm$ SD).....	242
Figure 4.18: Effect of storage period ($5 \pm 1^{\circ}\text{C}$) on firmness of Chok Anan (a) and Maha Chanok (b) mangoes at 3 ripening stages (Mean $\pm$ SD).....	243
Figure 4.19: Effect of storage period ($5 \pm 1^{\circ}\text{C}$) on weight loss of Chok Anan (a) and Maha Chanok (b) mangoes at 3 ripening stages (Mean $\pm$ SD).....	244
Figure 4.20: Effect of storage period ($5 \pm 1^{\circ}\text{C}$) on TSS of Chok Anan (a) and Maha Chanok (b) mangoes at 3 ripening stages (Mean $\pm$ SD).....	246
Figure 4.21: Effect of storage period ($5 \pm 1^{\circ}\text{C}$) on TA of Chok Anan (a) and Maha Chanok (b) mangoes at 3 ripening stages (Mean $\pm$ SD)	247
Figure 4.22: Effect of storage period ($5 \pm 1^{\circ}\text{C}$) on pH of Chok Anan (a) and Maha Chanok (b) mangoes at 3 ripening stages (Mean $\pm$ SD)..	248
Figure 4.23: Effect of calcium chloride on firmness of Chok Anan mango pulp (Mean $\pm$ SD).....	249
Figure 4.24: Effect of firming agents ($5 \pm 1^{\circ}\text{C}$) on firmness (Mean $\pm$ SD) of Kimjeng lychee pulp after 1 and 3 days storage period.....	250
Figure 4.25: Effect of firming agents ($5 \pm 1^{\circ}\text{C}$) on firmness (Mean $\pm$ SD) of Emperor lychee pulp after 1 and 3 days storage period.....	251
Figure 4.26: Effect of firming agents ($5 \pm 1^{\circ}\text{C}$) on firmness (Mean $\pm$ SD) of Honghuay lychee pulp after 1 and 3 days storage period	251
Figure 4.27: Effect of storage period ($5 \pm 1^{\circ}\text{C}$) on L^* of Emperor lychee pulp treated with different type of sanitizers (Mean $\pm$ SD).	253
Figure 4.28: Effect of storage period ($5 \pm 1^{\circ}\text{C}$) on firmness of Emperor lychee pulp treated with different type of sanitizers (Mean $\pm$ SD).	254
Figure 4.29: Effect of storage period ($5 \pm 1^{\circ}\text{C}$) on TSS of Emperor lychee pulp treated with different type of sanitizers (Mean $\pm$ SD).	254
Figure 4.30: Effect of storage period ($5 \pm 1^{\circ}\text{C}$) on TA of Emperor lychee pulp treated with different type of sanitizers (Mean $\pm$ SD).	255
Figure 4.31: Effect of storage period ($5 \pm 1^{\circ}\text{C}$) on pH of Emperor lychee pulp treated with different type of sanitizers (Mean $\pm$ SD).	255
Figure 4.32: Effect of storage period ($5 \pm 1^{\circ}\text{C}$) on vitamin C of Emperor lychee pulp treated with different type of sanitizers (Mean $\pm$ SD).	256
Figure 4.33: Effect of calcium chloride on firmness of E-Daw pulp (Mean $\pm$ SD) for 5 min soaking at $5 \pm 1^{\circ}\text{C}$	257

Figure 4.34: Effect of calcium chloride on firmness of Biaokhiao pulp (Mean $\pm$ SD) for 5 min soaking at $5 \pm 1^{\circ}\text{C}$	257
Figure 4.35: Effect of calcium chloride on firmness of Kalok pulp (Mean $\pm$ SD) for 5 min soaking at $5 \pm 1^{\circ}\text{C}$	258
ระยะการสุกที่เหมาะสมต่อการผลิตเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพร้อมบริโภค	
Figure 4.1: Changes in L^* value of cut mango with 3 different ripening stages during storage at $4 \pm 1^{\circ}\text{C}$ for 10 days: (a) Chok Anan and (b) Maha Chanok mango.....	270
Figure 4.2: Changes in C^* value of cut mango with 3 different ripening stages during storage at $4 \pm 1^{\circ}\text{C}$ for 10 days: (a) Chok Anan and (b) Maha Chanok mango.....	270
Figure 4.3: Changes in Hue angle value of cut mango with 3 different ripening stages during storage at $4 \pm 1^{\circ}\text{C}$ for 10 days: (a) Chok Anan and (b) Maha Chanok mango	271
Figure 4.4: Changes in firmness of cut mango with 3 different ripening stages during storage at $4 \pm 1^{\circ}\text{C}$ for 10 days: (a) Chok Anan and (b) Maha Chanok mango.....	272
Figure 4.5: Changes in weight loss of cut mango with 3 different ripening stages during storage at $4 \pm 1^{\circ}\text{C}$ for 10 days: (a) Chok Anan and (b) Maha Chanok mango.....	273
Figure 4.6: Changes in TSS value of cut mango with 3 different ripening stages during storage at $4 \pm 1^{\circ}\text{C}$ for 10 days: (a) Chok Anan and (b) Maha Chanok mango.....	274
Figure 4.7: Changes in TA value of cut mango with 3 different ripening stages during storage at $4 \pm 1^{\circ}\text{C}$ for 10 days: (a) Chok Anan and (b) Maha Chanok mango.....	275
Figure 4.8: Changes in pH value of cut mango with 3 different ripening stages during storage at $4 \pm 1^{\circ}\text{C}$ for 10 days: (a) Chok Anan and (b) Maha Chanok mango.....	275
Figure 4.9: Changes in L^* value of ready to eat cut mango during storage at $4 \pm 1^{\circ}\text{C}$ for 12 days: (a) Nam dok Mai, (b) Chok Anan and (c) Maha Chanok mango.....	291

Figure 4.10: Changes in Chroma (C*) value of ready to eat cut mango during storage at $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ for 12 days: (a) Nam dok Mai, (b) Chok Anan and (c) Maha Chanok mango	292
Figure 4.11: Changes in Hue angle (H°) value of ready to eat cut mango during storage at $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ for 12 days: (a) Nam dok Mai, (b) Chok Anan and (c) Maha Chanok mango	293
Figure 4.12: Changes in firmness of ready to eat cut mango during storage at $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ for 12 days: (a) Nam dok Mai, (b) Chok Anan and (c) Maha Chanok mango	296
Figure 4.13: Changes in weight loss of ready to eat cut mango during storage at $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ for 12 days: (a) Nam dok Mai, (b) Chok Anan and (c) Maha Chanok mango	297
Figure 4.14: Changes in vitamin C of ready to eat cut mango during storage at $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ for 12 days: (a) Nam dok Mai, (b) Chok Anan and (c) Maha Chanok mango	298
Figure 4.15: Changes in TSS value of ready to eat cut mango during storage at $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ for 12 days: (a) Nam dok Mai, (b) Chok Anan and (c) Maha Chanok mango	299
Figure 4.16: Changes in TA value of ready to eat cut mango during storage at $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ for 12 days: (a) Nam dok Mai, (b) Chok Anan and (c) Maha Chanok mango	300
Figure 4.17: Changes in pH value of ready to eat cut mango during storage at $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ for 12 days: (a) Nam dok Mai, (b) Chok Anan and (c) Maha Chanok mango	301
Figure 4.18: Changes in TSS/TA ratio of ready to eat cut mango during storage at $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ for 12 days: (a) Nam dok Mai, (b) Chok Anan and (c) Maha Chanok mango	302
Figure 4.19: Changes in apparent color-liking score of ready to eat cut mango during storage at $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ for 12 days: (a) Nam dok Mai, (b) Chok Anan and (c) Maha Chanok mango	306
Figure 4.20: Changes in texture-liking score of ready to eat cut mango during storage at $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ for 12 days: (a) Nam dok Mai, (b) Chok Anan and (c) Maha Chanok mango	307

Figure 4.21: Changes in odor-liking score of ready to eat cut mango during storage at $4\pm1^{\circ}\text{C}$ for 12 days: (a) Nam dok Mai, (b) Chok Anan and (c) Maha Chanok mango	308
Figure 4.22: Changes in taste-liking score of ready to eat cut mango during storage at $4\pm1^{\circ}\text{C}$ for 12 days: (a) Nam dok Mai, (b) Chok Anan and (c) Maha Chanok mango	309
Figure 4.23: Changes in overall-liking score of ready to eat cut mango during storage at $4\pm1^{\circ}\text{C}$ for 12 days: (a) Nam dok Mai, (b) Chok Anan and (c) Maha Chanok mango	310
Figure 4.24: Changes in firmness of lychee pulp that peel and pulp were washed with 100 and 50 mg/l of peroxy acetic acid for 5 and 1 min and stored at $4\pm1^{\circ}\text{C}$ and $95\pm2\%\text{RH}$ for 12 days: (a) Honghuay, (b) Kimjeng and (c) Emperor lychee	312
Figure 4.25: Changes in %weight loss of lychee pulp that peel and pulp were washed with 100 and 50 mg/l of peroxy acetic acid for 5 and 1 min and stored at $4\pm1^{\circ}\text{C}$ and $95\pm2\%\text{RH}$ for 12 days: (a) Honghuay, (b) Kimjeng and (c) Emperor lychee	313
Figure 4.26: Changes in pH of lychee pulp that peel and pulp were washed with 100 and 50 mg/l of peroxy acetic acid for 5 and 1 min and stored at $4\pm1^{\circ}\text{C}$ and $95\pm2\%\text{RH}$ for 12 days: (a) Honghuay, (b) Kimjeng and (c) Emperor lychee	317
Figure 4.27: Changes in TA of lychee pulp that peel and pulp were washed with 100 and 50 mg/l of peroxy acetic acid for 5 and 1 min and stored at $4\pm1^{\circ}\text{C}$ and $95\pm2\%\text{RH}$ for 12 days: (a) Honghuay, (b) Kimjeng and (c) Emperor lychee	318
Figure 4.28: Changes in TSS of lychee pulp that peel and pulp were washed with 100 and 50 mg/l of peroxy acetic acid for 5 and 1 min and stored at $4\pm1^{\circ}\text{C}$ and $95\pm2\%\text{RH}$ for 12 days: (a) Honghuay, (b) Kimjeng and (c) Emperor lychee	319
Figure 4.29: Changes in TSS/TA ratio of lychee pulp that peel and pulp were washed with 100 and 50 mg/l of peroxy acetic acid for 5 and 1 min and stored at $4\pm1^{\circ}\text{C}$ and $95\pm2\%\text{RH}$ for 12 days: (a) Honghuay, (b) Kimjeng and (c) Emperor lychee	320

Figure 4.30: Changes in vitamin C of lychee pulp that peel and pulp were washed with 100 and 50 mg/l of peroxy acetic acid for 5 and 1 min and stored at $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ and $95\pm 2\%\text{RH}$ for 12 days: (a) Honghuay, (b) Kimjeng and (c) Emperor lychee	321
Figure 4.31: Changes in total number of microorganisms, yeasts and molds of lychee pulp that peel and pulp were washed with 100 and 50 mg/l of peroxy acetic acid for 5 and 1 min and stored at $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ and $95\pm 2\%\text{RH}$ for 12 days: (a) Honghuay, (b) Kimjeng and (c) Emperor lychee	323
Figure 4.32: Changes in firmness of ready to eat longan pulp treated with different type of sanitizers and stored at $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ and $95\pm 2\%\text{RH}$ for 12 days: (a) E-daw and (b) Biaokhiao longan	325
Figure 4.33: Changes in %weight loss of ready to eat longan pulp treated with different type of sanitizers and stored at $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ and $95\pm 2\%\text{RH}$ for 12 days: (a) E-daw and (b) Biaokhiao longan	326
Figure 4.34: Changes in pH of ready to eat longan pulp treated with different type of sanitizers and stored at $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ and $95\pm 2\%\text{RH}$ for 12 days: (a) E-daw and (b) Biaokhiao longan.....	328
Figure 4.35: Changes in TA of ready to eat longan pulp treated with different type of sanitizers and stored at $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ and $95\pm 2\%\text{RH}$ for 12 days: (a) E-daw and (b) Biaokhiao longan.....	329
Figure 4.36: Changes in TSS of ready to eat longan pulp treated with different type of sanitizers and stored at $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ and $95\pm 2\%\text{RH}$ for 12 days: (a) E-daw and (b) Biaokhiao longan	330
Figure 4.37: Changes in vitamin C content (mg/100mL of longan extract) of ready to eat longan pulp treated with different type of sanitizers and stored at $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ and $95\pm 2\%\text{RH}$ for 12 days: (a) E-daw and (b) Biaokhiao longan.....	331
Figure 4.38: Changes in total number of bacteria of ready to eat longan pulp treated with different type of sanitizers and stored for 12 days: (a) E-daw and (b) Biaokhiao longan.....	333
Figure 4.39: Changes in number of yeasts and molds of ready to eat longan pulp treated with different type of sanitizers and stored for 12 days: (a) E-daw and (b) Biaokhiao longan.....	334

Figure 4.40: Changes in weight loss of cut mango with different cutting styles stored at $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ for 10 days: (a) Nam dok Mai, (b) Chok Anan and (c) Maha Chanok mango	336
Figure 4.41: L^* value of cut mango with different cutting styles stored at $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ for 10 days: (a) Nam dok Mai, (b) Chok Anan and (c) Maha Chanok mango.....	338
Figure 4.42: C^* value of cut mango with different cutting styles stored at $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ for 10 days: (a) Nam dok Mai, (b) Chok Anan and (c) Maha Chanok mango.....	339
Figure 4.43: Hue angle value of cut mango with different cutting styles stored at $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ for 10 days: (a) Nam dok Mai, (b) Chok Anan and (c) Maha Chanok mango.....	340
Figure 4.44: Firmness of cut mango with different cutting styles stored at $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ for 10 days: (a) Nam dok Mai, (b) Chok Anan and (c) Maha Chanok mango.....	341
Figure 4.45: Total soluble solids of cut mango with different cutting styles stored at $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ for 10 days: (a) Nam dok Mai, (b) Chok Anan and (c) Maha Chanok mango.....	343
Figure 4.46: Total titratable acidity of cut mango with different cutting styles stored at $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ for 10 days: (a) Nam dok Mai, (b) Chok Anan and (c) Maha Chanok mango.....	344
Figure 4.47: Total soluble solids to total titratable acidity ratio of cut mango with different cutting styles stored at $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ for 10 days: (a) Nam dok Mai, (b) Chok Anan and (c) Maha Chanok mango.....	345
Figure 4.48: pH value of cut mango with different cutting styles stored at $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ for 10 days: (a) Nam dok Mai, (b) Chok Anan and (c) Maha Chanok mango.....	347
Figure 4.49: Vitamin C content of cut mango with different cutting styles stored at $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ for 10 days: (a) Nam dok Mai, (b) Chok Anan and (c) Maha Chanok mango.....	348
Figure 4.50: Cutting style-liking scores of cut mango with different cutting styles stored at $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ for 10 days: (a) Nam dok Mai, (b) Chok Anan and (c) Maha Chanok mango.....	354

Figure 4.51	Color-liking scores of cut mango with different cutting styles stored at $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ for 10 days: (a) Nam dok Mai, (b) Chok Anan and (c) Maha Chanok mango.....	355
Figure 4.52	Odor-liking scores of cut mango with different cutting styles stored at $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ for 10 days: (a) Nam dok Mai, (b) Chok Anan and (c) Maha Chanok mango.....	356
Figure 4.53	Overall-liking scores of cut mango with different cutting styles stored at $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ for 10 days: (a) Nam dok Mai, (b) Chok Anan and (c) Maha Chanok mango.....	357
Figure 4.54:	Firmness of cut Maha Chanok mango pulp soaked in calcium chloride solution with different concentrations for 5 min	368
Figure 4.55	Firmness of Honghuay, Kimjeng and Emperor lychee pulp after soaking in calcium chloride solution with the concentration of 1.0, 1.5 and 2.0% for 5 min	369
พัฒนากระบวนการอบแห้งมะม่วง และลิ้นจี่โดยไม่ใช้สารประกอบของซัลเฟอร์		
Figure 4.1:	Changes in L^* value of ripe-mango flesh given various dipping treatments in various dipping times.....	377
Figure 4.2:	Changes in a^* value of ripe-mango flesh given various dipping treatments in various dipping times.	377
Figure 4.3:	Changes in b^* value of ripe-mango flesh given various dipping treatments in various dipping times.....	377
Figure 4.4:	Changes in Polyphenol oxidase activity of ripe-mango flesh given various dipping treatments in various dipping times. Values represent mean $\pm$ S.D. of three replicates.....	380
Figure 4.5:	Changes in inhibition of Polyphenol oxidase activity of ripe-mango flesh given various dipping treatments in various dipping times. Values represent mean $\pm$ S.D. of three replicates.....	380
Figure 4.6:	Changes in Peroxidase activity of ripe-mango flesh given various dipping treatments in various dipping times. Values represent mean $\pm$ S.D. of three replicates.	384
Figure 4.7:	Changes in inhibition of Peroxidase activity of ripe-mango flesh given various dipping treatments in various dipping times. Values represent mean $\pm$ S.D. of three replicates.....	384

Figure 4.8: Changes in L* value of ripe –mango flesh given various dipping treatments in various dipping times. Values represent mean± S.D. of three replicates.....	389
Figure 4.9: Changes in a* value of lychee flesh given various dipping treatments in various dipping times. Values represent mean± S.D. of three replicates.....	389
Figure 4.10: Changes in b* value of lychee flesh given various dipping treatments in various dipping times. Values represent mean± S.D. of three replicates.....	389
Figure 4.11: Changes in inhibition of Polyphenol oxidase activity of lychee flesh given various dipping treatments in various dipping times. Values represent mean± S.D. of three replicates.	394
Figure 4.12: Changes in inhibition of Peroxidase activity of lychee flesh given various dipping treatments in various dipping times. Values represent mean± S.D. of three replicates.	394
Figure 4.13: Changes in L* values of ripe- mango flesh in various dipping methods. Values represent mean± S.D. of three replicates.....	398
Figure 4.14: Changes in a* values of ripe- mango flesh in various dipping methods. Values represent mean± S.D. of three replicates.....	398
Figure 4.15: Changes in b* values of ripe- mango flesh in various dipping methods. Values represent mean± S.D. of three replicates.....	398
Figure 4.16: Changes in polyphenol oxidase activity of ripe- mango flesh in various dipping methods. Values represent mean± S.D. of three replicates.	400
Figure 4.17: Changes in inhibition of polyphenol oxidase activity of ripe- mango flesh in various dipping methods. Values represent mean± S.D. of three replicates.....	400
Figure 4.18: Changes in peroxidase activity of ripe- mango flesh in various dipping methods. Values represent mean± S.D. of three replicates.	403
Figure 4.19: Changes in inhibition of polyphenol oxidase activity of ripe- mango flesh in various dipping methods . Values represent mean± S.D. of three replicates.....	403
Figure 4.20: Changes in pH of ripe- mango flesh in various dipping methods. Values represent mean ± S.D. of three replicates.....	405

Figure 4.21: Changes in total soluble solid of ripe- mango flesh in various dipping methods . Values represent mean± S.D. of three replicates.	405
Figure 4.22: Changes in L* values of lychee flesh in various dipping methods. Values represent mean± S.D. of three replicates.....	408
Figure 4.23: Changes in a* values of lychee flesh in various dipping methods. Values represent mean ± S.D. of three replicates	408
Figure 4.24: Changes in b* values of lychee flesh in various dipping methods. Values represent mean± S.D. of three replicates.....	409
Figure 4.25: Changes in pH of lychee flesh in various dipping methods. Values represent mean± S.D. of three replicates	409
Figure 4.26: Changes in total soluble solid of lychee flesh in various dipping methods. Values represent mean± S.D. of three replicates.....	410
Figure 4.27: Changes in polyphenol oxidase activity of lychee flesh in various dipping methods. Values represent mean± S.D. of three replicates.....	410
Figure 4.28: Changes in inhibition of polyphenol oxidase activity of lychee flesh in various dipping methods. Values represent mean±S.D. of three replicates.	411
Figure 4.29: Changes in peroxidase activity of lychee flesh in various dipping methods . Values represent mean± S.D. of three replicates	411
Figure 4.30: Changes in inhibition of peroxidase activity of lychee flesh in various dipping methods .Values represent mean± S.D. of three replicates.....	412
Figure 4.31: Mango drying curve.	414
Figure 4.32: Comparison in L* value between dried sulphited mango and dried treated mango during storage in different condition. Values represent mean± S.D. of three replicates. Sulphiting treatment.....	441
Figure 4.33: Comparison in a* value between dried sulphited mango and dried treated mango during storage in different condition. Values represent mean± S.D. of three replicates. Sulphiting treatment.....	441
Figure 4.34: Comparison in b* value between dried sulphited mango and dried treated mango during storage in different condition. Values represent mean± S.D. of three replicates. Sulphiting treatment.	441
Figure 4.35aComparison in polyphenol oxidase activity between dried sulphited mango and dried treated mango during storage in different condition . Values represent mean± S.D. of three replicates. Sulphiting, treatment.	444

Figure 4.35b: Comparison in peroxidase activity between dried sulphited mango and dried treated mango during storage in different condition. Values represent mean $\pm$ S.D. of three replicates. Sulphiting treatment	449
Figure 4.36: Comparison in moisture (% dry basis) between dried sulphited mango and dried treated mango during storage in different condition. Values represent mean $\pm$ S.D. of three replicates. Sulphiting treatment	456
Figure 4.37: Comparison in Aw between dried sulphited mango and dried treated mango during storage in different condition. Values represent mean $\pm$ S.D. of three replicates. Sulphiting treatment	456
Figure 4.39: Comparison in pH between dried sulphited mango and dried treated mango during storage in different condition . Values represent mean $\pm$ S.D. of three replicates. Sulphiting, treatment.....	458
Figure 4.40: Comparison in reducing sugar between dried sulphited mango and dried treated mango during storage in different condition. Values represent mean $\pm$ S.D. of three replicates. Sulphiting, treatment	461
Figure 4.41: Comparison in total sugar between dried sulphited mango and dried treated mango during storage in different condition . Values represent mean $\pm$ S.D. of three replicates. Sulphiting, treatment	464
Figure 4.42: Comparison in total bacteria count between dried sulphited mango and dried treated mango during storage in different condition. Values represent mean $\pm$ S.D. of three replicates. Sulphiting, treatment	466
Figure 4.43: Comparison in yeast and mold count between dried sulphited mango and dried treated mango during storage in different conditions. Values represent mean $\pm$ S.D. of three replicates. Sulphiting, treatment	466
Figure 4.44: Comparison in color scores between dried sulphited mango and dried treated mango during storage in different condition. Values represent mean $\pm$ S.D. of two replicates. Sulphiting, treatment.....	471
Figure 4.45: Comparison in odour scores between dried sulphited mango and dried treated mango during storage in different condition . Values represent mean $\pm$ S.D. of two replicates. Sulphiting, treatment	472
Figure 4.46: Comparison in taste scores between dried sulphited mango and dried treated mango during storage in different condition . Values represent mean $\pm$ S.D. of two replicates. Sulphiting, treatment	472

Figure 4.47: Comparison in texture scores between dried sulphited mango and dried treated mango during storage in different condition . Values represent mean $\pm$ S.D. of two replicates. Sulphiting, treatment	472
Figure 4.48: Comparison in overall acceptable scores between dried sulphited mango and dried treated mango during storage in different condition . Values represent mean $\pm$ S.D. of two replicates. Sulphiting, treatment	473
กระบวนการผลิตมะม่วง และลิ้นจี่อบแห้งชนิดหวานน้อย	
Figure 4.1: Degree of browning of dried mango pieces in each treatment during the storage period for 0, 0.5, 1 and 2 months	481
Figure 4.2: The rising HMF contents in dried mango pieces of each treatment during storage times for 0, 0.5, 1 and 2 months.	482
Figure 4.3: Drying curve of lychee that underwent pretreatment; (a) treatment C และ A; (b) treatment G, T, และ GT.....	485
Figure 4.4: The change in AW of lychee that had been stored for 5 months.....	486
Figure 4.5: The change in color values of dried lychee for the storage period of longer than 5 months; (a) ΔL^* , (b) h^* , และ (c) C^*	487
Figure 4.6: The changes in lychee colour during storage period for (a) 0 month and (b) 5 months.....	488
Figure 4.7: The kinetics of DB and HMF during 5 months of storage period	489
Figure 4.8: The relationship between the value of ΔL^* and browning index of dried lychee (a) DB and (b) HMF.....	491
Figure 4.9: Drying curve of lychee that underwent pre-treatment and drying at various conditions (a) 80°C, (b) step wise 80-70°C, (c) 70°C and (d) step wise 70-60°C	494
Figure 4.10: Photographs of dried lychee at various temperature levels: (a) 80°C, (b) step wise 80-70°C, (c) 70°C, and (d) step wise 70-60°C.....	497
การทำผลิตภัณฑ์ มะม่วง ลิ้นจี่ และลำไยผง โดยใช้เทคนิคลดขนาดที่อุณหภูมิต่ำมาก	
Figure 4.1: Size distribution of fruit powders after cryogenic size reduction method 1	510

Figure 4.2: Size distribution of fruit powders after cryogenic size reduction method 2. The distribution of longan sample was not available since the aggregate was formed instead	511
Figure 4.3: Size distribution of fruit powders after cryogenic size reduction method 3. The distribution of longan and mango samples were not available since the aggregates were formed instead	511
 การพัฒนากระบวนการแช่แข็งเนื้อมะม่วงและลิ้นจี่	
Figure 4.1: Weight loss from lychee during osmotic dehydration	513
Figure 4.2: Moisture content in lychee during osmotic dehydration	513
Figure 4.3: Solid content in lychee during osmotic dehydration	514
Figure 4.4: Moisture content in lychee during hot air drying at 70°C.....	521
Figure 4.5: Drip loss of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen lychee during storage.....	525
Figure 4.6: Total soluble solids of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen lychee during storage.....	526
Figure 4.7: Titratable acidity of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen lychee during storage.....	527
Figure 4.8: L* value of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen lychee during storage.....	529
Figure 4.9: a* value of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen lychee during storage.....	530
Figure 4.10: b* value of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen lychee during storage	531
Figure 4.11: Firmness of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen lychee during storage.....	532
Figure 4.12: Color-liking score of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen lychee during storage.....	534
Figure 4.13: Flavor-liking score of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen lychee during storage.....	534
Figure 4.14: Appearance-liking score of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen lychee during storage.....	536
Figure 4.15: Firmness-liking score of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen lychee during storage.....	537
Figure 4.16: Taste-liking score of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen lychee during storage.....	538

Figure 4.17: Overall-liking score of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen lychee during storage	539
Figure 4.18: Weight loss from mango during osmotic dehydration.....	540
Figure 4.19: Moisture content in mango during osmotic dehydration.....	541
Figure 4.20: Solid content in mango during osmotic dehydration.....	541
Figure 4.21: Moisture content in mango during hot air drying at 70°C.....	547
Figure 4.22: Drip loss of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen mango during storage	550
Figure 4.23: Total soluble solids of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen mango during storage	552
Figure 4.24: Titratable acidity of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen mango during storage	553
Figure 4.25: L* value of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen mango during storage	555
Figure 4.26: a* value of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen mango during storage	556
Figure 4.27: b* value of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen mango during storage	557
Figure 4.28: Firmness of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen mango during storage	558
Figure 4.29: Color-liking score of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen mango during storage	559
Figure 4.30: Flavor-liking score of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen mango during storage	560
Figure 4.31: Appearance-liking score of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen mango during storage	561
Figure 4.32: Firmness-liking score of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen mango during storage	562
Figure 4.33: Taste-liking score of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen mango during storage	563
Figure 4.34: Overall-liking score of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen mango during storage	564

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของการวิจัย

ตามที่สภากิจแห่งชาติได้สนับสนุนโครงการวิจัยร่วมกับรัฐบาลสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมัน ดำเนินโครงการวิจัย ภายใต้หัวข้อ Research for Sustainable Land Use and Rural Development in Mountainous Regions of Southeast Asia เป็นระยะเวลา 6 ปี ต่อเนื่อง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบการผลิตและการใช้ที่ดินอย่างยั่งยืนในพื้นที่สูง พัฒนางค์กรในท้องถิ่นชนบทให้สามารถมีบทบาทในการช่วยลดปัญหาความยากจน ปัญหาความไม่ปลอดภัยในการบริโภคอาหาร และการพัฒนาคุณภาพชีวิตของประชาชนในเขตที่สูงอย่างยั่งยืน และมุ่งเป้าหมายไปที่การฝึกอบรมนักวิจัยรุ่นใหม่ให้มีส่วนร่วมในการคิดค้นวิธีการทำวิจัยที่เหมาะสมในพื้นที่สูง รวมไปถึงการมุ่งเน้นให้มีการทำวิจัยในเชิงบูรณาการระหว่างหน่วยงานอีกด้วย

นโยบายการส่งเสริมและรณรงค์ให้เกษตรกรเพาะปลูกผลไม้เศรษฐกิจ ซึ่งได้แก่ มะม่วง ลิ้นจี่ และ ลำไย ในพื้นที่สูงอาจดำเนินไปได้อย่างไม่มีประสิทธิภาพ หากไม่ได้คำนึงถึงวิธีการรักษาสภาพและยืดอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ไม้ผลเหล่านี้หลังการเก็บเกี่ยว เนื่องจากผลไม้เหล่านี้เน่าเสียง่าย (perishable produces) การเน่าเสียของผลไม้เศรษฐกิจที่ไม่ได้ผ่านวิธีการแปรรูปอันเหมาะสมหรือเก็บรักษาตามหลักวิชาการเป็นปัญหาสำคัญที่ทำให้เกษตรกรสูญเสียรายได้และขาดแรงจูงใจที่จะเพาะปลูกผลไม้เหล่านั้น ในปีต่อไป มะม่วง (*Mangifera indica* L.) จัดเป็นหนึ่งในผลไม้ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจต่อประเทศในภูมิภาคเขตร้อน โดยมีปริมาณการผลิตรวมระดับโลกสูงถึง 26 ล้านตันต่อปี โดยอินเดียเป็นประเทศที่มีการผลิตมะม่วงมากที่สุดเป็นอันดับหนึ่งของโลก รองลงมาคือ จีน ประเทศไทย เม็กซิโก ปากีสถาน และฟิลิปปินส์ ในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา (พ.ศ.2536-2546) ประเทศไทยมีปริมาณการผลิตมะม่วงเพิ่มเกือบเท่าตัว โดยเพิ่มจาก 1 ล้านตัน ต่อปี เป็น 1.75 ล้านตัน ต่อปี ในขณะที่มีพื้นที่การเพาะปลูกเพิ่มขึ้นจาก 170,000 ha เป็น 290,000 ha (FAOSTAT Data, 2004) ถึงแม้ว่ามะม่วงไทยจะมีกลิ่น และรสชาติที่ดีเลิศ ประเทศไทยยังประสบปัญหาในการส่งออก และแปรรูปมะม่วงให้ได้มาตรฐานตามความต้องการในระดับสากล ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนจากตัวเลขการส่งออกมะม่วง โดยในปี พ.ศ.2546 มีการส่งออกมะม่วงเพียง 17,000 ตันต่อปี ซึ่งต่ำกว่า 10 % ของผลผลิต โดยส่งไปยังประเทศเช่น มาเลเซีย ญี่ปุ่น ออสเตรเลีย สิงคโปร์ และสหภาพยุโรป เป็นต้น (Thai Customs Department, 2004) อย่างไรก็ตามประเทศไทยยังจัดเป็นประเทศหลักในการส่งออกมะม่วงแช่อิ่มอบแห้ง และ mango pulp (International trade center, 1994; FAOSTAT Data, 2004)

มะม่วงเป็นผลไม้ที่ออกตามฤดูกาล แต่ในปัจจุบันก็มีที่ออกนอกฤดูกาลจำนวนมาก มะม่วงจัดอยู่ในกลุ่ม climacteric fruit ซึ่งมีการหายใจ และการผลิตเอทิลีนที่มากขึ้นอย่างรวดเร็วภายหลังการเก็บเกี่ยว ทำให้มะม่วงสดมีอายุการเก็บที่สั้น และเน่าเสียได้ง่าย อันเป็นปัจจัยหนึ่งที่จำกัดด้านการขยายตลาดของมะม่วงสด โดยเฉพาะสู่ระดับสากล (Mitra and Baldwin, 1997) นอกจากนี้ประเทศยังประสบปัญหาผลผลิตมะม่วงล้นตลาดในช่วงฤดูกาลผลิตมีปริมาณเกินความต้องการของผู้บริโภคภายในประเทศ (seasonal over production) ทำให้เกิดการสูญเสียภายหลังการเก็บเกี่ยวในปริมาณมาก และผลผลิตมีราคาต่ำ การพัฒนาการแปรรูปมะม่วง เป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น candy มะม่วงแผ่น หรือ มะม่วงอบแห้งแบบธรรมชาติ ปราศจากการเพิ่มน้ำตาล และ เติมน้ำตาลเจือปนอาหาร จึงเป็นทางออกที่น่าสนใจแก่ผู้ประกอบการตั้งแต่ระดับเล็ก เช่นระดับชุมชนหรือกลุ่มเกษตรกร จนถึงระดับใหญ่ ในการลดการสูญเสียภายหลังการเก็บเกี่ยว และให้สามารถผลิตผลิตภัณฑ์อาหารที่มีคุณภาพปลอดภัย ตรงตามความต้องการของผู้บริโภคทั้งภายในประเทศ และนานาชาติ อีกทั้งเพิ่มมูลค่าให้แก่ผลิตภัณฑ์

และเพิ่มศักยภาพในการขยายการตลาด ให้ส่งออกไปยังประเทศในระยะทางที่ไกลขึ้น หรือ ส่งออกนอกฤดูกาลผลิต หรือส่งออกไปยังประเทศที่มีความเข้มงวดด้าน phytosanitary อีกทั้งในอนาคตอันใกล้นี้อาจมีการประกาศให้มีการแสดงปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในฉลากอาหารที่จะนำส่งสหภาพยุโรป ซึ่งจะส่งผลอย่างมากต่อการตัดสินใจซื้อผลไม้แห้งจากประเทศไทย เนื่องจากในปัจจุบัน การผลิตผลไม้อบแห้งส่วนใหญ่จะมีการเติมสารกลุ่มเมตาไบซัลไฟต์

ในประเทศที่พัฒนาแล้วมีความต้องการบริโภคผลไม้อบแห้งจากเขตร้อน เช่น กล้วย มะม่วง สับปะรด และมะละกอ เป็นต้น ในปริมาณที่มากขึ้น (IDEA, 2001; International trade center, 1994) โดยนำไปผสมกับ breakfast cereals หรือ เป็นอาหารว่างผสมกับถั่ว (fruit and nut mixes) แต่มะม่วงอบแห้งที่ส่งออกจากประเทศไทยในปัจจุบันส่วนใหญ่ยังผ่านกรรมวิธีการผลิตแบบดั้งเดิม กล่าวคือยังผ่านกระบวนการแช่ในสารละลายน้ำตาลเข้มข้นเพื่อเพิ่มความหวาน และแช่ในสารละลายเมตาไบซัลไฟต์เพื่อ รักษาสีเหลืองของผลิตภัณฑ์ และยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดสารสีน้ำตาล ก่อนกระบวนการอบแห้ง ซึ่งทำให้ ผลิตภัณฑ์สูญเสียกลิ่นรส และรสชาติที่เป็นเอกลักษณ์ไป ยิ่งไปกว่านั้นจากข้อมูลของผู้ประกอบการส่งออกผักและผลไม้อบแห้งของประเทศพบว่าตลาดของผลิตภัณฑ์ผลไม้แช่อิ่ม อบแห้งในต่างประเทศที่เป็นลูกค้ารายใหญ่ เช่นสหภาพยุโรป (European Union) ได้เข้าสู่ช่วงขาลง (decline phase) ทำให้บริษัทผู้ผลิตและส่งออกประสบปัญหาในด้านการขยายตลาด อีกทั้งยังมีความแข่งขันกันที่ดุเดือดมากขึ้นที่มีศักยภาพสูงเช่น ประเทศฟิลิปปินส์ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ที่สามารถตอบสนองความต้องการของตลาดโลกในแง่ของการเพิ่มขึ้นของความต้องการอาหารเพื่อสุขภาพ และอาหารธรรมชาติ (health food and natural food) คณะผู้ทำวิจัย เล็งเห็นว่า มะม่วงกึ่งอบแห้งชนิดปราศจากการเติมน้ำตาลและ สารประกอบเมตาไบซัลไฟต์ เป็นผลิตภัณฑ์ที่มี ศักยภาพที่จะแก้ปัญหาดังกล่าวข้างต้นได้ และโดยทั่วไปผลิตภัณฑ์อาหารธรรมชาติจะมีราคาสูงกว่าอาหารที่มีการเติมวัตถุเจือปนอาหาร เช่น 100 กรัม ของมะม่วงกึ่งอบแห้ง อาจจะขายได้ที่ประเทศเยอรมันประมาณ 200 บาท (4 Euro) ในขณะที่ราคา มะม่วงสดที่ตลาดเดียวกันเช่นของพันธุ์ Kent หรือ Tommy Atkins อยู่ที่ประมาณ 45 บาทต่อ 500 กรัม นอกจากนี้ มะม่วงจัดเป็นผลไม้ที่มีเบต้าแคโรทีน (provitamin A) สูง และภายหลังการอบแห้ง ยังคงเหลือในปริมาณที่เพียงพอตาม Recommended Daily Intake (Pott et al., 2003) และประชากรไทยในระดับท้องถิ่นก็ประสบปัญหาการขาดวิตามินเอ (vitamin A deficiency) ดังนั้นมะม่วงกึ่งอบแห้ง จึงสามารถเป็นแหล่งที่ดีของวิตามินเอในระดับท้องถิ่นสามารถเก็บไว้บริโภคทั้งนอกฤดูกาล เนื่องจากการอบแห้งเป็นเทคโนโลยีที่สามารถใช้ได้กับผู้ประกอบการ ตั้งแต่ระดับเล็ก กลุ่มแม่บ้าน (OTOP) ระดับกลาง จนกระทั่งอุตสาหกรรมระดับใหญ่

นอกจากมะม่วงแล้ว ลิ้นจี่ (*Lychee Chinesis* Sonn.) ยังเป็นผลไม้เขตร้อนอีกชนิดหนึ่งที่มี ศักยภาพในการที่จะส่งเสริมเพื่อการส่งออกไปยังตลาดต่างประเทศ โดยเฉพาะประเทศที่สามารถปลูกได้แต่ผลไม้เมืองหนาว เช่นกลุ่มสหภาพยุโรป เป็นต้น เนื่องจากลิ้นจี่มีรสชาติหวานอมเปรี้ยวซึ่งตรงกับความต้องการของผู้บริโภคในยุโรป นอกจากนี้ลิ้นจี่ยังมีกลิ่นหอม แต่การส่งออกลิ้นจี่สด ประสบปัญหาอย่างมากเนื่องจากลิ้นจี่เป็นผลไม้ที่เน่าเสียได้ง่าย สีของเปลือกมีเปลี่ยนแปลงเป็นสีคล้ำอย่างรวดเร็วภายหลังการเก็บเกี่ยว เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลด้วยเอนไซม์ จึงมีการรมควันลิ้นจี่ด้วยสารประกอบซัลเฟอร์ไดออกไซด์ก่อนส่งขาย ซึ่งในบางประเทศจะไม่ยอมรับอาหารที่มีการเจือปนด้วยสารประกอบกลุ่มนี้ (Zhang et al., 2001) นอกจากการแปรรูปเป็นลิ้นจี่กระป๋องแล้ว การทำแห้งยังเป็นทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยยืดอายุการเก็บลิ้นจี่ และเป็นเทคโนโลยีที่สามารถประยุกต์ใช้ได้ดีในระดับชุมชนหรือกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูก ประกอบกับลิ้นจี่เป็นผลไม้ที่มีทั้งรสเปรี้ยวและหวาน การอบแห้งโดยไม่แช่ผลไม้ในสารละลายน้ำตาลเข้มข้นดังที่นิยมทำใน ประเทศในปัจจุบัน จึงมีความเป็นไปได้สูง

ดังนั้นกระบวนการพัฒนากระบวนการผลิตลีนจ๊อบแห่งชนิดหวานน้อย และไม่มีการเติมสารประกอบซัลเฟอร์ไดออกไซด์จึงเป็นงานวิจัยที่มีความสำคัญ และจำเป็น ถึงแม้ว่าในปัจจุบันจะมีการผลิตลีนจ๊อบแห่งแบบธรรมชาติออกมาขายในตลาดบ้างแล้ว แต่ยังมีปัญหาด้านคุณภาพ โดยเฉพาะเกิดสีคล้ำภายหลังการผลิต จึงดูเหมือนผลิตภัณฑ์ใหม่ ดังนั้นจึงยังต้องการการวิจัยเพื่อ พัฒนาการอบแห้งลีนจ๊อบ

การทำมะม่วงและลีนจ๊อบเป็นหนทางหนึ่งในการแปรรูปผลิตภัณฑ์ผลไม้เศรษฐกิจให้มีอายุการเก็บรักษาที่ยาวนานขึ้น (ประมาณ 1 ปี ที่อุณหภูมิห้อง) ซึ่งเป็นการแนะแนวทางเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกรและส่งเสริมให้ผู้ประกอบการลงทุนเพื่อสร้างโรงงานแปรรูปผลไม้เพื่อออกจำหน่าย เพราะผลิตภัณฑ์ผลไม้ไม่มีราคาสูงกว่าผลไม้สดมาก ตัวอย่างที่เห็นชัดเจนได้แก่การเปรียบเทียบราคาขายมะม่วงสด 20 บาทต่อกิโลกรัมในประเทศไทย (กรมส่งเสริมวิชาการเกษตร 2548) กับราคาขายมะม่วงผงบด 1,000 บาทต่อกิโลกรัม ในเวปเพจ ของ Bombay Limited (2005), และ 3,360 บาทต่อกิโลกรัม ที่ Centerforce Australia (2005) ประกาศขาย นอกจากนี้รายงานเกี่ยวกับการทำลีนจ๊อบก็ยังมีไม่มาก จึงเป็นผลิตภัณฑ์ตัวใหม่ที่ควรส่งเสริมให้มีการวิจัยและพัฒนาขึ้นในประเทศไทย ทำให้ผู้บริโภคสามารถเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ชนิดใหม่ ทำให้เกิดความหลากหลายและยังส่งเสริมให้เกิดการแข่งขันเชิงพาณิชย์ในท้องตลาดทั้งในและนอกประเทศด้วย หากมีการพัฒนาจนถึงขั้นส่งออกผลิตภัณฑ์ โดยผลไม้ผลที่ได้สามารถนำไปขงเป็นเครื่องดื่ม, เป็นอาหารเสริมสุขภาพ, ผสมกับอาหารเพื่อเพิ่มรสชาติ, ผสมกับขนมขบเคี้ยวหรืออาจนำไปผสมกับยาเพื่อรับประทานง่ายขึ้นก็ได้ นอกจากนี้การขนส่งผลิตภัณฑ์ผลไม้สดยังมีประสิทธิภาพสูงกว่าผลไม้สดหลายเท่า เพราะผลไม้สดมักจะมีน้ำเป็นองค์ประกอบอยู่ประมาณ 80-90% ของน้ำหนักรวม ค่าใช้จ่ายส่วนใหญ่ในการขนส่ง ผลไม้สดจึงเสียไปกับน้ำที่ถูกเก็บไว้ในเซลล์ผลไม้ชนิดนั้นๆ การขนจัดน้ำออกด้วยการทำแห้งจึงเป็นการเพิ่ม ประสิทธิภาพในการขนส่งได้อีกทางหนึ่ง

การแช่แข็งเป็นกระบวนการหนึ่งที่ใช้ยืดอายุการเก็บของผลไม้ โดยทำให้น้ำในผลไม้เปลี่ยนไปเป็นผลึกน้ำแข็งเป็นการลดปริมาณน้ำที่จุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ประโยชน์เพื่อการเจริญเติบโต และชะลอการเปลี่ยนแปลงจากปฏิกิริยาเคมีและชีวเคมี ทำให้ยังคงรักษากลิ่นและรสชาติได้ใกล้เคียงของสด อย่างไรก็ตามการแช่แข็งทำให้เกิดผลึกน้ำแข็งซึ่งมีผลอย่างมากต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของผลไม้ การแช่แข็งอย่างรวดเร็วจะได้ผลึกน้ำแข็งขนาดเล็ก ซึ่งก่อให้เกิดความเสียหายต่อเนื้อเยื่อน้อยกว่าการแช่แข็งอย่างช้า การดองน้ำในผลไม้ ออกบางส่วนก่อนการแช่แข็งจะช่วยรักษาลักษณะเนื้อสัมผัสของผลไม้ เนื่องจากมีปริมาณน้ำที่จะเปลี่ยนไปเป็นผลึกน้ำแข็งน้อยลง นอกจากนี้ยังช่วยลดระยะเวลาของการแช่แข็งเป็นการประหยัดค่าใช้จ่าย การดองน้ำออกบางส่วนสามารถทำได้โดยการอบแห้งหรือโดยการแช่ในสารละลายออสโมติก เช่น แช่ในสารละลายน้ำตาล กลีเซอรอล และเกลือเป็นต้น

ปัญหาอุปสรรคในการส่งออกผลไม้สดนอกจากเรื่องเน่าเสียแล้ว คือปัญหาเรื่องสารเคมีตกค้าง เรื่องโรคและแมลง รวมทั้งไขแมลงวันที่พบในผลไม้ ดังนั้น การแปรรูปประเภทผลไม้สดพร้อมบริโภค (Fresh cut products) นอกจากจะขจัดปัญหาต่างๆ ข้างต้นแล้ว ยังสามารถช่วยแก้ปัญหาเรื่องขยะเนื่องจากเปลือกและเมล็ดผลไม้ในประเทศปลายทางอีกด้วย สำหรับประเทศไทย การผลิตผลไม้สดหั่นชั้นระดับอุตสาหกรรมยังมีน้อยมาก เนื่องจากยังมีการวิจัยและมีการผลิตจำหน่ายไม่แพร่หลาย ทั้งๆ ที่ผลิตผลทางการเกษตรในประเทศมีศักยภาพสูงมากในการนำไปผลิตเป็นผลไม้สดหั่นชั้น ซึ่งปัญหาเหล่านี้จำเป็นต้องได้รับการแก้ไขอย่างเร่งด่วน แนวทางหนึ่งคือการศึกษารวบรวมและพัฒนาเทคโนโลยีในกระบวนการผลิตผลไม้สดหั่นชั้นระดับอุตสาหกรรม และวิธีการควบคุมคุณภาพให้ปลอดภัยต่อผู้บริโภค เพื่อนำความรู้ไปพัฒนาให้เกิดอุตสาหกรรมผลไม้สดหั่นชั้นภายในประเทศเป็นการเพิ่มมูลค่าให้แก่ผลไม้สดและสามารถส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศได้ในอนาคตต่อไป

ในปัจจุบันความสนใจเกี่ยวกับสารต้านอนุมูลอิสระในผลไม้ต่างๆ โดยเฉพาะลำไย ลิ้นจี่ และมะม่วง มีอยู่มากมายดังเห็นได้ชัดเจนจากการใช้ระบบสืบค้นข้อมูลของ google ด้วยคำสำคัญ “mango antioxidant” “lychee antioxidant” และ “longan antioxidant” ได้ผลการค้นหาทั้งสิ้น 47800, 3790 และ 1090 รายการตามลำดับ นอกจากนี้จากการสืบค้นฐานข้อมูล FSTA (Food Science And Technology Abstracts) ยังพบว่าในช่วง 4 ทศวรรษที่ผ่านมาความสนใจในเรื่องสารต้านอนุมูลอิสระได้เพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ (Fig. 1) โดยก่อนปีพ.ศ. 2509 ไม่มีผลงานตีพิมพ์ใดๆ ที่อ้างถึงสารเคมีกลุ่มนี้ในฐานข้อมูลดังกล่าวเลย กระทั่งทศวรรษถัดมาจึงเริ่มมีผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 83 เรื่อง ในช่วงปี 2519-2528 และ 2529-2538 มีจำนวนผลงานวิจัย 828 และ 1040 เรื่องตามลำดับ กระทั่งถึงทศวรรษปัจจุบัน (2539 - 2548) มีงานตีพิมพ์เกี่ยวกับสารต้านอนุมูลอิสระถึง 3656 เรื่องโดยในปีที่แล้วและปีนี้มีผลงานตีพิมพ์รวมกันถึง 921 เรื่อง ซึ่งสอดคล้องกับความสนใจที่เพิ่มขึ้นของผู้บริโภคและการตระหนักถึงความสำคัญของอาหารเสริมสุขภาพ

เหตุที่การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับสารต้านอนุมูลอิสระในผักและผลไม้กำลังได้รับความสนใจมากขึ้นเนื่องมาจากความรู้อันชำนานว่าพืชเป็นแหล่งสำคัญของสารต้านอนุมูลอิสระที่รู้จักกันดีเช่น โพลีฟีนอล (polyphenol) วิตามินซี (ascorbic acid) วิตามินอี (tocopherol) เบต้าแคโรทีน (β -carotene) และไลโคปีน (lycopene) ซึ่งขณะนี้เชื่อกันว่าสารต้านอนุมูลอิสระอาจมีบทบาทสำคัญในการป้องกันการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจ โรคมะเร็ง และช่วยชะลอความแก่ชราได้ (Lichtenthaler & Marx, 2005)

ผลจากการศึกษาหาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในโครงการวิจัยนี้จะช่วยเน้นย้ำให้ผู้บริโภคตระหนัก ถึงความสำคัญและสนับสนุนให้มีการบริโภคผลไม้เศรษฐกิจของประเทศไทยทั้งสามชนิดอย่างสม่ำเสมอเพื่อให้มีสุขภาพดีกันถ้วนหน้า ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรผู้ผลิตทำให้ขายสินค้าได้ราคาดี นอกจากนี้ก็นำไปสู่การสกัดสารต้านอนุมูลอิสระจากส่วนต่างๆ ของไม้ผลทั้งสามเพื่อการผลิตในเชิงพาณิชย์ในต่างประเทศมีการผลิตสารต้านอนุมูลอิสระในรูปเม็ดและแคปซูล ซึ่งบางชนิดก็มีราคาแพง ตัวอย่างเช่น บริษัท Vitaline ประกาศขายโคเอนไซม์ Q10 ในราคา 57 บาทต่อหนึ่งแคปซูล (Total Health, 2005)

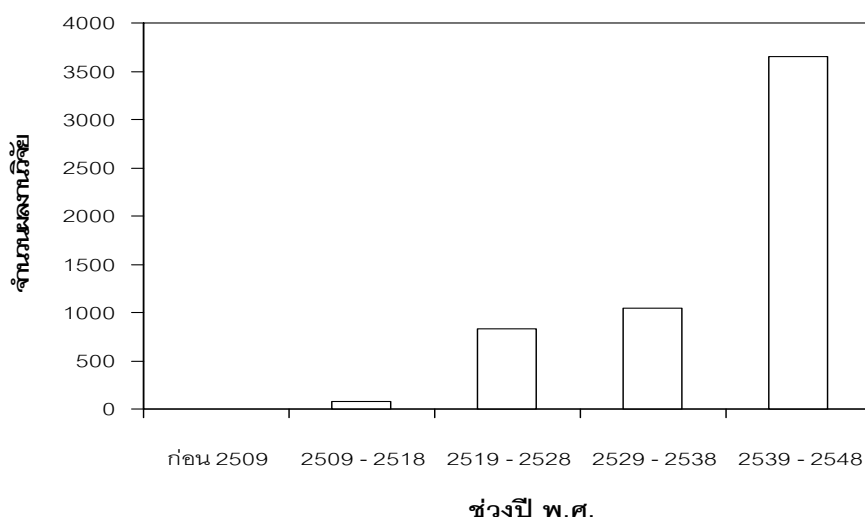


Figure 1.1: The trend of research number related to antioxidants that had increased steadily over the past four decades (FSTA, 2005).

โครงการวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะนำผลไม้เศรษฐกิจเหล่านั้นมาผ่านการแปรรูป โดยใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเพิ่มและปลอดภัยต่อการบริโภค ผลการพัฒนากระบวนการผลิตที่ได้จากงานวิจัยในโครงการนี้สามารถนำไปถ่ายทอดให้กับเกษตรกรผู้เพาะปลูกไม้ผลและผู้ประกอบการด้านแปรรูปผลไม้ให้มีทางเลือกใหม่ในการเก็บรักษาและแปรรูปผลิตภัณฑ์ได้อย่างหลากหลาย ซึ่งนอกจากนำไปสู่การเพิ่มรายได้ของเกษตรกรและผู้ประกอบการ และเป็นการสร้างแหล่งรายได้ใหม่ที่แน่นอนและสม่ำเสมอแล้ว ยังเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาการเกษตร การอนุรักษ์ป่าเศรษฐกิจ และคุณภาพชีวิตของประชากรในท้องถิ่นที่ยั่งยืน อันจะนำไปสู่การแก้ไขปัญหาความยากจนได้ในที่สุด

1.2 วัตถุประสงค์

โครงการวิจัยนี้ แบ่งการศึกษาออกเป็น 6 การทดลอง ดังนี้

- 1.2.1 การเปรียบเทียบปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในเปลือกผล เนื้อและเมล็ดของลำไย มะม่วง และลิ้นจี่ ทั้งสดและผลิตภัณฑ์ผลไม้แปรรูปชนิดต่างๆ
- 1.2.2 กระบวนการแปรรูปและการเก็บรักษามะม่วง ลิ้นจี่ และลำไยสดพร้อมบริโภค
- 1.2.3 กระบวนการผลิตมะม่วงและลิ้นจี่อบแห้งชนิดหวานน้อย
- 1.2.4 กระบวนการอบแห้งมะม่วงและลิ้นจี่ โดยไม่ใช้สารประกอบของซัลเฟอร์
- 1.2.5 กระบวนการแปรรูปมะม่วงและลิ้นจี่ผง โดยใช้เทคโนโลยีลดขนาดที่อุณหภูมิต่ำมาก
- 1.2.6 กระบวนการแช่แข็งมะม่วงและลิ้นจี่โดยใช้เทคนิค dehydrofreezing และการอบแห้งบางส่วนทั้งนี้ แต่ละการทดลองมีวัตถุประสงค์ย่อย ดังต่อไปนี้

ทั้งนี้แต่ละการทดลองมีวัตถุประสงค์ย่อย ดังต่อไปนี้

1.2.1 การทดลองที่ 1

- 1.2.1.1 เพื่อศึกษาวิธีการวิเคราะห์กิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระในผลลำไย มะม่วงและลิ้นจี่
- 1.2.1.2 เพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติของสารต้านอนุมูลอิสระในผลลำไย มะม่วง และลิ้นจี่
- 1.2.1.3 ได้ข้อมูลปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในเปลือก เนื้อ และเมล็ดของลำไย มะม่วง และลิ้นจี่สด
- 1.2.1.4 ได้ข้อมูลปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์ ลำไย มะม่วง และลิ้นจี่ ที่ผ่านการแปรรูปใน รูปแบบต่างๆ เช่น การทำแห้ง การแช่แข็ง และผลไม้พร้อมบริโภค
- 1.2.1.5 เพื่อศึกษาแนวทางการใช้ประโยชน์ของสารต้านอนุมูลอิสระจากลำไย มะม่วง และลิ้นจี่

1.2.2 การทดลองที่ 2

- 1.2.2.1 เพื่อคัดเลือกพันธุ์ คุณลักษณะสำคัญ ระยะการสุกและรูปแบบการหั่นที่เหมาะสมต่อการผลิตผลมะม่วงหั่นชิ้น ผลลิ้นจี่และลำไยสดพร้อมบริโภค
- 1.2.2.2 เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ชีวเคมี และสรีรวิทยาของผลมะม่วงหั่นชิ้น ผลลิ้นจี่ และลำไยสดพร้อมบริโภค

- 1.2.2.3 เพื่อศึกษาหาวิธีการทางกายภาพและทางเคมี เพื่อปรับปรุงคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาผลมะม่วงหั่นชิ้น ผลลิ้นจี่และลำไยพร้อมบริโภคร
- 1.2.2.4 เพื่อศึกษาหาชนิดของภาชนะบรรจุและอายุการเก็บรักษาผลมะม่วงหั่นชิ้น ผลลิ้นจี่ และลำไยสดพร้อมบริโภคร
- 1.2.2.5 เพื่อพัฒนาระบบ GMP ในระหว่างกระบวนการผลิตผลมะม่วงหั่นชิ้น ผลลิ้นจี่และลำไยสดพร้อมบริโภคร

1.2.3 การทดลองที่ 3

- 1.2.3.1 พัฒนาระบบการผลิตมะม่วงกึ่งอบแห้งชนิดหวานระดับธรรมชาติ และกระบวนการผลิตลิ้นจี่อบแห้งชนิดหวานน้อย ซึ่งไม่มีการเติมวัตถุเจือปนอาหารประเภทเมตาไบซัลไฟต์ลงในผลิตภัณฑ์อบแห้งทั้งสองชนิดโดยศึกษาจากผลไม้ทั้งในและนอกฤดูกาลในการศึกษานี้ มะม่วงกึ่งอบแห้งชนิดหวานระดับธรรมชาติหมายถึง ก่อนกระบวนการอบแห้งไม่มีการแช่ชิ้นมะม่วงในสารละลายน้ำตาล ในขณะที่ลิ้นจี่อบแห้งชนิดหวานน้อยหมายถึงก่อนกระบวนการอบแห้งมีการแช่ชิ้นลิ้นจี่ในสารละลายน้ำตาลความเข้มข้นต่ำช่วง 20-30 องศาบริกซ์
- 1.2.3.2 พัฒนาภาชนะบรรจุ และวิธีการบรรจุ (modified atmosphere) ที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์มะม่วงกึ่งอบแห้ง และลิ้นจี่อบแห้งที่พัฒนาขึ้น เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ และลดการเปลี่ยนแปลงสีน้ำตาลหรือสีคล้ำในระหว่างการเก็บ
- 1.2.3.3 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านกายภาพ เคมี สารอาหารเช่น เบต้าแคโรทีน ในมะม่วงอบแห้ง และวิตามินซีในลิ้นจี่อบแห้งเป็นต้น และคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ภายหลังการอบแห้งและในระหว่างเก็บรักษา
- 1.2.3.4 ศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์สุดท้าย พร้อมประมาณราคาขายและวิเคราะห์ต้นทุนในการผลิตควบคู่ด้วย

1.2.4 การทดลองที่ 4

- 1.2.4.1 เพื่อทราบชนิดของสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่ใช่สารประกอบซัลเฟอร์ที่เหมาะสมกับมะม่วงและลิ้นจี่
- 1.2.4.2 เพื่อทราบอัตราส่วนที่เหมาะสมของสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่ใช่สารประกอบซัลเฟอร์
- 1.2.4.3 เพื่อทราบวิธีการแช่สารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลที่เหมาะสมกับมะม่วงและลิ้นจี่
- 1.2.4.4 เพื่อทราบวิธีการอบแห้งที่เหมาะสมที่สามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในมะม่วงอบแห้งและลิ้นจี่อบแห้ง
- 1.2.4.5 เพื่อทราบอายุการเก็บรักษาของมะม่วงอบแห้งและลิ้นจี่อบแห้ง

1.2.5 การทดลองที่ 5

- 1.2.5.1 เพื่อหากระบวนการผลิตที่เหมาะสมที่สุดในการทำเนื้อมะม่วงและลิ้นจี่ผง โดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทำแห้งเยือกแข็งและเทคนิคการลดขนาดที่อนุภาคนุ่มมีต่ำมาก

1.2.5.2 เพื่อทราบขนาดเฉลี่ยและการกระจายขนาดอนุภาคของเนื้อมะม่วงและลิ้นจี่ผง โดยเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ผงชนิดอื่นที่วางขายในท้องตลาด

1.2.6 การทดลองที่ 6

- 1.2.6.1 เพื่อศึกษากระบวนการดื่มน้ำบางส่วนออกจากผลไม้โดยการแช่ในสารละลายออสโมติก
- 1.2.6.2 เพื่อศึกษากระบวนการดื่มน้ำบางส่วนออกจากผลไม้โดยการอบแห้ง
- 1.2.6.3 เพื่อเปรียบเทียบผลของวิธีการดื่มน้ำออกต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์แช่แข็ง
- 1.2.6.4 เพื่อศึกษาผลของอายุการเก็บต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์แช่แข็ง

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับและหน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

ผลงาน	ดัชนีวัดความสำเร็จ
1. ผลิตภัณฑ์ และเทคโนโลยีใหม่ในประเทศ	
- ผลไม้สดพร้อมบริโภค (Fresh cut product) - น้ำผลไม้ผงสำเร็จรูป (Instant fruit juice powder) - ผลไม้อบแห้งปลอดจาก SO₂ - ผลไม้แช่แข็ง (Frozen tropical fruit)	1) มูลค่าเพิ่มมากขึ้นอย่างน้อย 10 เท่า 2) การตอบรับในการรับเทคโนโลยีไปใช้ผลิตในภาคเอกชน ไม่น้อยกว่า 1 ราย
2. องค์ความรู้	
- ข้อมูลสารต้านอนุมูลอิสระในเปลือกผล เนื้อ และเมล็ดของลำไยมะม่วงและลิ้นจี่ทั้งสดและผลิตภัณฑ์ผลไม้แปรรูปชนิดต่างๆ	ผลงานตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ
- กระบวนการแปรรูปลำไย มะม่วง และลิ้นจี่ พร้อมบริโภค (minimal process)	
- กระบวนการอบแห้งมะม่วงและลิ้นจี่โดยไม่ใช้สารประกอบของซัลเฟอร์	
- เทคโนโลยีทำแห้งเยือกแข็งและเทคนิคการลดขนาดที่อุณหภูมิต่ำมาก	
- กระบวนการแช่แข็งเนื้อ มะม่วง และลิ้นจี่แบบ Dehydrofreezing	
3. การใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์	
- รูปแบบธุรกิจการผลิตสินค้าในเชิงพาณิชย์	การถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตในเชิงพาณิชย์สู่ภาคเอกชน อย่างน้อย 1 ราย
4. การใช้ประโยชน์เชิงสาธารณะ	
- การฝึกอบรม - การถ่ายทอดเทคโนโลยี	สามารถดำเนินการได้ทันทีหลังจากเสร็จสิ้นงานวิจัย หากได้รับประมาณสนับสนุนเฉพาะด้านนี้ต่อไป

ผลงาน	ดัชนีวัดความสำเร็จ
5. การผลิตนักศึกษาที่มีความชำนาญเฉพาะด้าน	
- ระดับปริญญาโท	4 คน
- ระดับปริญญาเอก	2 คน
6. บทความวิชาการ	
- วารสารในประเทศ	อย่างน้อย 3 เรื่อง
- วารสารในระดับนานาชาติ	อย่างน้อย 3 เรื่อง
7. การเสนอผลงานในการประชุม	
- การประชุมระดับชาติ	อย่างน้อย 4 ครั้ง
- การประชุมระดับนานาชาติ	อย่างน้อย 1 ครั้ง

1.4 หน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

- ภาครัฐ
- กรมส่งเสริมสหกรณ์การเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
- กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม
- หน่วยงานราชการหรือสถาบันการศึกษาที่เกี่ยวข้อง
- ภาคเอกชน
- ผู้ประกอบการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากผลไม้ 3 ชนิด คือ มะม่วง ลำไย และ ลิ้นจี่

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

- ปีที่ 1 จะศึกษาเฉพาะกิจกรรมของการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในมะม่วง ลิ้นจี่ และลำไย
- ปีที่ 2 จะศึกษาการแปรรูป เก็บรักษา และพัฒนากระบวนการผลิตของผลไม้ 3 ชนิด ได้แก่ มะม่วง ลิ้นจี่ และลำไย
- ปีที่ 3 จะศึกษาการพัฒนากระบวนการแช่แข็งเนื้อมะม่วง (พันธุ์โชคอนันต์) และลิ้นจี่ (พันธุ์ฮงฮวย)

1.6 ระยะเวลาการทำการวิจัย และแผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย

- 1.3.1 ระยะเวลาทำการวิจัย 3 ปีงบประมาณ (2550 - 2552) 1 ตุลาคม 2549 – 30 กันยายน 2552
- 1.3.2 แผนการดำเนินงานตลอด 3 ปี (2550 - 2552)

แผนงานดำเนินวิจัยต่อเนื่อง 3 ปี

การทดลองที่	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3
1. การเปรียบเทียบปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในเปลือกผล เนื้อและเมล็ดของลำไย มะม่วง และลิ้นจี่ทั้งสด และผลิตภัณฑ์ผลไม้แปรรูปชนิดต่างๆ	√		
2. กระบวนการแปรรูปและการเก็บรักษามะม่วง ลิ้นจี่ และลำไยสดพร้อมบริโภค	√	√	
3. การพัฒนากระบวนการผลิตมะม่วงกึ่งอบแห้งชนิดหวานระดับธรรมชาติ และลิ้นจี่อบแห้งชนิดหวานน้อย โดยไม่ใช้วัตถุเจือปนอาหารกลุ่มเมตาไบแซลไฟต์จากมะม่วงและลิ้นจี่ทั้งในและนอกฤดูกาล		√	
4. การพัฒนากระบวนการอบแห้งมะม่วงและลิ้นจี่โดยไม่ใช้สารประกอบของซัลเฟอร์		√	
5. การพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อมะม่วงและลิ้นจี่ผงโดยใช้เทคโนโลยีทำแห้งเยือกแข็ง และเทคนิคการลดขนาดที่อุณหภูมิต่ำมาก		√	
6. การพัฒนากระบวนการแช่แข็งเนื้อมะม่วงและลิ้นจี่			√

บทที่ 2 การตรวจเอกสาร

2.1 มะม่วง (*Mangifera indica* L.) เป็นไม้ผลชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย มีปลูกอยู่ทั่วทุกภูมิภาคของประเทศ มะม่วงที่ปลูกในภาคกลางเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ในช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนเมษายน ส่วนมะม่วงที่ปลูกในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะเก็บเกี่ยวในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงมิถุนายน ผลมะม่วงแบ่งออกตามลักษณะการใช้ประโยชน์เป็น 3 ประเภท (อมรศรี, 2547)

- มะม่วงบริโภคผลสุก เช่น อกร่อง น้ำดอกไม้ ทองดำ และหนังกลางวัน
- มะม่วงบริโภคผลดิบ เช่น เขียวเสวย แรด หนองแซง และพิมเสนมัน
- มะม่วงสำหรับอุตสาหกรรม เช่น แก้ว สามปี และตลับนาคร

มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ เป็นมะม่วงที่บริโภคผลสุก สำหรับพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองขณะผลดิบจะมีผิวเป็นสีเหลืองอ่อนคล้ายมะม่วงสุกทั้งที่ผลยังอ่อนอยู่ (2-3 เดือน) ซึ่งผลมะม่วงทั่วไปจะมี ผิวสีเขียว ผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองมีเปลือกที่หนากว่าผลมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ทำให้ป้องกันการช้ำ และต้านทานโรคแอนแทรก โคโนสได้ดีกว่าผลมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 รสชาติผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองเมื่อผลอ่อนมีรสเปรี้ยว ผลแก่มีรสมัน เนื้อกรอบ มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (total soluble solid) ประมาณ 17-18 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำมาปอกให้ผลสุกจะมีกลิ่นหอม และรสหวาน มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้นเป็น 18-23 เปอร์เซ็นต์ เนื้อไม่มีเส้น เนื้อมีสีเหลือง เมล็ดบาง น้ำหนักต่อผลประมาณ 300-400 กรัม ซึ่งเป็นการต้องการของตลาดต่างประเทศ โดยเฉพาะประเทศญี่ปุ่น (นิทยา, 2548)

มะม่วงพันธุ์โชคอนันต์มีลักษณะทรงพุ่มต้นขนาดปานกลาง ลักษณะเปลือก ลำต้นเรียบ รูปร่างของใบ ป้อมกลางใบ (elliptical) ปลายใบขอบเรียบ ฐานใบแหลม ขอบใบเป็นคลื่น (undulate) ทรงผลรูปไข่กลับ (obovate) รูปหน้าตัดทรงผลตามขวางป้อมรี ความลึกของฐานผลตื้น มีจุดทรงผล (prominence of neck) ทรงไหล่ด้านท้องผลกลมกว้าง ทรงผลด้านหลังผลไหล่ลาดลง 45 องศา ไม่มีร่องฐานผล มีรอยเว้าด้านท้องผล (sinus) ไม่มีนอไหล่ขวาของทรงผล และไม่มีจะงอย (beak) มะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ออกดอกมาก ติดผลปานกลาง ผลผลิตต่อต้นเมื่ออายุ 10 ปี ประมาณ 400 ผล อายุการเก็บเกี่ยวของมะม่วงประมาณ 110-120 วัน นับจากวันดอกบานเต็มที่ สามารถปลูกได้ทั่วทุกภาคของประเทศทั้งในฤดูการผลิตและนอกฤดูการผลิต ความยาวผล 11.12 เซนติเมตร ความกว้างผล 6.25 เซนติเมตร ความหนาผล 5.39 เซนติเมตร น้ำหนักผลเฉลี่ยประมาณ 209 กรัม ความหนาเปลือก 0.01 เซนติเมตร สีเปลือกผลดิบ YGG 144 A สีเนื้อผลดิบ YO 22 A กลิ่นของเนื้อมีกลิ่นอ่อน ความหนาเนื้อ 2.95 เซนติเมตร ปริมาณเส้นใยในเนื้อปานกลาง ปริมาณน้ำในเนื้อ (fruit juiciness) มีมาก ผลดิบมีรสชาติเปรี้ยว สีเปลือกผลสุก ผลสุกมีรสชาติหวาน ความหวานเนื้อ 20 องศาบริกซ์ ความกว้างของเมล็ด 3.35 เซนติเมตร ความยาวของเมล็ด 8.94 เซนติเมตร ความหนาของเมล็ด 1.93 เซนติเมตร น้ำหนักของเมล็ด 29 กรัม ลักษณะเด่นของมะม่วงพันธุ์นี้คือ มีกลิ่นหอมเฉพาะตัวและสามารถผลิตนอกฤดูได้ดี เพราะสามารถบังคับให้ออกดอกได้ง่าย (กาญจนา, 2543 และ http://www.disc.doa.go.th/mango/detail.php?p_id=47)

มะม่วงพันธุ์มหาชนกเกิดจากการผสมข้ามพันธุ์ระหว่างมะม่วงพันธุ์ Sunset กับมะม่วงพันธุ์หนังกลางวัน เป็นการนำลักษณะที่ดีของมะม่วงแต่ละพันธุ์มาไว้ในมะม่วงพันธุ์มหาชนก มะม่วงพันธุ์ Sunset นั้นมีผลขนาดเล็กค่อนข้างกลม เมื่อผลสุกเปลือกมีสีเหลืองแดงสดและติดผลตกเป็นพวง ซึ่งเป็นมะม่วงกลุ่มพันธุ์อินเดีย (Indian type) ส่วนมะม่วงพันธุ์หนังกลางวันเป็นมะม่วงพันธุ์อินโดจีน (Indochinese type) ผลมะม่วงสุกมีสีเหลืองอ่อน เนื้อมะม่วงเหลืองซีด (เดช, 2542) มะม่วงพันธุ์มหาชนกมีลักษณะทรงพุ่ม

ต้นโปร่ง ลักษณะเปลือกลำต้นเรียบ การเลื้อยของกิ่งเป็นกิ่งแตกออกด้านข้าง รูปร่างของใบยาวรีเว้า ปลายใบเรียวแหลม ฐานใบมน ขอบใบเป็นคลื่นทรงผล ขอบขนาน ความลึกของฐานผลต้น ไม่มีจุดทรงผลทรงผลด้านหลังผล ใหล่ลาดลง 45 องศาไม่มีร่องฐานผล มีรอยเว้าด้านท้องผล มีเนื้อที่ใหล่ขาวและมีจะงอย ผลของมะม่วงพันธุ์มหาชนกมีขนาดปานกลาง มีน้ำหนักผลประมาณ 350 – 500 กรัม ผลอ่อนเปลือกมีสีเขียวอ่อน เปลือกมีความหนา 0.14 เซนติเมตร เนื้อเรียบ เมื่อผลแก่และสุกเปลือกจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองส้มถึงส้มปนสีแดง การเปลี่ยนสีผิวจะผันแปรตามสภาพแวดล้อม โดยเฉพาะอุณหภูมิและแสงแดด เมื่อผลสุกเนื้อภายในมีสีเหลืองทอง เนื้อละเอียดและแน่น เส้นใยในเนื้อมีน้อย มีปริมาณน้ำในเนื้อปานกลาง มีรสหวานอมเปรี้ยว และเมื่อผลสุกอมจะมีรสหวานสนิท เนื้อมีกลิ่นแรง และเป็นกลิ่นหอมเฉพาะตัว มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ประมาณ 18 – 23 % (เดช, 2542 และ http://www.disc.doa.go.th/mango/detail.php?p_id=115)

การเปลี่ยนแปลงภายหลังการเก็บเกี่ยวผลมะม่วง ผลมะม่วงเป็นผลไม้ประเภทปมสุก (climacteric fruit) ควรเก็บเกี่ยวเมื่อผลมะม่วงมีความแก่ประมาณ 80-90 เปอร์เซ็นต์ การพิจารณาระความแก่ที่เหมาะสมจะใช้ค่าความหนาแน่น ผลมะม่วงที่แก่จะมีความหนาแน่นมากกว่าน้ำ การเก็บเกี่ยวผลมะม่วงที่แก่บริบูรณ์ ภายหลังการเก็บเกี่ยวจะมีกระบวนการสุกเกิดขึ้น ซึ่งจะเป็นการเปลี่ยนแปลงทั้งทางสรีรวิทยา ชีวเคมี กายภาพ และส่งผลต่อคุณภาพของผลมะม่วงสุก เช่น ผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มีการผลิตเอทิลีนเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนถึงระดับสูงสุด เท่ากับ 4.5 ไมโครลิตรต่อกิโลกรัมต่อชั่วโมง แต่เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส มีการผลิตเอทิลีนสูงสุดเท่ากับ 1.14 ไมโครลิตรต่อกิโลกรัมต่อชั่วโมง (สุกัญยา, 2539)ตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญได้แก่

1) การหายใจและการผลิตเอทิลีน เนื่องจากผลมะม่วงเป็นผลไม้ประเภทปมให้สุก (climacteric fruits) จึงมีอัตราการหายใจเพิ่มมากขึ้นขณะที่ผลไม่เริ่มสุก และการเกิด climacteric peak ซึ่งมี 4 ระยะ คือ

- Pre-climacteric เป็นระยะที่มีการหายใจต่ำ ผลมะม่วงมีสีเขียว และลักษณะเนื้อแข็ง
- Climacteric rise เป็นระยะที่มีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว แต่ผิวผลมะม่วงยังคงมีสีเขียวและเนื้อยังแข็งอยู่
- Climacteric peak เป็นระยะที่อัตราการหายใจเพิ่มขึ้นถึงจุดสูงสุด ผลเริ่มนิ่ม ผิวผลเริ่มเปลี่ยนสี เริ่มมีกลิ่นหอมเล็กน้อย
- Post-climacteric เป็นระยะที่อัตราการผลิตแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ลดลงอย่างช้าๆ เกิดขึ้นภายหลัง ผลมะม่วงมีผิวสีเหลือง เนื้อผลเริ่มนิ่มและมีกลิ่นหอม (จริงแท้, 2546)

2) การเปลี่ยนสีเปลือก ผลมะม่วงจากผลดิบเป็นผลสุกจะแตกต่างกันไปตามลักษณะของพันธุ์ โดยระหว่างการสุกจะมีการเสื่อมสลายของคลอโรฟิลล์เนื่องจากกิจกรรมของเอนไซม์คลอโรฟิลล์เลส (Kader, 2000) มีการสังเคราะห์แซนโทฟิลล์ แคโรทีน และแอนโทไซยานินซึ่งเป็นรงควัตถุที่มีสีเหลืองแดง เหลืองส้ม และสีม่วงน้ำเงิน ปรากฏขึ้นทำให้เมื่อผลมะม่วงสุกเปลือกเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลือง หรือส้มแดง หรือม่วงแดง (Estrada, 2004) เช่น เปลือกผลมะม่วงพันธุ์ Harden เปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลืองส้ม และพันธุ์ Tommy Atkins เปลี่ยนจากสีเขียวเป็น สีส้มแดง ในขณะที่พันธุ์ Keitt เปลือกผลมะม่วงยังคงเป็นสีเขียวอยู่ (Cruze and García, 2002) ส่วนผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่อยู่ในระยะแก่จัด ภายหลังการเก็บเกี่ยวจะเปลี่ยนจากสีเขียวไปเป็นสีเหลือง (จริงแท้, 2546)

3) การอ่อนนิ่มของผลไม้เกิดจากเซลล์พาราเอนไคมามีความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น (stiffness; elastic modulus) เซมิเซลลูโลสที่ผนังเซลล์มีน้ำหนักโมเลกุลลดลง ทำให้ผนังเซลล์เสื่อมสภาพ เนื่องจากกระบวนการเมแทบอลิซึมของเซลล์เปลี่ยนไป สารภายในเยื่อหุ้มพลาสมาที่มีความเข้มข้นน้อยกว่าภายนอกเยื่อหุ้ม ทำให้แรงดันเต่งภายในเซลล์ลดลง และการที่ผลไม้อ่อนตัวเนื่องจากการคืนตัวของเซลล์ (cell relaxation) เปลี่ยนไป เพราะแรงยึดเกาะระหว่างเซลล์ลดลง (Abbott and Harker, 2003) การเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสระหว่างการสุกของผลไม้ส่วนใหญ่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของผนังเซลล์ การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของเพกทิน ในผนังเซลล์ระหว่างการสุก (Kala et al., 1995) ผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เมื่อผลเริ่มนิ่มได้ 1 วัน มีค่าความแน่นเนื้อ 8.7 นิวตัน และลดลงเป็น 0.50 นิวตัน เมื่อผลนิ่มได้ 10 วัน (ธีราพร, 2536) ผลมะม่วงพันธุ์ Keitt ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส มีความแน่นเนื้อลดลงช้ากว่าผลมะม่วงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 14 องศาเซลเซียส (Lederman et al., 1997) ผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองระยะผลดิบ มีค่าความแน่นเนื้อ 14.12 นิวตัน และเมื่อผลสุกมีค่าความแน่นเนื้อ 9.78 นิวตัน (เสาวภา, 2547)

4) การเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบทางเคมีระหว่างการแก่และสุกของผลมะม่วง นอกจากจะมีการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อแล้ว ยังมีปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ และปริมาณวิตามินซีลดลงตลอดระยะเวลาที่ผลสุกเองตามธรรมชาติ ผลมะม่วงสูญเสียน้ำหนักมากขึ้น ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเพิ่มขึ้น (สายชล, 2528) การเก็บรักษาผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้น และปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้เพิ่มขึ้นในช่วง 15 วัน หลังจากนั้นปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้มีค่าลดลงกระทั่งสิ้นสุดการเก็บรักษา (Kaewchana et al., 2546)

5) การเก็บรักษาผลมะม่วง ปัญหาที่สำคัญในระหว่างการเก็บรักษาผลมะม่วง คือ การเสื่อมสภาพอย่างรวดเร็ว เนื่องจากผลมะม่วงเป็นผลไม้ประเภท climacteric fruit เมื่อผลมะม่วงแก่จัด หรือเริ่มสุกจะมีอัตราการหายใจสูงขึ้น จึงจำเป็นต้องเก็บรักษาผลมะม่วงไว้ที่อุณหภูมิต่ำ เพื่อยับยั้งกระบวนการหายใจ และกระบวนการเมแทบอลิซึมที่จะนำไปสู่การเสื่อมสภาพ ตลอดจนอัตราการเจริญของจุลินทรีย์ โดยทั่วไปผลมะม่วงสามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10-13 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95% ได้นาน 2-3 สัปดาห์ (Kader, 2000) ผลมะม่วงที่ส่งออกของไทยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13-15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ที่ 85-95% ได้นาน 2 สัปดาห์ หากการเก็บรักษาผลมะม่วงที่อุณหภูมิต่ำอาจทำให้เกิดความเสียหายและผิดปกติ เนื่องจากอาการสะท้านหนาว (chilling injury) ซึ่งเป็นความผิดปกติที่เกิดขึ้นกับเซลล์ที่ได้รับอุณหภูมิต่ำเหนือจุดเยือกแข็งเป็นเวลานานๆ จึงเป็นข้อจำกัดในการเก็บรักษาผลไม้ที่อุณหภูมิต่ำ (Kader, 2000) ลักษณะอาการที่พบเมื่อผลมะม่วงเกิดอาการสะท้านหนาว คือ ผลมะม่วงสุกไม่สม่ำเสมอ ผิวมีรอยขีด จุดคล้ำ มีกลิ่นและรสชาติผิดปกติ (Kala et al., 1995) ผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ในระยะผลดิบเมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 และ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน หลังจากนั้นนำมาวางไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส กระทั่งผลสุก พบว่าแสดงอาการสะท้านหนาว ในขณะที่ผลมะม่วงที่บ่มด้วยแก๊สอะเซทิลีนก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ ไม่พบอาการสะท้านหนาว (Whangchai et al., 1999) ผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองมีความอ่อนแอต่อการเกิดอาการสะท้านหนาวมากกว่าผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 (เสาวภา, 2547)

6) การเกิดปฏิกิริยาน้ำตาลในพืชหรือในเนื้อเยื่อพืชทั่วไป เกิดจากกิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่พบในพลาสติด และคลอโรพลาสต์ในพืช และจะออกมาทำปฏิกิริยากับสารประกอบฟีนอลในไซโตพลาสซึม เมื่อพืชเกิดการเสื่อมสภาพ หรือการสุก โดยเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของ

สารประกอบฟีนอลไปเป็นสารควิโนน (quinone) แล้วรวมตัวกันเป็นโมเลกุลใหญ่และทำให้เกิดสารสีน้ำตาล (Joo et al., 2001) ปัจจัยที่เป็นตัวกำหนดอัตราการเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล ที่เร่งด้วยเอนไซม์ของผลไม้ คือ ปริมาณเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส และสารประกอบฟีนอลที่มีอยู่ในเนื้อเยื่อพืช ค่าพีเอช อุณหภูมิ และ ออกซิเจนที่เนื้อเยื่อนำมาใช้ได้ (Marshall et al., 2006) ดังนี้

- เอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส สามารถพบได้ในสัตว์ พืช และจุลินทรีย์ เป็นเอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลของสารประกอบโมโนฟีนอลที่อยู่ในพืช เมื่อสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ จะเกิดปฏิกิริยาไฮดรอกซิเลชัน (hydroxylation) ได้เป็น ออโทไดฟีนอล (o-diphenol) สารนี้จะถูกออกซิไดส์ต่อให้เป็นออโท-ควิโนน (o-quinone) หลังจากนั้นออโท-ควิโนนจะเปลี่ยนแปลงและทำปฏิกิริยาต่อกับลัรวรวมตัวกับโปรตีนหรือกรดอะมิโนเป็นโมเลกุลขนาดใหญ่ขึ้น เกิดพอลิเมอร์ไรเซชัน (polymerization) ได้เป็นสารพอลิเมอร์ที่มีสีน้ำตาลและมีโครงสร้างซับซ้อน (Marshall et al., 2006) ดัง Fig. 2.1

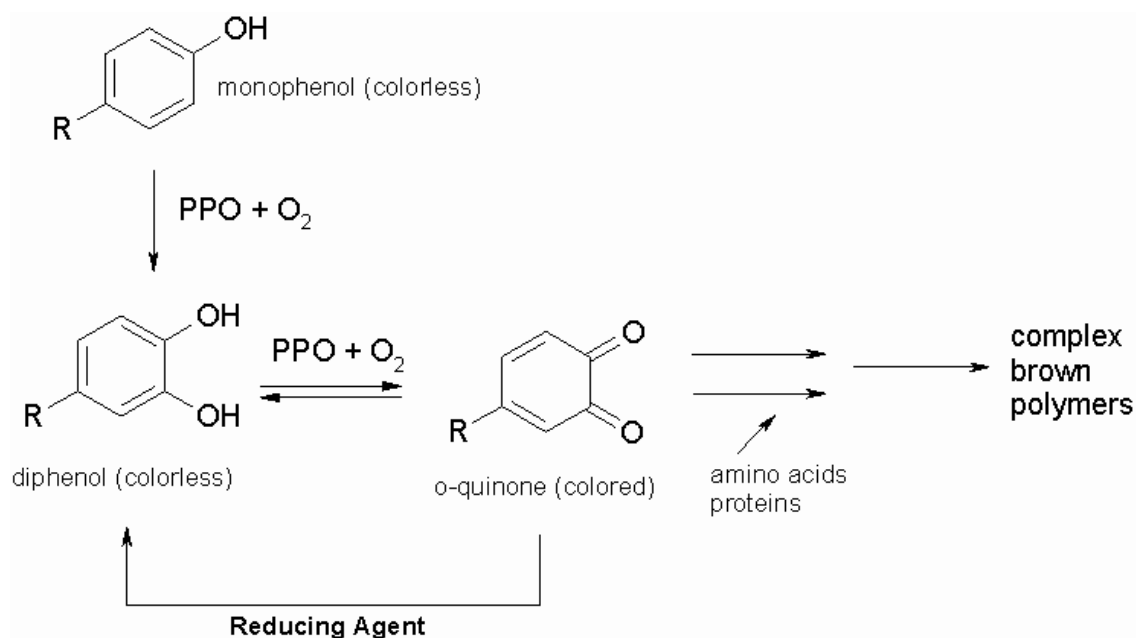


Figure 2.1: Hydroxylation and polymerisation of phenolic compounds catalysed by polyphenol oxidase (Marshall et al., 2006)

- สารประกอบฟีนอล เป็นสารตั้งต้นของปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เร่งด้วยเอนไซม์เอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส ประกอบด้วยวงแหวนเบนซีน 1 วง และหมู่ไฮดรอกซิล 1 หมู่ ซึ่งเป็นโครงสร้างพื้นฐานของสารฟีนอล เมื่อรวมตัวกับสารอื่นจะกลายเป็นสารประกอบฟีนอลที่มีความสำคัญในพืช ทำหน้าที่ต้านโรค ให้รสฝาด และเป็นสารให้สีแก่พืชบางชนิด เช่น แอนโทไซยานิน การเกิดสีน้ำตาลของเนื้อเยื่อที่ได้รับความเสียหาย ส่วนใหญ่เกิดขึ้นรอบๆ บาดแผล หรือบริเวณใกล้เคียงกับบริเวณที่เกิดบาดแผลมาก กว่าตำแหน่งที่เกิดบาดแผลโดยตรง การเกิดปฏิกิริยาจะขึ้นอยู่กับชนิดของสารประกอบฟีนอลที่ใช้เป็นสารตั้งต้น ค่าพีเอช และอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อกิจกรรมของเอนไซม์ด้วย (Woolf et al., 2005)

- ค่าพีเอช เป็นปัจจัยสำคัญอย่างยิ่งต่อการทำงานของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส ค่าพีเอชที่ต่ำหรือสูงเกินไปมีผลต่อกิจกรรมของเอนไซม์ เพราะค่าพีเอชจะมีผลโดยตรงต่อการจัดเรียงตัวของโครงร่างโมเลกุล (conformation) ของเอนไซม์นั่นเอง เอนไซม์แต่ละชนิดจะมีค่าพีเอชที่ทำงานได้ดีที่สุด เช่น ค่าพีเอชที่เหมาะสมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสอยู่ในช่วง 5-7 (นิริยา, 2544) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความแตกต่างของสารตั้งต้นด้วย นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับชนิดของพืชและวิธีการสกัด เช่น ค่าพีเอชที่เหมาะสมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสที่ได้จากเผือก คือ 6.5 (Yemencioglu et al., 1999) ของกล้วยพันธุ์ Anamur คือ 7 (Unal, 2005) ของผลมะโวกาโด คือ 7.5-7.6 (Gomez-Lopez, 2002) และผลมะม่วงคือ 5.8 (Chonhenchob, 2001)

- อุณหภูมิ โดยปกติอัตราเร็วของปฏิกิริยาทางเคมีจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น สำหรับปฏิกิริยาที่เร่งด้วยเอนไซม์ การเพิ่มอุณหภูมิไม่ได้ทำให้เอนไซม์เร่งปฏิกิริยาได้เร็วขึ้นเสมอไป เพราะเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจนถึงจุดๆ หนึ่ง เรียกว่า อุณหภูมิที่เหมาะสม เอนไซม์จะเร่งปฏิกิริยาได้ดีที่สุด หลังจากนั้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นต่อไป อัตราเร็วของปฏิกิริยาจะลดลง เนื่องจากเอนไซม์ถูกทำให้เสียสภาพธรรมชาติ มีการจัดเรียงตัวของโครงร่างโมเลกุลเปลี่ยนไป จึงทำให้เอนไซม์ไม่สามารถทำงานหรือมีกิจกรรมน้อยลงจนไม่มีในที่สุด โดยเอนไซม์แต่ละชนิดมีอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำงานแตกต่างกัน เช่น อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อกิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสในผลมะม่วง เท่ากับ 30 องศาเซลเซียส (Chonhenchob, 2001)

- ออกซิเจน เนื่องจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์ เป็นปฏิกิริยาออกซิเดชันจึงต้องมีออกซิเจนเข้าร่วมในปฏิกิริยาดังนั้นการควบคุมปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลจะต้องกำจัดออกซิเจนให้น้อยลง (นิริยา, 2544)

2.2 ลิ้นจี่ เป็นไม้ผลกึ่งเมืองร้อน (subtropical fruit) มีชื่อสามัญหลายชื่อ เช่น Litchi, Lychee, Litchee, Lici, Laichi และ Leechee เป็นต้น จัดอยู่ใน Order Sapindales, Family Sapindaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Litchi chinensis* Sonn. ผลลิ้นจี่จัดเป็นผลไม้ที่ต้องเก็บเกี่ยวเมื่อผลสุกพร้อมบริโภค (nonclimacteric fruit) และเป็นผลไม้ที่มีอัตราการหายใจค่อนข้างคงที่ขณะที่ผลสุก (Holcroft and Mitcham, 1996; ดนัยและนิริยา, 2548) นอกจากนั้น ผลลิ้นจี่ยังเป็นผลไม้ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศไทยและเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของภาคเหนือโดยเฉพาะภาคเหนือตอนบน ซึ่งแหล่งที่ปลูกลิ้นจี่ มากที่สุดคือ อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ เนื่องจากสภาพภูมิอากาศเหมาะสมมาก อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบัน มีการปลูกลิ้นจี่กันมากขึ้นเกือบทุกภาคของประเทศ แต่แหล่งผลิตลิ้นจี่ที่สำคัญ ได้แก่ จังหวัดเชียงราย เชียงใหม่ พะเยา ลำพูน และสมุทรสงคราม (อนันต์, 2547)

ผลผลิตลิ้นจี่สามารถส่งออกไปจำหน่ายยังตลาดต่างประเทศทั้งในรูปของผลสดและแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ นำรายได้เข้าประเทศปีละหลายล้านบาท โดยตลาดต่างประเทศที่สำคัญ ได้แก่ มาเลเซีย สิงคโปร์ ฮองกง ญี่ปุ่น คูเวต แคนาดา ออสเตรเลีย สหรัฐอเมริกา ซาอุดีอาระเบีย อังกฤษ เยอรมัน เดนมาร์ก ฝรั่งเศส ไต้หวัน เนเธอร์แลนด์ เบลเยียม สวีเดน เป็นต้น ผลลิ้นจี่จะออกสู่ตลาดในช่วงกลางเดือนมิถุนายนจนถึงเดือนกรกฎาคม (อนันต์, 2547)

พันธุ์ลิ้นจี่ที่ปลูกในประเทศไทยแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม ตามแหล่งปลูกดังนี้

1) กลุ่มพันธุ์ลิ้นจี่ที่ปลูกในภาคกลางหรือที่ลุ่ม เป็นพันธุ์ลิ้นจี่ที่สามารถออกดอกได้โดยไม่ต้องอาศัยอากาศเย็นมากระตุ้น หรือไม่ต้องการอากาศเย็นติดต่อกันเป็นเวลานานมากระตุ้นการออกดอกปลูกมากที่อำเภออัมพวา และอำเภอบางคนที จังหวัดสมุทรสงคราม มีพื้นที่ปลูกประมาณ 8,270 ไร่ (6%) ได้แก่ พันธุ์ค่อม (ค่อมลำเจียก) กะโหลกใบยาว ลำเภาแก้ว เขียวหวาน สาแหรกทอง กระโดนทองพะโรง กะโหลกใบไหม้ ช่อ

ระกำ และพันธุ์ทิพย์ เป็นต้น พันธุ์เหล่านี้ เปลือกผลที่มีหนามแหลม รสชาติค่อนข้างเปรี้ยวอมฝาดเล็กน้อย และผลมีขนาดเล็ก (อนันต์, 2547)

2) กลุ่มพันธุ์ลิ้นจี่ที่ปลูกทางภาคเหนือ เป็นกลุ่มพันธุ์ลิ้นจี่ที่คาดว่ามีการนำเข้า มาปลูกในประเทศไทยในภายหลัง เป็นลิ้นจี่พันธุ์นี้ต้องการความหนาวเย็นต่ำและยาวนานมากระต้นก่อนการออกดอก นิยมปลูกเป็นการค้ากันในภาคเหนือ เช่น จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย และจังหวัดใกล้เคียง พันธุ์ที่นิยมปลูก คือ ฮงฮวย โอเอียะ กิมเจง กิมจี และจักรพรรดิ พันธุ์เหล่านี้มีเปลือกผลค่อนข้างเรียบ รสชาติดี รสหวานหรือหวานอมเปรี้ยว เนื้อแห้ง มีกลิ่นหอม สามารถปลูกในเขตภาคเหนือ พื้นที่ปลูกลิ้นจี่ ที่พบมากคือ จังหวัดเชียงใหม่ มีพื้นที่ปลูก 46,269 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 32 ของพื้นที่ปลูกทั่วประเทศ รองลงมาคือ เชียงราย 37,282 ไร่ (25%) น่าน 14,419 ไร่ (10%) พะเยา 13,880 ไร่ (9%) พันธุ์ฮงฮวย นิยมปลูกมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 84 ของผลผลิตทั้งประเทศ และเป็นพันธุ์ที่นิยมส่งออกทั้งในประเทศลิ้นจี่สดและลิ้นจี่กระป๋อง ส่วนพันธุ์ค่อม ลำเภาก้าว ไบขิง กระโดนทองพระโรง มีการส่งออกไปต่างประเทศบ้างเช่นกัน (<http://www.doa.go.th /th/ShowArticles.aspx?id=2572>)

การเปลี่ยนแปลงภายหลังการเก็บเกี่ยวผลลิ้นจี่

1) การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เมื่อผลลิ้นจี่ถึงระยะเก็บเกี่ยว เปลือกจะเปลี่ยนเป็น สีแดงเข้มหรือแดงอมชมพู ที่ผิวเปลือกด้านในมีสีชมพูหรือแดงเรื่อๆ ร่องระหว่างหนามจะห่าง ความแหลมของหนามจะลดลง ใช้มีดลูบผิวของผลจะทราบถึงความแตกต่างระหว่างผลอ่อนและผลแก่ (สายชล, 2528) โดยส่วนประกอบทางเคมีและลักษณะทางสรีรวิทยาที่สำคัญของผลลิ้นจี่สุกแสดงในตารางที่ 2.1 ปัญหาที่มักพบภายหลังการเก็บเกี่ยว คือ เปลือกผลลิ้นจี่จะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลภายใน 1-2 วัน ระหว่างการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง ถึงแม้การเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลของเปลือกของผลลิ้นจี่ไม่มีผลต่อรสชาติ แต่ลดมูลค่าทางการค้าของผลลิ้นจี่ (Underhill and Critchley, 1993; Fuchs et al., 1993) การเก็บรักษาผลลิ้นจี่ที่อุณหภูมิต่ำที่สุดที่ไม่เกิดอันตราย หรือก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอื่น ๆ คือ ที่อุณหภูมิ 1.5 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95% ผลลิ้นจี่จะมีอายุการเก็บรักษา 3-5 สัปดาห์ (จริงแท้, 2544) การเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลมักมีสาเหตุมาจากการแห้งของเปลือก โดยการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส และควบคุมบรรยากาศที่ O₂ 3-5% และ CO₂ 3-5% ความชื้นสัมพัทธ์ 90% สามารถควบคุมการเกิดสีน้ำตาลและคุณภาพของผลลิ้นจี่ไว้ได้ดี (Jiang and Fu, 1999) ผลลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย จักรพรรดิ และกิมเจง ยังสามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ได้เป็นเวลา 7 สัปดาห์ภายในถุง polyethylene 2 ชนิด คือ PD900 และ PD961 ซึ่งระหว่างการเก็บรักษาในสัปดาห์แรกปริมาณ O₂ ลดลง และปริมาณ CO₂ เพิ่มขึ้นภายในถุงอย่างรวดเร็ว โดย ถุงPD900 มี %CO₂ เพิ่มขึ้นถึง 11.47% ใน 2 สัปดาห์แรกของการเก็บรักษา และลดลงเป็น 6.25% ในสัปดาห์ที่ 7 ส่วนค่า L*, a* และ b* ระหว่างการเก็บรักษาในถุง polyethylene ทั้ง 2 ชนิดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Rattanapanone and Boonyakiat, 2005)

2.3 ลำไย (Longan) จัดเป็นพืชที่อยู่ในตระกูล Sapindaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์อยู่หลายชื่อคือ *Euphoria longana* Lam.; *Euphoria longan* Strend.; *Nephelium longana* Camb. และ *Dimocarpus longan* Lour. มีจำนวนโครโมโซม 2n=30 (พาวิน, 2543) ลำไยจัดเป็นพืชยืนต้นที่มีลำต้นสูงขนาดปานกลางจนถึงขนาดใหญ่ ต้นลำไยที่ขยายพันธุ์ด้วยเมล็ดมีลักษณะต้นตั้งตรง มีความสูงประมาณ 30-40 ฟุต แต่ต้นที่ขยายพันธุ์ด้วยการตอนกิ่งมักจะแตกกิ่งก้านสาขาใกล้ ๆ กับพื้นดิน ต้นเดี่ยวกว่าต้นที่ขยายพันธุ์ด้วยเมล็ด เมื่อต้นลำไยติดดอกออกผล ต้องอาศัยระยะเวลาหนึ่งเพื่อการเจริญเติบโตของผล

Table 2.1 Chemical compositions and some important physiological characteristics of ripened lychee

องค์ประกอบ/ลักษณะทางสรีรวิทยา	ความเข้มข้น
คลอโรฟิลล์ที่ผิวเปลือก	
- คลอโรฟิลล์ เอ	25 ไมโครกรัม/ 100 มิลลิกรัม
- คลอโรฟิลล์ บี	14 ไมโครกรัม/ 100 มิลลิกรัม
น้ำตาลในเนื้อลิ้นจี่	
ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้	13-20 %
- น้ำตาลฟรักโทส	1.6-3.1 กรัม/100 กรัมน้ำหนักสด
- น้ำตาลกลูโคส	5.0 กรัม/100 กรัมน้ำหนักสด
- น้ำตาลซูโครส	8.5 กรัม/100 กรัมน้ำหนักสด
การสร้างเอทิลีน (C ₂ H ₄)	1-5 μ l.kg ⁻¹ .h ⁻¹ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส
อัตราการหายใจ (CO ₂)	20 μ l.kg ⁻¹ .h ⁻¹ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

(ที่มา : นพดล และคณะ, 2543)

โดยทั่วไปแล้วผลลำไยมีลักษณะการเจริญเติบโตแบบ simple sigmoid growth curve เริ่มต้นจากการพัฒนาการเจริญของส่วนเมล็ดและเปลือก ตามด้วยการเจริญของส่วนเนื้อ ซึ่งมีลักษณะการเจริญเติบโตที่ผันแปรไปตามลำไยพันธุ์ที่แตกต่างกัน (ดาวเรือง, 2530) เมื่อผลเจริญเติบโตถึงระยะความแก่บริบูรณ์จึงจะสามารถเก็บเกี่ยวได้ เนื่องจากลำไยจัดเป็นผลไม้ชนิดที่เก็บเกี่ยวเมื่อสุกพร้อมบริโภค (non-climacteric fruits) (Subhadrabandhu, 1990; Jiang et al., 2002) จึงต้องพิจารณาเรื่อง ดัชนีการเก็บเกี่ยว (harvesting index) ของผลลำไย เช่น การนับระยะเวลาตั้งแต่ดอกเริ่มบานจนถึงระยะผลแก่ ประมาณ 20-28 สัปดาห์ (พาวัน, 2543) ทั้งนี้มีความผันแปรไปตามฤดูกาล พื้นที่ปลูก และพันธุ์ (Tongdee, 1997) และอาจสังเกตจากลักษณะทางกายภาพ คือ ผิวเปลือกด้านนอกเรียบ และมีสีเหลืองอ่อนถึงน้ำตาลอ่อน เปลือกด้านในมีเส้นคล้ายร่างแห เมล็ดมีสีดำ หรืออาจพิจารณาจากส่วนประกอบทางเคมี เช่น การวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ซึ่งจะอยู่ในช่วง 16-22 เปอร์เซ็นต์ (พาวัน, 2543) ซึ่งลำไยแบ่งออกได้ 3 สายพันธุ์

1) ผลลำไยพันธุ์ดอ หรืออีตอ เป็นลำไยพันธุ์เบา คือออกดอกและเก็บผลก่อนพันธุ์อื่นๆ ชาวสวนนิยมปลูกมากที่สุด ราคาดี เป็นพันธุ์ที่เจริญเติบโตดี โดยเฉพาะในดินอุดมสมบูรณ์ และมีน้ำพอเพียง ทนแล้งและทนน้ำได้ดีปานกลาง พันธุ์ดอแบ่งตามสีของยอดอ่อนได้ 2 ชนิดคือ

- ดอยอดแดง เจริญเติบโตเร็วมากเมื่อเปรียบเทียบกับ ดอยอดเขียว ลำต้นแข็งแรงไม่ฉีกหักได้ง่าย เปลือกลำต้นสีน้ำตาลปนแดง ใบแบนสีแดง ปัจจุบันดอยอดแดงไม่ค่อยนิยมปลูก เนื่องจากออกดอกติดผลไม่สม่ำเสมอ และเมื่อผลเริ่มสุกถ้าเก็บไม่ทันผลจะร่วงเสียหายมาก
- ดอยอดเขียว มีลักษณะต้นคล้ายดอยอดแดง แต่ใบอ่อนเป็นสีเขียว ออกดอกติดผลง่าย แต่อาจไม่สม่ำเสมอ

นอกจากนี้ลำไยพันธุ์ดอยยังแบ่งออกตามลักษณะของก้านช่อผลได้ 2 ชนิด คือ อีตอก้านอ่อน เปลือกผลจะบาง และ อีตอก้านแข็ง เปลือกผลจะหนา ผลขนาดค่อนข้างใหญ่ ทรงผลกลมแป้น เบี้ยวยกปาก

ข้างเดียว ผิวสีน้ำตาล มีกระหรือตาห่าง สีน้ำตาลเข้ม เนื้อค่อนข้างเหนียว สีขาวขุ่น เมล็ดขนาดใหญ่ปานกลาง รูปร่างแบนเล็กน้อย (<http://www.bio-thai.com/logan/logan-01.html>)

2) ผลลำไยพันธุ์เบ๊ยวเขียว เป็นลำไยพันธุ์หนักที่เจริญเติบโตและทนแล้งได้ดี แต่มักอ่อนแอต่อโรคพุ่มไม้กวาด เกิดดอกยาก มักมีผลปีเว้นปี ช่อผลหลวม ผลขนาดเล็กมีสีเขียว ลำไยพันธุ์เบ๊ยวเขียว แบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ เบ๊ยวเขียวก้านแข็ง (เบ๊ยวเขียวป่าเส้า) และ เบ๊ยวเขียวก้านอ่อน (เบ๊ยวเขียวป่าแดด) เบ๊ยวเขียวก้านแข็งให้ผลไม่แตกแตขนาดผลใหญ่มาก แต่ติดผลน้อยไม่ค่อยนิยมปลูก ส่วนเบ๊ยวเขียวก้านอ่อนให้ผลตกเป็นพวงใหญ่ ผลมีขนาดใหญ่ ทรงผลกลมแบนและเบ๊ยวมากเห็นได้ชัด ผิวสีเขียวอมน้ำตาล ผิวเรียบ เปลือกหนาและเหนียว เนื้อหนาห่อหุ้มรอบล่อนง่าย สีขาว มีน้ำน้อย รสหวานแหลม กลิ่นหอม เมล็ดค่อนข้างเล็ก(<http://www.bio-thai.com/logan/logan-01.html>)

3) ผลลำไยพันธุ์กะโหลกใบดำ เป็นลำไยพันธุ์กลาง ออกดอกและติดผลสม่ำเสมอ เจริญเติบโตดีมาก ทนแล้งและน้ำได้ดี ข้อเสียคือ ผลโตเต็มที่เล็กกว่าพันธุ์อื่นๆ มีผลขนาดใหญ่ปานกลางค่อนข้างกลม แบนและเบ๊ยวเล็กน้อย ผิวมีสีน้ำตาล ผิวขรุขระ เปลือกหนาและเหนียว ทนทานต่อการขนส่ง เนื้อหนาปานกลาง สีขาวครีม รสหวาน เมล็ดขนาดเล็ก รูปร่างค่อนข้างยาวและแบน (<http://www.bio-thai.com/logan/logan-01.html>)

2.4 ผลไม้สดพร้อมบริโภค (fresh-cut fruit หรือ minimally processed fruit) ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายและมีปริมาณการบริโภคเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะผลไม้ที่มีการปอกเปลือกยาก เช่น ทุเรียน ขนุน สับปะรด แตงโม และแคนตาลูป เนื่องจากผู้บริโภคต้องการความสะดวกสบาย รวดเร็ว และง่ายต่อการบริโภค (Rattanapanone et al., 2000) การผลิตผลไม้สดพร้อมบริโภคนั้นมีขั้นตอนต่างๆ ประกอบด้วยการล้างทำความสะอาด การปอกเปลือก การตัดแต่งเป็นชิ้นตามความต้องการ และการบรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม ซึ่งขั้นตอนเหล่านี้เป็นการกระทำในขณะที่ผลไม้ยังมีชีวิตอยู่ (จริงแท้, 2546) กระบวนการเหล่านี้จะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความบอบบาง ส่งผลให้เน่าเสียเร็วกว่าปกติ (Zagory, 1999) อายุการเก็บรักษาของผลไม้สดพร้อมบริโภคนั้นจะขึ้นอยู่กับปริมาณจุลินทรีย์ ระยะเวลาแก่และสุกของผลไม้ ความแน่นเนื้อ กระบวนการผลิต อุณหภูมิในการเก็บรักษา และพันธุ์ของผลไม้ (DeRoeve, 1998)

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ และการเปลี่ยนแปลงทางจุลชีววิทยาของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นที่เก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลง ($4 \text{ kPa O}_2 + 10 \text{ kPa CO}_2$ หรือ $2 \text{ kPa O}_2 + 10 \text{ kPa CO}_2$) และบรรยากาศปกติที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน พบว่าการเก็บรักษามะม่วงหั่นชิ้น ในสภาพบรรยากาศดัดแปลงที่มีปริมาณออกซิเจนต่ำ และปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์สูงสามารถยืดอายุการวางจำหน่ายได้ แต่อุณหภูมิจะเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลมากที่สุดในการยืดอายุการวางจำหน่าย (Rattanapanone et al., 2001) การเก็บรักษาเนื้อมะม่วงหั่นชิ้นในสภาพบรรยากาศดัดแปลงที่มีปริมาณออกซิเจนต่ำ จะลดอัตราการหายใจของเนื้อมะม่วง ซึ่งมีประโยชน์ในการยืดอายุการเก็บรักษา แต่อาจทำให้เกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนขึ้นได้ (Rattanapanone and Watada, 2000) ปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นของวัตถุดิบ เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลกระทบต่ออายุการเก็บรักษาผลไม้สดหั่นชิ้นด้วยเช่นกัน โดยผลไม้ที่มีจำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้นน้อยจะมีอายุการเก็บรักษาได้นานกว่าผลไม้ที่มีจำนวนจุลินทรีย์มาก ซึ่งในการเปรียบเทียบการใช้สารฆ่าเชื้อกับผลมะม่วงทั้งผลก่อนนำไปหั่นชิ้น พบว่า ผลมะม่วงที่จุ่มในสารละลายกรดเปอร์ออกซีอะซิติก (peroxyacetic acid : PAA) ความเข้มข้น 100

ppm มีในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ (sodium hypochlorite : NaOCl) ความเข้มข้น 200 ppm การปนเปื้อนของชิ้นเนื้อมะม่วงภายหลังการหั่น และเก็บรักษาไว้ในตู้เย็นอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส และทำการตรวจนับปริมาณจุลินทรีย์ทุก ๆ 7 วัน จนครบ 21 วัน ผลมะม่วงที่จุ่มในสารละลายกรดเปอร์ออกซิอะซิติกมีจำนวนจุลินทรีย์น้อยกว่าผลมะม่วงที่จุ่มในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ (Narciso and Plotto, 2005) ดังนั้น ก่อนการปอกและหั่นชิ้นผลไม้ควรทำการล้าง เพื่อลดจำนวนจุลินทรีย์ที่ผิวผลไม้ด้วยสารฆ่าเชื้อ เพื่อลดการปนเปื้อนข้ามของจุลินทรีย์ให้น้อยลง นอกจากนี้ยังมีการใช้สารเคลือบผิว เช่น ใช้สารละลาย 1% carboxymethylcellulose (CMC) หรือสารละลาย 1% carboxymethylcellulose ร่วมกับ 0.5% maltodextrin (CMM) และสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) เช่น 2% calcium ascorbate และ 0.5% N-acetyl-L-cysteine ในการรักษาคุณภาพและยืดอายุ การเก็บรักษาเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้น โดยพบว่าการใช้สารต้านอนุมูลอิสระสามารถป้องกันปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสของสีเนื้อมะม่วงสุกระหว่างการเก็บรักษาได้ และการใช้ carboxymethylcellulose เพียงอย่างเดียว หรือใช้ร่วมกับ maltodextrin สามารถช่วยปรับปรุงคุณภาพต่างๆ เช่น สีและความแน่นเนื้อของเนื้อมะม่วงหั่นสุกชิ้นได้ อย่างไรก็ตาม คุณภาพของวัตถุดิบผลไม้ที่นำมาผลิตผลไม้สดพร้อมบริโภคจะมีผลต่ออายุการเก็บรักษามากกว่าสารที่ใช้ช่วยปรับปรุงคุณภาพของผลไม้ (Plotto et al., 2004) สำหรับงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับเนื้อลิ้นจี่และเนื้อลำไยสดยังไม่มีรายงาน

2.5 สารต้านอนุมูลอิสระ ในปัจจุบันสารต้านอนุมูลอิสระหรือสารแอนติออกซิแดนท์ (Antioxidant) เป็นที่รู้จักกันมากขึ้น โดยเฉพาะในด้านที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ สามารถป้องกันการเสื่อมเสียของเซลล์อันเป็นผลมาจากอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นในร่างกายของคนเรา รวมทั้งช่วยป้องกันการเสื่อมเสียของไขมัน และองค์ประกอบอื่นๆ ในอาหาร โดยช่วยป้องกันหรือยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชัน ความหมายตามในพจนานุกรมได้ให้คำจำกัดความของ antioxidant ไว้ว่า “สารที่ต่อต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน หรือยับยั้งปฏิกิริยาที่เกิดจากออกซิเจนหรือเปอร์ออกไซด์ ตัวอย่างของสารประเภทนี้ ได้แก่ วิตามินอี (Tocopherols) นิยมนำไปใช้เป็นสารถนอมอาหารในผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น ในไขมัน น้ำมัน ผลิตภัณฑ์อาหาร และสบู่ เพื่อป้องกันการหืน ในแก๊สโซลีน และผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม จะใช้เพื่อป้องกันการเกิดยางเหนียว และการเปลี่ยนแปลงที่ไม่พึงประสงค์” ความหมายทางชีววิทยาได้ให้คำจำกัดความไว้ว่า “สารสังเคราะห์หรือสารที่ได้จากธรรมชาติที่เติมลงไปในการผลิตผลิตภัณฑ์เพื่อป้องกัน หรือชะลอการเสื่อมเสียจากออกซิเจนในอากาศ” ความหมายทางวิทยาศาสตร์อาหารได้ให้ความหมายไว้กว้างๆ รวมถึงองค์ประกอบของสารต้านอนุมูลอิสระต่างๆ ที่ช่วยป้องกันไม่ให้อาหารที่มีไขมันเป็นองค์ประกอบเกิดการหืน (Huang et al., 2005)

โดยทั่วไปสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ หลายชนิดมีคุณสมบัติเป็น antioxidant สามารถต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ โดยเฉพาะสารประกอบฟีนอลิก (Phenolic compounds) เป็นสารที่พบได้ในพืช ทั่วไปมีคุณสมบัติเป็นสารอินทรีย์ที่มีสูตรโครงสร้างทางเคมีเป็น Aromatic ring ที่มีจำนวน Hydroxyl substituents อย่างน้อย 1 กลุ่มหรือมากกว่านั้น สามารถละลายได้ในน้ำ ในพืชมักพบอยู่ร่วมกับโมเลกุลของน้ำตาลในรูปของสารประกอบไกลโคไซด์ (glycosides) และพบได้ในส่วนของช่องว่างภายในเซลล์สาร ประกอบกลุ่มนี้ที่พบในธรรมชาติ มีลักษณะสูตรโครงสร้างทางเคมีต่างกัน เท่าที่ศึกษาพบแล้วขณะนี้ มีมากกว่า 1,000 ชนิด กลุ่มใหญ่ที่สุดพบจะเป็นกลุ่มสารประกอบฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) นอกจากนี้ยังมีสารประกอบต่างๆ ดังนี้ คือ Simple monocyclic phenols, Phenyl propanoids, Phenolic quinines และ Polyphenolic ซึ่งได้แก่พวก Lignins, Melanins และ Tannin

รวมทั้งยังพบว่ามีสารประกอบที่มีกลุ่มฟีนอล(Phenolic units) รวมอยู่ในกลุ่มโมเลกุลของโปรตีน (Proteins) อัลคาลอยด์ (Alkaloids) และเทอร์ปีนอยด์ (Terpenoids) เป็นต้น (Shahidi and Naczk, 2004)

หน้าที่ของสารประกอบฟีนอลิกเหล่านี้บางอย่างก็ทราบแน่ชัด อาทิเช่น Lignin ทำหน้าที่เป็นโครงสร้างให้ความแข็งแรงกับผนังเซลล์ สารกลุ่ม Anthocyanin เป็นสารที่ให้สีในดอกไม้ (flower pigment) สารกลุ่ม Flavonols พบว่ามีความสำคัญในการควบคุมการเจริญของพืชจำพวกถั่ว และพบใน spinach chloroplasts ซึ่งเข้าใจว่าจะมีส่วนช่วยในขบวนการสังเคราะห์แสง แต่ยังไม่มีการยืนยันแน่ชัด สารประกอบ Phenolic acid เกิดขึ้นได้ง่ายจากการที่เนื้อเยื่อของพืชถูกทำให้สลายตัวด้วยกรด (acid hydrolysis) กรดที่เกิดขึ้นนี้จะละลายได้ในอีเธอร์ Phenolic acids ที่พบมากในธรรมชาติ ปรากฏว่าจะพบกรดต่างๆ ดังนี้ คือ p-hydroxybenzoic acid, protocatechuic acid, vanillic acid และ o-protocatechuic acid ซึ่งกรด 2 ชนิด เป็นลักษณะเฉพาะของพืชในวงศ์ Ericaceae สารประกอบ Phenols พบน้อยในรูปอิสระในพืช ตัวที่พบว่ามีมากในพืชทั่วไปคือ Hydroquinone ส่วน catechol, orcinol, phloroglucinol และ pyrogallol พบได้ในพืชบางชนิดเท่านั้น สารประกอบ phenols นี้มีความสำคัญต่อการหาสูตรโครงสร้างของสารประกอบ flavonoids เพราะเป็น products ที่เกิดจากการสลายตัวด้วยต่างของโมเลกุล Flavonoids (ศิริวรรณ, 2527) สารประกอบฟีนอลิกที่พบในอาหาร ได้จากการ Secondary metabolite สารพวก phenylalanine ที่พบได้เล็กน้อยในพืช ซึ่งเป็นสารในกลุ่มฟีนอลิก ที่เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ aromatic ring โดยมีพันธะต่อกับหมู่ไฮดรอกซิลตั้งแต่หนึ่งหมู่หรือมากกว่า รวมกับหมู่อนุพันธ์อื่นๆ เกิดขึ้นในเนื้อเยื่อสัตว์และวัตถุดิบอื่นที่ไม่ใช่พืช สารประกอบฟีนอลิกที่สังเคราะห์ขึ้นนี้ จะเข้าไปในระบบย่อยอาหารเพื่อใช้ในการป้องกันการออกซิเดชันขององค์ประกอบที่เป็นไขมัน Fig. 2.2 แสดงกระบวนการสังเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกต่างๆ จาก Phenylalanine (Shahidi and Naczk, 2004)

ในพืช และอาหารทั่วไป จะประกอบด้วย phenolic อยู่ 7 แบบ ซึ่งประกอบขึ้นจาก phenol, phenylpropanoids, benzoic acid, flavonoid, stilbens, tannin, lignan และ lignin กับ carboxylic acid สายยาวๆ Phenolic จะประกอบด้วย suberin และ cutin ซึ่งมีส่วนประกอบหลายตัวที่จำเป็นสำหรับใช้ในการเจริญเติบโตและ reproduction ของพืช และมีความสามารถในการป้องกันเชื้อโรค phenolic จะอยู่ในส่วนที่ใช้สร้างเมดูล่า นอกจากนี้ phenolic ยังเป็นสารปฏิชีวนะธรรมชาติ ใช้ป้องกัน rhizopus และช่วยในการส่งผ่านแก๊สและน้ำ และเป็นส่วนประกอบในส่วนที่ทำให้พืชมีความคงตัว

2.6 หลักการวิเคราะห์คุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ การวัดค่าการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน และการวิเคราะห์ความสามารถการเป็นสารต้านการเกิดออกซิเดชัน (Antioxidant capacity) สามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภท คือ Hydrogen atom transfer (HAT) reaction อาศัยหลักการถ่ายทอดไฮโดรเจนอะตอม วิธีการวิเคราะห์ที่จัดอยู่ในกลุ่มนี้ ได้แก่ วิธี ORAC (Oxygen radical absorbance capacity), TRAP (Total radical trapping antioxidant parameter) วิธีการประเมินการฟอกจางสีของ Crocin วิธีการยับยั้งออกซิเจน (Inhibition oxygen uptake) วิธีการยับยั้งการออกซิเดชันของกรดไขมันไลโนเลอิก และวิธีการยับยั้งการออกซิเดชันของไขมันชนิดความหนาแน่นต่ำ อีกประเภทคือ Electron transfer (ET) reaction ซึ่งอาศัยหลักการถ่ายทอดอิเล็กตรอน ได้แก่ วิธี TEAC (Trolox equivalent antioxidant capacity) โดยอาศัยการเกิดปฏิกิริยาของ ABTS.+ วิธี DPPH วิธี FRAP (Ferric ion reducing antioxidant parameter) เป็นต้น วิธีการวิเคราะห์ความสามารถการเป็นสารต้านการเกิดออกซิเดชัน แสดงดัง Table 2.2

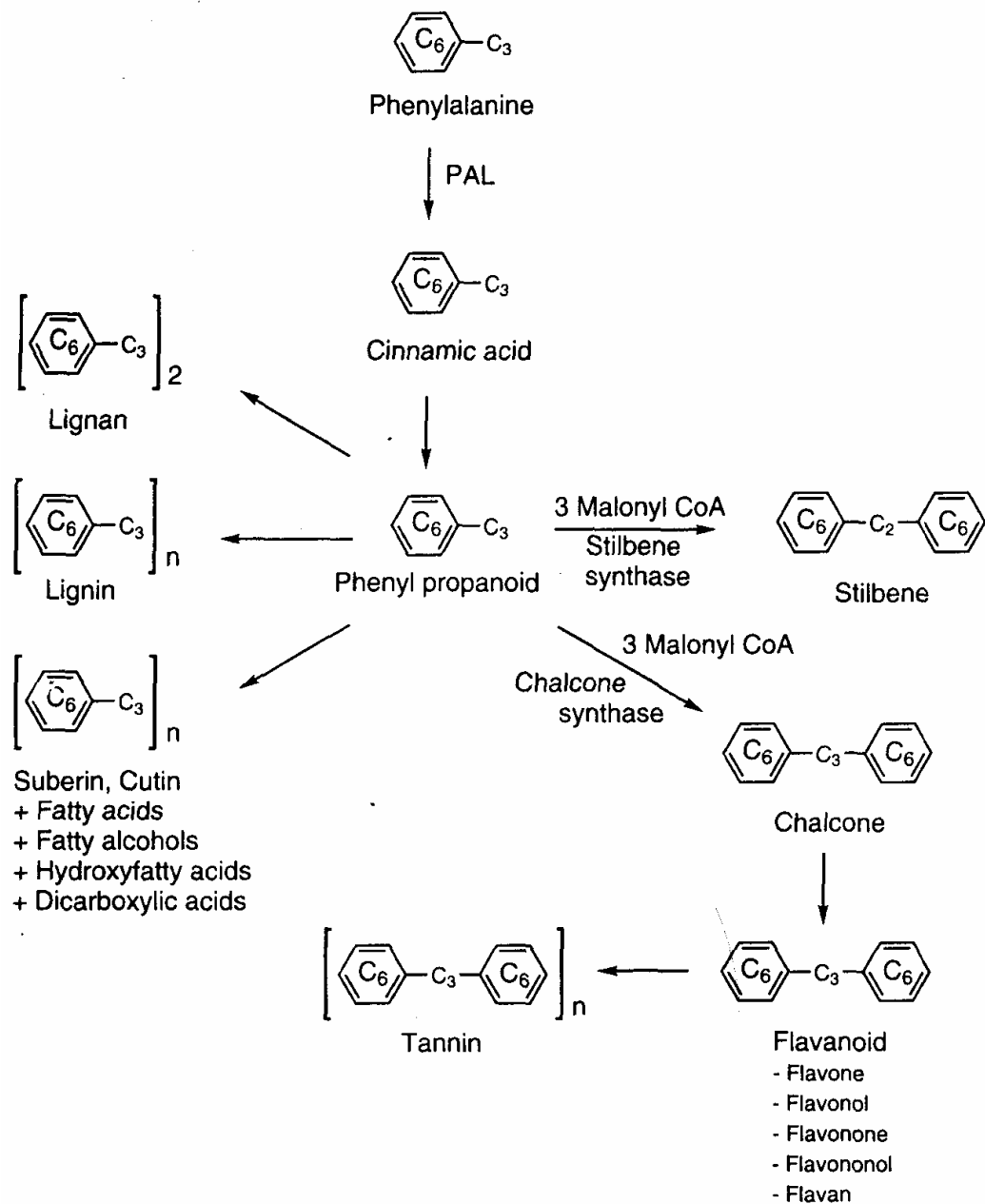


Figure 2.2: Synthesis processes of phenylpropanoids, stilbenes, lignans, lignins, suberins, cutins, flavonoids and tannins from phenylalanine (Shahidi and Naczki, 2004)

Table 2.2: Antioxidant capacity assays

assays involving hydrogen atom transfer reactions $\text{ROO}^\bullet + \text{AH} \rightarrow \text{ROOH} + \text{A}^\bullet$ $\text{ROO}^\bullet + \text{LH} \rightarrow \text{ROOH} + \text{L}^\bullet$	ORAC (oxygen radical absorbance capacity) TRAP (total radical trapping antioxidant parameter) Crocetin bleaching assay IOU (inhibited oxygen uptake) inhibition of linoleic acid oxidation inhibition of LDL oxidation
assays by electron-transfer reaction $\text{M}(n) + e \text{ (from AH)} \rightarrow \text{AH}^{\bullet+} + \text{M}(n-1)$	TEAC (Trolox equivalent antioxidant capacity) FRAP (ferric ion reducing antioxidant parameter) DPPH (diphenyl-1-picrylhydrazyl) copper(II) reduction capacity total phenols assay by Folin–Ciocalteu reagent
other assays	TOSC (total oxidant scavenging capacity) (90) inhibition of Briggs–Rauscher oscillation reaction (91) chemiluminescence (92) electrochemiluminescence (93)

ที่มา : Huang et al. (2005)

สารต้านอนุมูลอิสระแบ่งได้เป็น 2 ประเภทตามแหล่งที่มาได้แก่ สารต้านอนุมูลแบบสังเคราะห์ และ สารต้านอนุมูลแบบธรรมชาติ ตัวอย่างของสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติที่พบในผัก และผลไม้ต่างๆ ได้แก่ กลุ่มของวิตามินอี สารประกอบฟลาโวนอยด์ และสารประกอบฟีนอลิก เป็นต้น โดยกลุ่มของสารประกอบฟลาโวนอยด์ จัดเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่พบมากที่สุด ในผักและผลไม้ ประกอบไปด้วยกลุ่ม ของ ฟลาโวน (flavone) ฟลาโวนอล (flavonol) ไอโซฟลาโวน (iso-flavone) ฟลาโวนิน (flavanone) และซัลโคน (chalcone) ในกลุ่มของ กรดฟีนอลิกที่สำคัญ ได้แก่ p-hydroxybenzoic acid, 3,4-dihydroxybenzoic, vanillic, syringic, p-coumaric, caffeic, ferulic, sinapic, chlorogenic และ rosmarinic acid ส่วนใหญ่อยู่ในรูปของเอสเทอร์ของกรดอินทรีย์ หรือ ในรูปไกลโคไซด์ (Gao et al., 2000; Gordon, 2001; Juliani & Simon 2002; Lee & Shibamoto, 2002)

มะม่วงเป็นผลไม้เขตร้อนที่มีความสำคัญมากทางเศรษฐกิจ เนื่องจากเป็นผลไม้ที่ได้รับความนิยมในการบริโภคทั้งผลสดและผลิตภัณฑ์แปรรูป ทั้งนี้เป็นเพราะว่ามะม่วงมีกลิ่นและรสชาติที่เป็นเอกลักษณ์ โดยมีองค์ประกอบของสารที่ให้กลิ่นรส มากกว่า 300 ชนิด ทั้งในรูปของสารประกอบอิสระและในรูป ไกลโคไซด์ สารให้กลิ่นหลักที่สำคัญได้แก่เทอร์ปีน (terpene) และ ลิโมนีน (limonene) และมีสารให้ความเป็นกรดมากกว่า 17 ชนิด ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในด้านกลิ่นและรสชาติของมะม่วง (Pino et al., 2005)

Mahatanatawee et al. (2005) ทำการศึกษาผลไม้เขตร้อน 12 ชนิดที่พบได้ในรัฐฟลอริดาได้ ประเทศสหรัฐอเมริกา รวมถึงลิ้นจี่ ลำไย และมะม่วงด้วย และทำการวิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในผลไม้ดังกล่าว โดยวัดความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของออกซิเจน [ORAC (oxygen radical absorbance capacity)], วัดความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระดีฟีนีเอซ [DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical)], ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolics) และปริมาณวิตามินซี ผลการศึกษาพบว่าผลฝรั่งแดง (red guava) มีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระโดยรวมสูงที่สุด โดยมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของออกซิเจนที่ 16.7

$\mu\text{mol Trolox Equivalent (TE)}$ ต่อกรัมของเนื้อฝรั่งบดละเอียด และมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระดีฟิฟิเอช ที่ $609 \mu\text{g Gallic Acid Equivalent (GA)}$ ต่อกรัม มีปริมาณกรดฟีนอลิกทั้งหมด $2317 \mu\text{g GA}$ ต่อกรัม และมีปริมาณวิตามินซีถึง 228 มก. ต่อเนื้อฝรั่งบดละเอียด 100 กรัม ซึ่งถ้านำปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระทั้งสี่ชนิดในผลฝรั่งดังกล่าวมาเทียบเป็น 100 เปอร์เซนต์ จะสร้างแผนภูมิแท่งเปรียบเทียบปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ ทั้งสี่ประเภทสำหรับ ลิ้นจี่ ลำไยและมะม่วงของรัฐฟลอริดาได้ดังแสดงใน Fig. 2.3

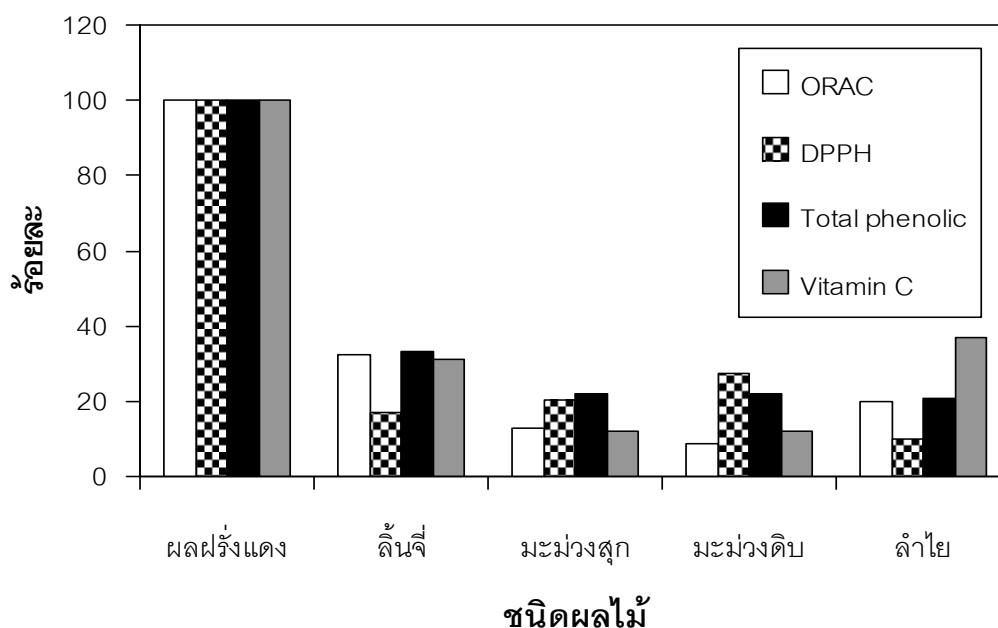


Figure 2.3: The comparison of four antioxidants assays (ORAC, DPPH, Total phenolic compounds and vitamin C) in guava, lychee, unripe mango, ripe mango and longan from South Florida [Adapted from Mahatanatawee et al. (2005)]

Kalt (2005) สรุปผลการตรวจสอบการหาวิธีรักษาและเพิ่มปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในผักและผลไม้เช่น วิตามินซี แคโรทีนอยด์ และสารฟีนอลิก ด้วยการเลือกใช้สภาวะที่เหมาะสมในขั้นตอนการผลิต การเก็บเกี่ยว การเก็บรักษา และการแปรรูป วิตามินซีเสื่อมสภาพได้ง่ายกว่าสารต้านอนุมูลอิสระชนิดอื่นๆ มาก เว้นแต่จะเก็บรักษาไว้ในสภาวะที่เป็นกรด และอุณหภูมิต่ำ 1-10 องศาเซลเซียส โดยห่อผลไม้ให้มิดชิดการควบคุมบรรยากาศที่ใช้ในการเก็บรักษาอาจเพิ่มหรือลดอัตราการเสื่อมสภาพของวิตามินซีก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นกับชนิดของผลไม้ ในขณะที่ปริมาณของแคโรทีนอยด์และสารฟีนอลิกบางชนิดจะค่อนข้างคงตัว และอาจเพิ่มปริมาณขึ้นได้อีกหากเก็บรักษาอย่างเหมาะสม เช่น มีการห่อผลไม้ให้มิดชิด มีการควบคุมบรรยากาศ และลดค่า pH ที่ใช้ในการเก็บรักษาผลไม้ วิธีการแปรรูปผลไม้โดยเฉพาะกระบวนการแปรรูปที่มีขั้นตอนการแช่น้ำเพื่อให้ผิวอ่อนนุ่ม(maceration) การใช้ความร้อนหรือขั้นตอนในการแยกเนื้อผลไม้ มัก จะทำให้เกิด (1) การชะล้าง (2) ปฏิกิริยาออกซิเดชัน หรือ (3) การเสื่อมสภาพ ซึ่งล้วนแต่ทำให้สารต้าน อนุมูลอิสระโดยเฉพาะประเภทที่ละลายในน้ำได้ เช่น วิตามินซี และสารฟีนอลิก มีปริมาณลดลง แต่อาจ ให้ผลตรงข้ามกับแคโรทีนอยด์ เพราะสามขั้นตอนที่กล่าวมามักจะทำให้โครงสร้างสารเคมีบางชนิดในพืชสลายตัว แล้วได้ปริมาณแคโรทีนอยด์เพิ่มขึ้น (Kalt, 2005)

Kondo et al. (2005) ได้ศึกษาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระสองชนิดได้แก่วิตามินซี และฟีนอลิกทั้งหมดแล้ววัดความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระพวกซูเปอร์ออกไซด์ (O_2^-) และ DPPH ในเปลือกและเนื้อของ

ผลฝรั่งพันธุ์กลมสาลี (*Psidium guajava* L.) มะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ (*Mangifera indica* L.) แอปเปิ้ล (*Syzygium jambos* Alston) กล้วยน้ำว้า (*Musa* spp.) และมะละกอพันธุ์แขกดำ (*Carica papaya* L.) โดยเก็บตัวอย่างจากสวนผลไม้ในจังหวัดนครพนมช่วงปี พ.ศ. 2546 นอกจากนี้ยังเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระของผลไม้ช่วงอายุต่างๆ หลังจากดอกบานเต็มที่ (2 - 10 สัปดาห์) ช่วงอายุเก็บเกี่ยว (8-12 สัปดาห์) และวัดความเข้มข้นของสารในกลุ่มสารประกอบโพลีฟีนอลิก หลายชนิด เช่น gallic acid, catechin, epi-catechin, chlorogenic acid และ phloridzin ในช่วงอายุเก็บเกี่ยวของผลไม้ แต่ละชนิดด้วย จากผลการศึกษาผลมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์อายุ 12 อาทิตย์ พบว่าเปลือกผลมะม่วงมี catechin 15.1 μg ต่อกรัมน้ำหนักสดและ chlorogenic acid 26.9 ไมโครกรัมต่อกรัม และพบแต่ phloridzin ในเนื้อมะม่วงปริมาณ 12.6 ไมโครกรัมต่อกรัม Fig. 2.4 และ 2.5 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซี และ ฟีนอลิกทั้งหมดในเปลือกและเนื้อมะม่วงช่วงอายุต่างๆ กัน (2, 8 และ 12 สัปดาห์) โดยปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดทั้งในเปลือกและเนื้อจะมีค่าสูงสุดเมื่อมะม่วงมีอายุ 8 อาทิตย์ วิตามินซีในเปลือกมะม่วงจะเพิ่มขึ้นสูงสุดที่ 12 อาทิตย์ ในขณะที่เนื้อมะม่วงอายุ 2 อาทิตย์จะมีปริมาณวิตามินซีสูงที่สุด

ปัจจุบันการวิเคราะห์ความสามารถการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ โดยเฉพาะการหาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในรูปที่ละลายน้ำ รวมทั้งสารประกอบฟีนอลต่างๆ ที่เป็นองค์ประกอบในผลผลิตทางการเกษตร เช่น ผัก และผลไม้ การหาความสามารถการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในผักและผลไม้ สามารถทำได้หลายวิธี แต่วิธีที่นิยมใช้กันค่อนข้างเป็นที่แพร่หลาย ได้แก่ การใช้สารละลายอนุมูลอิสระของไนโตรเจนอินทรีย์ ในรูปของ 2, 2'-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) ซึ่งจะเกิดการฟอกจางสีลงได้ ตัวอย่างการการวิเคราะห์โดยวิธีนี้ (DPPH) ได้แก่ ได้ศึกษาสารประกอบฟีนอลลิคในพริกหวาน (*Capsicum annuum* L.) ทั้งพริกหวานสีเขียว สีเหลือง สีส้ม และสีแดง และทดสอบความสามารถการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของพริกหวาน พบว่า พริกหวานสีเขียวมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 2.1 $\mu\text{mol Trolox/gram}$ ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างทางสถิติจากพริกหวานสีเหลือง สีส้ม และสีแดง (Sun et al., 2007)

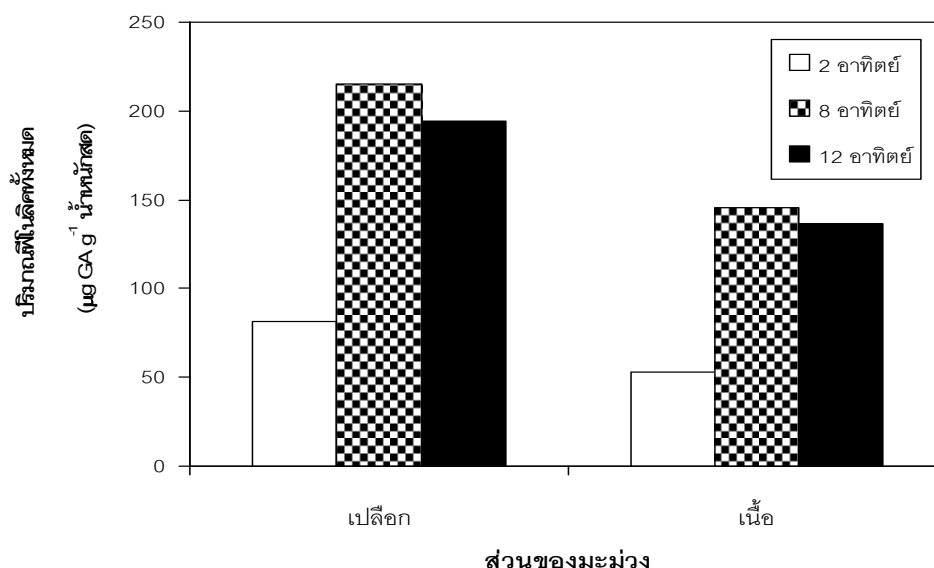


Figure 2.4: The comparison of Total phenolic compounds ($\mu\text{g GA equivalent g}^{-1}$ fresh weight) in peel and pulp of Chock-anan mango at 2, 8 and 12 weeks. [Adapted from Kondo et al. (2005)]

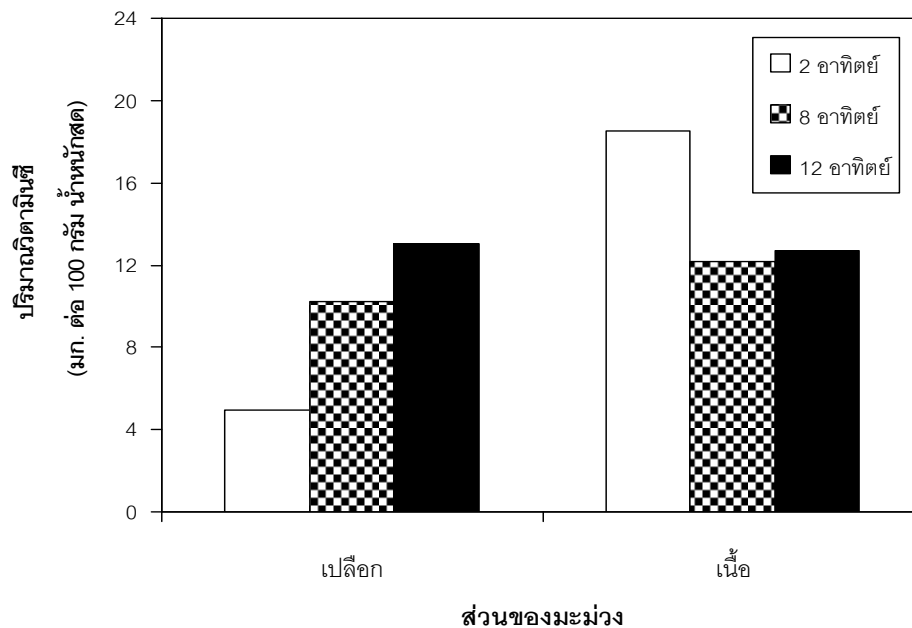


Figure 2.5: The comparison of Vitamin C content (mg g-1 fresh weight) in peel and pulp of Chock-anan mango at 2, 8 and 12 weeks. [Adapted from Kondo et al. (2005)]

Mahattanatawee et al. (2006) ได้ศึกษาความ 14 ชนิด โดยวิธี DPPH พบว่า ฝรั่งสีแดงและมะเฟืองมีค่าสูงสุด ส่วนละมุดฝรั่งและมะละกอเขียวมีค่าต่ำสุด นอกจากนี้ ค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของลิ้นจี่ มะม่วงดิบ มะม่วงสุก และ ลำไย มีค่าเท่ากับ 103.8+13.8, 123.7+12.3, 167.5+13.4 และ 69.6+19.7 μg gallic acid/g puree ตามลำดับ ในส่วนของเครื่องเทศ และสมุนไพร ก็ได้มีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับสารต้านอนุมูลอิสระโดยใช้วิธีดังกล่าวมากมาย เช่น Wangenstein et al. (2004) ได้ศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH ในและใบและเมล็ดผักชี พบว่ามี ค่า IC50 เท่ากับ 389+5 $\mu\text{g}/\text{ml}$ และ 510+12 $\mu\text{g}/\text{ml}$ ตามลำดับ และเมื่อใช้สารละลาย ethyl acetate ในการสกัดพบว่า เมื่อทำการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในใบและเมล็ดผักชีโดยวิธี Folin Cio-calteau มีค่าเท่ากับ 1.89 + 0.08 และ 5.45 + 0.09 g gallic acid equivalents (GAE)/100 กรัมสารสกัด Gülcin et al. (2003) ได้ศึกษาวิธีการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระจากกานพลู (*Eugenia caryophyllata* Thunb) และลาเวนเดอร์ (*Lavandula stoechas* L.) ด้วยน้ำกลั่นและเอทานอล และวิเคราะห์ความสามารถการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH พบว่า ค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของกานพลูที่สกัดโดยใช้เอทานอล และที่สกัดโดยใช้น้ำกลั่น มีค่าเท่ากับ 74 % และ 62 % ในขณะที่ลาเวนเดอร์ที่สกัดโดยใช้เอทานอล ลาเวนเดอร์ที่สกัดโดยใช้น้ำกลั่น และ α -tocopherol มีค่าเท่ากับ 62%, 60% และ 50%, เปรียบเทียบกับสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ BHA และ BHT ได้ค่าที่ต่ำกว่า โดยมีค่าเท่ากับ 45% และ 31% ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าสารประกอบฟีนอลทั้งหมดที่วิเคราะห์ได้เมื่อใช้เอทานอลเป็นสารสกัดจะมีค่ามากกว่าการใช้น้ำกลั่นเป็นตัวสกัด Sacchetti et al. (2004) ได้ศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหย 11 ชนิด โดยวิธี DPPH พบว่า *C. odorata*, *C. citratus*, *R. officinalis* และ *C. longa* มีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระสูงสุด โดยมีค่าอยู่ในช่วง 59.6 + 0.42 – 64.3 + 0.45 % นอกจากนี้จะใช้วิธี DPPH ในการตรวจสอบปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ แล้วยังสามารถใช้วิธีการฟอกจางสี β -carotene ในการทดสอบ

ความสามารถการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ โดยพบว่า *C. odorata*, *R. officinalis* และ *C. longa* มีค่าเท่ากับ 75.5 + 0.53%, 81.1 + 0.57% และ 72.4 + 0.51% ตามลำดับ จากการศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในน้ำมันหอมระเหยจากพืชชนิดต่างๆ โดยวิธีการฟอกจางสี β -carotene พบว่า *Gymnema inodorum*, *Piper sarmentosum* และ *Menta arvensis* มีค่าสูงสุด และยังพบว่า *Gymnema inodorum* มีปริมาณวิตามินอีสูงสุด ส่วน *Menta arvensis* มีปริมาณ xanthophylls สูงสุด (Chanwitheesuk et al., 2004; Sacchetti et al., 2004)

Toor et al. (2004) ได้ศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของมะเขือเทศกิ่งแห้ง โดยวิธีการฟอกจางสีอนุมูลอิสระ ABTS.+ พบว่า มีค่าเท่ากับ 1783 μ mole trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC)/100 กรัม น้ำหนักแห้ง ซึ่งน้อยกว่าในมะเขือเทศสด โดยมีค่าเท่ากับ 2730 μ mole trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC)/100 กรัม น้ำหนักแห้ง นอกจากนี้ยังทำการวิเคราะห์สารประกอบ ฟีนอลิกทั้งหมด โดยวิธี Folin-Ciocalteu พบว่า มะเขือเทศกิ่งแห้งมีค่าเท่ากับ 300 mg gallic acid equivalent (GAE)/100 กรัม น้ำหนักแห้ง ซึ่งน้อยกว่าในมะเขือเทศสดที่ค่าเท่ากับ 404 mg gallic acid equivalent (GAE)/100 กรัม น้ำหนักแห้ง

Rangadilok et al. (2005) ทำการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระจากเปลือก เนื้อ และเมล็ดของลำไย โดยใช้สารละลายเมทานอลความเข้มข้น 70% พบว่า มีปริมาณ gallic acid, corilagin (ellagitannin) และ ellagic acid แตกต่างกันระหว่างสายพันธุ์และในส่วนต่างๆ ของลำไย ทำการวิเคราะห์โดยวิธี HPLC-UV/Vis Detection Analyse และ HPLC-UV/Vis Detection with Electrospray Mass Spectrometry พบว่า เมล็ดมีปริมาณของสารประกอบทั้ง 3 ชนิดข้างต้นสูงสุด ส่วนเนื้อจะมีปริมาณต่ำสุด และยังรายงานว่ ลำไยพันธุ์เบ๊ยาวเขียวและอีตอ มีปริมาณ gallic acid และ ellagic acid สูงสุด ส่วนลำไยพันธุ์สีชมพูมีปริมาณ corilagin สูงสุด

Ismail et al. (2004) ได้ทำการเปรียบเทียบปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดในผักสด และผักที่ผ่านกระบวนการทางความร้อนโดยวิธี Folin-Ciocalteu สำหรับผักสด พบว่า ผักขมมีปริมาณสูงสุดเท่ากับ 7167+73 mg/สารสกัด 100 กรัม รองลงมา ได้แก่ กะหล่ำปลีน้ำ ผักคะน้า หอมเล็ก และกะหล่ำ โดยมีปริมาณเท่ากับ 4175+41, 3689+66, 2528+43, 1107+57 mg/สารสกัด 100 กรัม ตามลำดับ เมื่อผ่านกระบวนการทางความร้อน พบว่า ผักขม กะหล่ำปลีน้ำ ผักคะน้า หอมเล็ก และกะหล่ำ มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเท่ากับ 6168 + 41, 3251 + 123, 3095 + 74, 2187 + 49 และ 886 + 52 mg ต่อสารสกัด 100 กรัม

2.7 กระบวนการดึงน้ำออกโดยวิธีออสโมซิส (Osmotic Dehydration) เป็นการกำจัดน้ำบางส่วนออกจากอาหารโดยการแช่ในสารละลายออสโมติก เช่น สารละลายน้ำตาลชนิดต่างๆ ที่มีความเข้มข้นสูงกลีเซอรอล หรือสารละลายเกลือ เป็นต้น เป็นกระบวนการที่ไม่ใช้อุณหภูมิสูงมากนัก เช่น ใช้อุณหภูมิไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส (Lazarides et al., 1995) เป็นกระบวนการที่อาศัยหลักการถ่ายเทมวลสารโดยการแพร่ซึมของโมเลกุล (Molecular Diffusion) ของน้ำและตัวถูกละลายจัดเป็นการแพร่ซึมในสภาวะ unsteady State คือมีอัตราการแพร่ในแต่ละจุดเปลี่ยนแปลงตามเวลา อาหารมีความชื้นเริ่มต้นที่ผิวหน้าคงที่ การกระจายความชื้นภายในชิ้นอาหารสม่ำเสมอ ความชื้นเคลื่อนที่จากภายในอาหารออกมา ความชื้น ที่บริเวณต่างๆ ในอาหารจะเปลี่ยนแปลงตามเวลา ซึ่งกลไกถ่ายเทมวลในอาหารระหว่างการออสโมซิสนั้นเป็นไปตามกฎข้อที่ 2 ของ ฟิคส์ (Fick's Second Law of Unsteady state Diffusion) ดังสมการ โดยมีข้อกำหนดว่าสารละลายออสโมติกมีความเข้มข้นคงที่และไม่พิจารณาความต้านทานที่ผิวสัมผัสระหว่างชิ้นอาหารและสารละลายออสโมติก

$$\frac{\partial c}{\partial t} = \frac{D \partial^2 c}{\partial x^2}$$

เมื่อ	c	=	ความเข้มข้น
	D	=	สัมประสิทธิ์การแพร่ (Diffusion Coefficient)
	X	=	ระยะทางในการแพร่ในแนวแกน x
	T	=	เวลา

หลักการของกระบวนการออสโมซิส เป็นสิ่งสำคัญที่ผู้ต้องการศึกษาวิจัยควรต้องมีความเข้าใจอย่างถ่องแท้ เพราะขณะที่ผลไม้ที่แช่อยู่ในสารละลายที่มีความเข้มข้นสูง จะเกิดความแตกต่างของแรงดันออสโมซิสระหว่างภายในเซลล์ของผลไม้กับสารละลายที่ผลไม้แช่อยู่ เกิดเป็นแรงขับ (Driving force) ทำให้เกิดการถ่ายเทมวลสาร โดยน้ำจะแพร่ออกจากเซลล์มายังสารละลายภายนอกและตัวถูกละลายในสารละลายจะซึมผ่านผนังเซลล์เข้าไปยังอาหาร และสารบางอย่างภายในเซลล์ผลไม้ที่มีอยู่ตามธรรมชาติ เช่น น้ำตาล กรดอินทรีย์ และเกลือแร่ต่างๆ ก็จะซึมออกสู่ภายนอกเซลล์ด้วย การที่มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลในผลไม้ และการสูญเสียสารที่มีตามธรรมชาติบางส่วนออกไปอาจทำให้มีผลกระทบต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสและคุณค่าทางอาหารของผลิตภัณฑ์ที่ได้ (Lazarides et al., 1995) ชนิดของสารออสโมติกตามการศึกษาของ รัตนาและคณะ (2541) ได้รายงานไว้ว่า สารออสโมติกที่ใช้ต้องมีค่าปริมาณน้ำอิสระต่ำ เป็นสาร ที่ไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค และมีรสชาติเป็นที่ยอมรับ ชนิดของสารออสโมติกที่นิยมใช้กับผลไม้ ได้แก่ น้ำตาลทรายขาว (ซูโครส) น้ำผลไม้เข้มข้น น้ำตาลแลคโตสผสมน้ำตาลทรายขาว น้ำตาลแลคโตสผสมกับมอลโตเด็คซ์ตริน กลีเซอรอล และเบะแซเหลว เป็นต้น ในสารละลายออสโมติกอาจมีการเติมสารอื่นๆ ที่ใช้ในการผลิตลงไปด้วยได้ เช่น การเติมกรดซิตริก เกลือซัลไฟต์ แคลเซียมคลอไรด์ เป็นต้น ในการพิจารณาเลือกใช้สารออสโมติกควรพิจารณาคุณสมบัติเพิ่มเติมอีก 3 ข้อ คือ

- สารออสโมติกที่ใช้ ต้องไม่ส่งผลทำให้คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ อันได้แก่ สี กลิ่น รสชาติ และลักษณะเนื้อสัมผัสที่เปลี่ยนไป
- ราคาของสารออสโมติก ต้องมีราคาต่อหน่วยถูก ไม่ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตสูงมาก
- สารออสโมติกที่ใช้ควรมีน้ำหนักโมเลกุลสูง เพราะถ้าน้ำหนักโมเลกุลต่ำ เช่น น้ำตาลกลูโคสจะทำให้ปริมาณน้ำตาลซึมเข้าไปอยู่ในเนื้อผลไม้เพิ่มมากกว่าการสูญเสีย

ชนิดของสารละลายออสโมติกที่ควรเลือกใช้แบ่งได้ 3 ชนิด

1) น้ำตาล เป็นหนึ่งในสารที่นิยมใช้ในการแช่ผลไม้ เนื่องจากให้รสหวานและเพิ่มรสชาติให้กับอาหารในที่จะกล่าวถึงน้ำตาลที่นิยมใช้ในการแช่ผลไม้คือ น้ำตาลทราย ซึ่ง หมายถึง ผลึกซูโครส (sucrose) ที่มีความบริสุทธิ์สูงสุด มีลักษณะเป็นเกล็ดใสที่มีสีขาวปราศจากน้ำตาล (molasses) เกือบไม่มีความชื้นเลย น้ำตาลทรายนี้นี้มีความสามารถในการละลายน้ำได้ดีจึงทำให้สารละลายน้ำตาลเป็นสารละลายออสโมติกที่มีประสิทธิภาพ

2) กลีเซอรอล มีลักษณะเป็นของเหลวใส มีความหนืด มีมวลโมเลกุลเท่ากับ 92 จุดหลอมเหลว 18.17 องศาเซลเซียส มีจุดเดือดที่ 290 องศาเซลเซียส เมื่อผสมกับน้ำมีจุดเยือกแข็งที่ -46.5 องศาเซลเซียส เป็นสารที่ได้มาจากการหมักน้ำตาล ไม่มีพิษ ไม่ทำให้เกิดการระคายเคือง มีความหวาน 65% ของน้ำตาลซูโครส ละลายในน้ำมันได้เล็กน้อยแต่สามารถละลายได้ในสารหลายๆชนิด ให้พลังงาน 4.32 แคลอรีต่อกรัม FDA จัดให้เป็นสารที่ปลอดภัยเพื่อใช้กับอาหาร Generally Recognized as Safe (GRAS) มีค่าความถ่วงจำเพาะ

96 กรัม/100 มิลลิตร (ไพโรจน์และคณะ, 2544) ในผลิตภัณฑ์อาหาร มีการใช้กลีเซอรอลเป็นตัวทำละลาย เป็นสารให้ความชุ่มชื้น(humectant) และสารหล่อลื่น (plasticizer) กลีเซอรอลช่วยในการยับยั้งการเกิดผลึกน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ลูกกวาด ทำให้ลูกกวาดที่ได้มีเนื้อสัมผัสนุ่มเนียนและเป็นครีม ในบางครั้งอาจมีการใช้ซอร์บิทอลแทนกลีเซอรอลหรือโพर्फีนไกลคอลร้อยละ 4 โดยน้ำหนักเพื่อทำหน้าที่เป็นสารให้ความชุ่มชื้น และสารปรับความนุ่มของเนื้อสัมผัส (softener) ในเนื้อมะพร้าวที่หั่นเป็นชิ้นเพื่อให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะเนื้อสัมผัสนุ่ม และชุ่มชื้นในบางครั้งยังมีกลีเซอรอลเป็นสารหล่อลื่นเครื่องจักรในโรงงาน เนื่องจากกลีเซอรอลมีจุดเยือกแข็งค่อนข้างต่ำ นอกจากนี้ กลีเซอรอลไม่ระเหยที่อุณหภูมิห้องจึงทำให้ไม่เกิดการสูญเสียเนื่องจากการระเหย

3) แคลเซียมคลอไรด์ การแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์สามารถช่วยปรับปรุงความกรอบของเนื้อผลไม้หลังการตัดแต่งได้ โดยช่วยให้เนื้อเยื่อของผลไม้มีความแข็งแรงและทนต่อการย่อยของเอนไซม์ที่หลั่งออกมาจากเนื้อเยื่อที่เสียหายจากการตัดแต่ง เนื่องจาก Ca^{2+} สามารถทำปฏิกิริยากับสารประกอบเพคตินที่บริเวณ middle lamella และผนังเซลล์เกิดปฏิกิริยาเชื่อมข้าม (crosslink) ระหว่างหมู่คาร์บอกซิล (carboxyl group) บนสาย polygalacturonides และประจุของ Ca^{2+} โดย Ca^{2+} ทำหน้าที่ดึงดูดหมู่คาร์บอกซิลบนสาย polygalacturonides สายหนึ่งให้จับกับหมู่คาร์บอกซิลของสาย polygalacturonides อีกสายหนึ่ง เกิดเป็นโครงสร้างแบบ egg-box เกิดเป็นสารประกอบแคลเซียมเพคเตท ซึ่งไม่ละลายน้ำ (Luna-Gutzman et al., 1999; Grant et al., 1973 อ้างใน รัชฎา และนันทศรี, 2548) ความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่เหมาะสมในการปรับปรุงเนื้อสัมผัสแตกต่างกันไปตามชนิดของผลไม้ โดยทั่วไปแล้วความเข้มข้นที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 0.1-1% ถ้าใช้ความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์สูงเกินไปอาจทำให้เกิดรสฝาดในเนื้อผลไม้ได้ นอกจากนี้ สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ยังช่วยลดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลได้ Luna-Gutzman et al. (1999) รายงานว่า การแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 1% และ 5% สามารถลดการเกิดสีน้ำตาลที่ผิวหน้าชั้นแคนตาลูป (fresh-cut cantaloupe) ได้ ทั้งนี้เนื่องจากสารละลายแคลเซียมคลอไรด์มีผลทำให้เอนไซม์เกิดการเสียสภาพจนทำให้ไม่สามารถเข้าจับกับซับสเตรท ทำให้ไม่เกิดสีน้ำตาลที่ผิวหน้าของผลิตภัณฑ์ ซึ่งเวลาในการแช่ที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 1-5 นาที

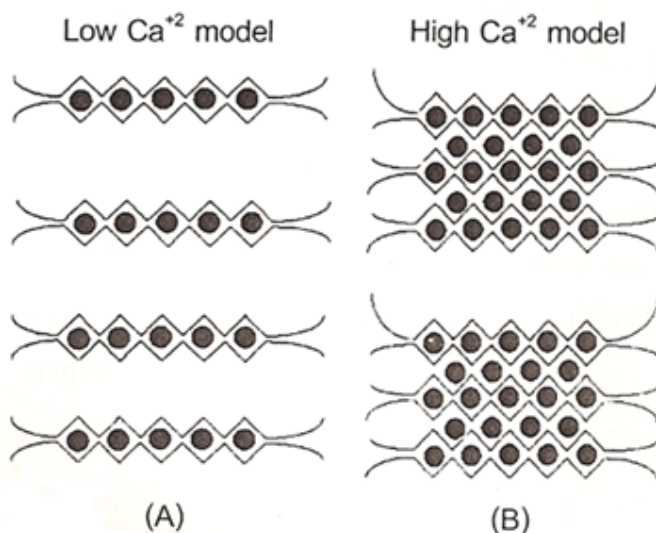


Figure 2.6 Structure of Egg-box model in condition of lower Ca^{2+} (A) and higher Ca^{2+} (B)
ที่มา: Grant et al. (1973)

ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชัน (อ่อนรวี, 2533; รัตนาและคณะ, 2541)

- ชนิดของผลไม้ พันธุ์ และความสุกผลไม้มากน้อยการแพร่ของน้ำเร็ว บางชนิดมีการแพร่ของน้ำช้า ทั้งนี้ขึ้นกับองค์ประกอบทางเคมีและโครงสร้างของผนังเซลล์ และเยื่อหุ้มเซลล์ พบว่าน้ำในสับปะรดสามารถแพร่ได้เร็วกว่ามะละกอและมะม่วง ผลไม้ชนิดเดียวกันแต่คนละพันธุ์ จะมีอัตราในการแพร่ของน้ำต่างกันด้วย นอกจากนี้ความสุกก็มีผล คือ น้ำตาลในผลไม้สุกจะแพร่ได้เร็วกว่าดิบ

- ชนิด และความเข้มข้นของสารละลายออสโมติก ควรมีความเข้มข้นสูงเพราะความเข้มข้นของสารละลายออสโมติกยิ่งสูง อัตราการสูญเสียน้ำยิ่งเพิ่มขึ้นและอัตราการแพร่เข้าของตัวถูกละลายยิ่งลดลง นอกจากความเข้มข้นแล้วยังพบว่า สารที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงจะลดการแพร่เข้าของตัวถูกละลาย และเพิ่มการสูญเสียน้ำเป็นผลให้น้ำหนักลดลงด้วย สารละลายกลูโคส ช่วยกำจัดน้ำในเซลล์ผลไม้ได้ดีกว่าฟรุคโตส และซูโครส

- อุณหภูมิ ในระหว่างการทำออสโมติกดีไฮเดรชัน ถ้าเพิ่มอุณหภูมิของสารละลายออสโมติกให้สูงขึ้นประมาณ 30-50 องศาเซลเซียส พบว่าอัตราการออสโมซิสเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่สูงขึ้น เป็นผลให้อัตราการสูญเสียน้ำของชิ้นผักผลไม้เพิ่มขึ้นแต่เพียงอย่างเดียว แต่ถ้าเพิ่มอุณหภูมิของสารละลายให้สูงเกิน 70 องศาเซลเซียส พบว่า อัตราการสูญเสียน้ำและการซึมผ่านของตัวถูกละลายเข้าไปในเนื้อผักผลไม้เพิ่มขึ้นด้วย ทั้งนี้เป็นเพราะความร้อนขนาด 70 องศาเซลเซียส มีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของผลไม้

- อัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำเชื่อม และผลไม้ เมื่ออัตราส่วนเพิ่มขึ้นจะทำให้ น้ำแพร่ออกได้เร็วขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณน้ำที่แพร่ออกมาไม่ค่อยมีผลให้ความเข้มข้นของน้ำเชื่อมลดลง ในกรณีที่น้ำเชื่อมมีความเข้มข้นมาก ดังนั้นแรงขับ ซึ่งคือความแตกต่างระหว่างปริมาณน้ำภายในเซลล์และภายนอกมีค่าสูงอยู่ตลอดเวลา

- การกวนสารละลายระหว่างกระบวนการออสโมซิส เพื่อรักษาความเข้มข้นของสารละลายที่ใช้แช่ให้มีความสม่ำเสมอเท่ากันทั้งหมดโดยเฉพาะบริเวณรอบๆ ชิ้นผักผลไม้ ช่วยไม่ให้เกิดการสะสมของน้ำที่แพร่ออกมาอยู่ล้อมรอบผลไม้ จนทำให้ความเข้มข้นของน้ำเชื่อมที่สัมผัสกับผลไม้ลดลงมาก และน้ำจะแพร่ออกมาได้น้อย อัตราการออสโมซิสของสารละลายที่มีการคนตลอดเวลาจะเร็วกว่าของสารละลายที่ไม่ได้คนเพราะจะทำให้ลายชั้นฟิล์มของตัวถูกละลายรอบๆ ผิวของชิ้นอาหาร

- รูปร่างและขนาดของผลไม้ มีผลต่ออัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวสัมผัสต่อปริมาตร ถ้าอัตราส่วนนี้สูงน้ำจะแพร่ออกได้เร็ว ผลไม้ถ้าเป็นชิ้นใหญ่ น้ำจะแพร่ออกได้น้อย หรือถ้ามีรูปร่างกลม น้ำจะแพร่ออกได้น้อยเช่นกัน เนื่องจากในทั้งสองกรณีนี้ พื้นที่ผิวต่อปริมาตร มีค่าน้อย

- การปฏิบัติก่อนการถนอมอาหาร (pretreatment) การบ่มหรือการใช้อุณหภูมิสูงจนเกินไปในการนี้ การแช่ซัลไฟต์ จะทำให้เนื้อเยื่อเปลี่ยนแปลงไปจากธรรมชาติ และจะทำให้ น้ำตาลแพร่เข้าไปในเซลล์ได้มากขึ้น

ข้อดีของกระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชัน รัตนา และคณะ (2541) ได้อธิบายข้อดีของกระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชัน ดังนี้

- 1) ผลไม้เมื่อนำมาผ่านกระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชันก่อนนำไปอบแห้งด้วยวิธีทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง การอบแห้งแบบสุญญากาศ และการอบแห้งแบบลมร้อนจะช่วยลดระยะเวลาในการอบแห้งและช่วยประหยัดพลังงาน

2) ผลไม้เมื่อนำมาผ่านกระบวนการออสโมซิส เมื่อนำไปอบแห้งจะทำให้ได้ผักผลไม้ที่มีรสชาติดีขึ้น อันเนื่องมาจากการทำออสโมติก ตัวถูกละลายบางส่วน (กรด เกลือ น้ำตาล) ที่มีอยู่ในผักผลไม้จะออสโมซิสออกไปกับน้ำด้วย

3) ความเข้มข้นของสารละลายที่ใช้แช่ผลไม้ในระหว่างการทำแห้งแบบออสโมซิสสูงมากจนทำให้เอนไซม์ที่ทำให้เกิดสีน้ำตาลในผักผลไม้ทำงานช้าลง เป็นผลให้สีของผักผลไม้ ไม่เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล

4) ผลไม้ที่ผ่านการทำแห้งแบบออสโมซิส ไม่ต้องใช้อุณหภูมิสูงในการอบแห้งเป็นผลให้กลิ่นของผักผลไม้คงอยู่ได้มากกว่า

Eren and Kaymak-Ertekin (2007) ได้ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการดองน้ำออกบางส่วนจากมันฝรั่งโดยใช้วิธีพื้นผิวตอบสนอง (response surface methodology) งานวิจัยนี้ใช้สารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ในช่วงความเข้มข้น 0-15% โดยน้ำหนัก สารละลายน้ำตาลเข้มข้น 40-60% โดยน้ำหนัก อุณหภูมิสารละลาย 20-60 องศาเซลเซียส และแช่ในสารละลาย 0.5-8 ชั่วโมง และใช้อัตราส่วนของน้ำหนักของมันฝรั่งต่อสารละลายเท่ากับ 1:5 ติดตามการสูญเสีย น้ำ การเพิ่มขึ้นของของแข็ง น้ำหนักที่ลดลง และวอเตอร์แอกติวิตีของมันฝรั่งพบว่า สภาวะที่เหมาะสมคือ ความเข้มข้นของน้ำเกลือ 14% ความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาล 54.5% อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส และเวลาแช่ในสารละลาย 329 นาที โดยมีการสูญเสีย 59.1 g/100 g ของตัวอย่างเริ่มต้น ปริมาณของแข็งเพิ่มขึ้น 6 g/100 g ของตัวอย่างเริ่มต้น น้ำหนักลดลง 52.9 g/100 g ของตัวอย่างเริ่มต้น และวอเตอร์แอกติวิตี 0.785 Sutar and Gupta (2007) ได้ศึกษาการทำแห้งแบบออสโมติกของหัวหอมใหญ่หั่นเป็นแว่น เพื่อลดปริมาณความชื้นบางส่วนก่อนการอบแห้งเชิงกล โดยใช้สารละลายเกลือ 3 ระดับความเข้มข้น (5%, 12.5% และ 20% โดยน้ำหนัก) อุณหภูมิ 3 ระดับ (28, 43 และ 58 องศาเซลเซียส) และติดตามการสูญเสีย น้ำหนักและปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้นทุก 5 นาที ในช่วง 30 นาทีแรก และจากนั้นทุกๆ 10 นาที ต่อไปอีก 1 ชั่วโมง อัตราส่วนของหัวหอมใหญ่ต่อสารละลายเท่ากับ 1:5 และใช้โปแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ (KMS) 0.2% ผสมในสารละลายน้ำเกลือ พบว่า สภาวะที่เหมาะสมคือสารละลายน้ำเกลือเข้มข้น 20% อุณหภูมิสารละลาย 28 องศาเซลเซียส และแช่ในสารละลายเป็นเวลา 1 ชั่วโมง

Mayor et al. (2006) ได้ศึกษาการทำแห้งแบบออสโมติกของฟักทองด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 5-25% โดยน้ำหนัก อุณหภูมิสารละลาย 12-38 องศาเซลเซียส และเวลาแช่ในสารละลาย 0-9 ชั่วโมง โดยหั่นฟักทองเป็นทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 cm อัตราส่วนของความยาวต่อเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 5:3 พบว่าการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นอย่างมากในช่วง 3 ชั่วโมงแรก มีการสูญเสียน้ำในช่วง 0-45% ของมวลตัวอย่างเริ่มต้น และปริมาณของแข็งเพิ่มขึ้น 0-16% นอกจากนี้ยังพบว่า สมบัติการแพร่ของโซเดียมคลอไรด์และน้ำขึ้นกับอุณหภูมิ แต่ไม่ขึ้นกับความเข้มข้นของสารละลาย และมีค่าอยู่ในช่วง 0.88 ถึง 1.92×10^{-9} และ 1.88 ถึง 4.22×10^{-9} m²/s ตามลำดับ

Chenlo et al. (2006) ได้ศึกษาการทำแห้งแบบออสโมติกของ chestnut ในสารละลายน้ำเกลือเข้มข้น 17%, 22% และ 26.5% โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 25, 35 และ 45 องศาเซลเซียส แช่ในสารละลายเป็นเวลา 0-8 ชั่วโมง จากการวิเคราะห์อัตราส่วนของปริมาณน้ำที่สูญเสีย (WL) และปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้น (SG) พบว่า สภาวะที่เหมาะสมคือ น้ำเกลือเข้มข้น 22% โดยน้ำหนัก และที่อุณหภูมิต่ำ (25 องศาเซลเซียส) นอกจากนี้ Chenlo et al. (2007) ยังได้ศึกษาการทำแห้งแบบออสโมติกของ chestnut ในสารละลายน้ำตาลซูโครสเข้มข้น 40%, 50% และ 60% โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 25, 35 และ 45 องศาเซลเซียส และแช่ในสารละลายนานถึง 8 ชั่วโมง พบว่า จลนศาสตร์ของการทำแห้งแบบออสโมติกขึ้นอย่างมากกับความเข้มข้น ของน้ำตาลซูโครส อุณหภูมิ และจากการ

ใช้อัตราส่วน WL/SG เป็นพารามิเตอร์ของคุณภาพพบว่า สภาวะที่ดีที่สุดคือ การใช้อุณหภูมิต่ำที่สุด และความเข้มข้นของสารละลายสูงที่สุด

2.8 เทคโนโลยีการแปรรูปและการทำผลิตภัณฑ์ผลไม้ผงที่อุณหภูมิต่ำมาก จากการสืบค้นข้อมูล ลิ้นจี่ และมะม่วง จากการทวนสืบข้อมูลด้วยระบบค้นหา (search engine) ของ google ด้วยคำสำคัญ (keyword) "lychee fruit/juice powder" (เนื้อและน้ำลิ้นจี่ผง) พบผลิตภัณฑ์น้ำลิ้นจี่ผง 2 รายการ ในเว็บไซต์ของบริษัท Jin Zhuan Lifesciences Enterprise ประเทศไต้หวัน และบริษัท Natural Sources ประเทศจีน (มีสาขาย่อยในประเทศแคนาดา) แต่ไม่พบผลิตภัณฑ์เนื้อลิ้นจี่ผงในเว็บไซต์ใดๆ เลย สำหรับผลการค้นหาเมื่อใช้คำสำคัญ "mango fruit/juice powder" (เนื้อและน้ำมะม่วงผง) นั้น พบเว็บไซต์ที่เกี่ยวกับเนื้อและน้ำมะม่วงผง จำนวน 31 และ 43 รายการตามลำดับ ผลิตภัณฑ์มะม่วงผงโดยมากจะประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการทำแห้งพ่นฝอย (spray dryer) โดยฉีดละอองฝอยของน้ำมะม่วงหรือมะม่วงบดละเอียดเข้าไปในตัวถังปิดสนิท ความร้อนในเครื่องจะทำให้ให้น้ำในละอองฝอยระเหยไปอย่างรวดเร็วเหลือเพียงผลิตภัณฑ์ผงสีเหลือง ซึ่งเมื่อนำผง ผลิตภัณฑ์ไปละลายน้ำจะได้เครื่องดื่มน้ำมะม่วง นอกจากนี้ยังพบว่าการศึกษาเรื่องการทำน้ำมะม่วงผงด้วย เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยนั้นมีมานานกว่า 30 ปีแล้ว จากเว็บเพจที่ลิงก์ผลงานวิจัยของ Khalil & Sial (1974) จากประเทศอิรัก

การแปรรูปมะม่วงด้วยเทคนิคทำแห้งพ่นฝอย ความร้อน/สูญญากาศ ทำแห้งเยือกแข็ง และวิธีอื่นๆ ในประเทศฟิลิปปินส์ Raymundo & Diaz (2003) ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำมะม่วงคาราบาว (Carabao) แบบผงด้วยการใช้เครื่องทำแห้งพ่นฝอย จากการวิเคราะห์พบว่าน้ำมะม่วงผง 1 กรัม มีเบต้าแคโรทีน 118 มก. และวิตามินซี 5.18 มก. การแปรรูปน้ำมะม่วงด้วยวิธีดังกล่าวช่วยลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งและ ยืดอายุผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์มะม่วงที่ถูกลบไอน้ำในรูปผงจะมีความคงตัวสูงกว่าผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มผงในท้องตลาดของประเทศฟิลิปปินส์หลายชนิดที่ทำมาจากสารเคมีสังเคราะห์กลิ่นมะม่วง ปัจจุบันผลิตภัณฑ์มะม่วงผงดังกล่าวอยู่ในขั้นตอนการขอจดทะเบียนสิทธิบัตรจากสำนักงานทรัพย์สินทางปัญญาของประเทศฟิลิปปินส์ Bharat Group (1997) นำมะม่วงบดละเอียดมาทำให้อยู่ในรูปผงด้วยเทคนิคการทำแห้งแบบพ่นฝอยเช่นกัน นอกจากจะใช้เป็นเครื่องดื่มแล้ว อาจผสมผลิตภัณฑ์มะม่วงผงใน กระบวนการผลิตขนมขบเคี้ยว อาหารหรือยา Baldry et al. (1976) เปรียบเทียบการแปรรูปมะม่วงสี่วิธี ได้แก่ (1) ใช้แรงดันออสโมติกเพื่อลดความชื้น (osmotic dehydration), (2) แช่แข็งชิ้นมะม่วง, (3) ทำแห้งด้วยวิธีโฟมแมท (foam mat drying) และ (4) ทำแห้งพ่นฝอยมะม่วงบดละเอียด ผลการศึกษาพบว่าวิธีแรกเหมาะสำหรับการปฏิบัติเริ่มต้นเพื่อลดความชื้นเท่านั้น ส่วนวิธีแช่แข็งชิ้นมะม่วงและนำมาละลายที่อุณหภูมิ 20°C จะคงสภาพของปริมาณแคโรทีนอยด์และวิตามินซีไว้ได้ดีกว่าวิธีอื่น ส่วนการทำแห้งแบบพ่นฝอยจะทำให้ได้มะม่วงผงที่มีสี กลิ่น และการยอมรับ อยู่ในระดับสูงกว่าการทำแห้งมะม่วงด้วยวิธีโฟมแมท

บริษัทเอกชนที่ประกาศขายผลิตภัณฑ์ น้ำมะม่วงผงที่ใช้เทคโนโลยีทำแห้งพ่นฝอย ได้แก่ Bangkok Juice (2005) (ประเทศไทย) Blue California (2005) Ministar International (2005) (ประเทศสหรัฐอเมริกา) Indo-World Trading (2005) (ประเทศอินเดีย) Adapter Enterprise Inc. (2005) (เกาะไต้หวัน ประเทศจีน) และ Korean Ginseng Product Corp. (2001) (ประเทศเกาหลี) Das & Jaya (2000) ศึกษาการทำน้ำมะม่วงผงโดยใช้กระบวนการทำแห้งแบบความร้อน/สูญญากาศ (puff drying) อย่างไรก็ตามการทำแห้งผลไม้ด้วยการทำแห้งพ่นฝอยหรือเทคนิคความร้อน/สูญญากาศ ล้วนต้องใช้ความร้อน ซึ่งจะทำให้วิตามินหลายชนิดในผลไม้สดสูญเสียไป ดังที่ Raymundo & Diaz (2003) แนะนำให้ผสมวิตามินเข้าไปในผลิตภัณฑ์มะม่วงผงที่ผ่านการทำแห้งพ่นฝอยด้วย เพื่อทดแทนส่วนที่เสื่อมสภาพไปจากความร้อน การทำแห้งเยือกแข็งจะช่วยแก้ปัญหานี้ได้ เพราะเป็นการทำแห้งแบบที่ไม่ใช้ความร้อนหากแต่ใช้การระเหิดของน้ำที่สภาวะความดันต่ำใกล้สูญญากาศ

Hymavathi & Khader (2005) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณแคโรทีน วิตามินซีและน้ำตาล รวมถึงคุณสมบัติทางกายภาพ-เคมี (physicochemical properties) ในผลิตภัณฑ์มะม่วงสุกสามสายพันธุ์ (baneshan, suvarnakha และ totapuri) ที่นำมาแปรรูปให้เป็นผง โดยใช้การทำแห้งแบบสูญญากาศ และเก็บรักษาไว้ในเวลาหกเดือนในบรรจุภัณฑ์สองชนิด คือเมทัลไลซ์โพลีเอสเตอร์/โพลีเอทิลีน (metallized polyester/polyethylene) และ โพลีเอสเตอร์ โพลี (polyester poly) จากผลการศึกษพบว่ามะม่วงผงสายพันธุ์ baneshan คงคุณค่าทางโภชนาการได้ดีที่สุด และผลิตภัณฑ์ผงจะเปลี่ยนแปลงสภาพน้อยเมื่อเก็บ รักษาไว้ในบรรจุภัณฑ์ชนิดแรก

Subramanian et al. (1976) พบว่าการทำแห้งเยือกแข็งมะม่วงบดละเอียดปริมาณ 8.52 กก. ต่อตร.ม. ของถาดทำแห้ง ต้องใช้เวลา 12 ชั่วโมง โดยครึ่งหนึ่งของเวลาทำแห้งใช้ไปเพื่อขจัดความชื้น 8-9% ที่เหลืออยู่ในตัวอย่าง มะม่วงผงที่ได้มีระดับความชื้นประมาณ 1-2% และอายุการเก็บรักษา 4 เดือนที่ 37°C และ 1 ปีที่ 25°C ผลิตภัณฑ์ที่เก็บไว้นานจะมีค่าความเป็นกรดสูงขึ้นและปริมาณเบต้าแคโรทีนลดลง นอกจากนี้ยังพบว่าการเติมน้ำตาลซูโครสจะช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีความคงตัวมากขึ้นด้วย ซึ่งสอดคล้องกับ งานวิจัยของ Moy (1972) ที่พบว่าการเติมน้ำตาลซูโครส (40%(w/w)), กลีโคแลคเตียมและซิลิกาในช่วง 0.1-0.5% (w/w) จะช่วยเพิ่มความคงตัวของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทำแห้งเยือกแข็ง Ammu et al. (1978) พบอีกเช่นกันว่าการเติมน้ำตาลลงในน้ำมะม่วง และปรับระดับความเข้มข้นให้สูงถึง 15-20% (w/w) ก่อนนำไปผ่านการทำแห้งเยือกแข็ง จะทำให้เก็บผลิตภัณฑ์มะม่วงผงไว้ได้นานขึ้น USJuice (2004) เติมนมโตนดเค็ม-ตรินลงในมะม่วงผงเพื่อเพิ่มความคงตัวของผลิตภัณฑ์ Hymavathi & Khader (2005) ผสมครีมหนมและแป้งข้าวสาลีลงไปในตัวอย่งก่อนทำมะม่วงผง โดยครีมหนมซึ่งมีไขมันเป็นองค์ประกอบจะช่วยดูดซึมเบต้าแคโรทีนในมะม่วงและแป้งข้าวสาลีเป็นเกณฑ์ควบคุมขนาดของมะม่วงผงที่บดได้

Ramamurthy & Bongirwar (1987) ศึกษาผลกระทบของ (1) อัตราเร็วในการแช่แข็งก่อนการทำแห้งเยือกแข็งและ (2) อุณหภูมิที่ใช้ระหว่างการทำแห้งเยือกแข็งต่อจลศาสตร์การดูดซึมความชื้น และสมดุลการดูดซึมความชื้นของชิ้นมะม่วงพันธุ์ Alphonso ที่ผ่านการทำแห้งเยือกแข็งแล้ว โดยก่อนการทำแห้งเยือกแข็งนำชิ้นมะม่วงไปแช่แข็งก่อนในตู้แช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 และ -40°C (อัตราเร็วในการแช่แข็งต่ำ และปานกลาง) รวมถึงแช่ในไนโตรเจนเหลวซึ่งมีจุดเดือด -196°C ที่ความดันบรรยากาศ (อัตราเร็วในการแช่แข็งสูง) ผลการศึกษาไอโซเทิร์มดูดซึมความชื้น ของผลิตภัณฑ์มะม่วงที่ผ่านการทำแห้งเยือกแข็ง (ทดสอบกับสภาวะความชื้นสัมพัทธ์ (RH) ที่ 43, 75 และ 96% ณ อุณหภูมิ 26°C) พบว่าการนำชิ้นมะม่วงไปแช่แข็งอย่างรวดเร็วด้วยไนโตรเจนเหลวจะมีอัตราดูดซึมความชื้นที่น้อยกว่าและปริมาณความชื้น ณ จุดสมดุล (equilibrium moisture content) ก็มีค่าต่ำลงด้วยส่วนอุณหภูมิที่ใช้ระหว่างการทำแห้งเยือกแข็งมีผลกระทบ เพียงเล็กน้อยต่ออัตราการดูดซึมความชื้นของผลิตภัณฑ์

การแปรรูปขึ้นจืดด้วยเทคนิคทำแห้งเยือกแข็งและวิธีอื่นๆ ได้มีผลงานตีพิมพ์เกี่ยวกับการแปรรูปขึ้นจืดยังมีไม่มากเท่ากับมะม่วง เนื่องจากความนิยมของเกษตรกรในการเพาะปลูกไม้ผลชนิดนี้ยังมีน้อยกว่า (ปี 2541 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกลิ้นจี่รวม 130,000 ไร่ ในขณะที่มีพื้นที่ปลูกมะม่วงรวม 2.2 ล้านไร่) นอกจากนี้ยังมีปัญหาหลายอย่างได้แก่ การติดดอกออกผลไม่ค่อยสม่ำเสมอ ฤดูการเก็บเกี่ยวค่อนข้างสั้นมีแมลงศัตรูพืชมาก เช่น หนอนเจาะขั้วผล มวน และไรก้ามหยาบ นอกจากนี้ยังเน่าเสีย และเนื้อเกิดสีน้ำตาลได้ง่ายอีกทั้งมีการนำเข้าลิ้นจี่จากประเทศคู่แข่ง เช่น จีนและไต้หวันด้วย (ปี 2541 มูลค่านำเข้าผลลิ้นจี่สด 20.4 ล้านบาท มูลค่าส่งออกผลลิ้นจี่

สด 72.5 ล้านบาท ในขณะที่มูลค่าส่งออกมะม่วงในปีเดียวกัน 400 ล้านบาท และไม่มีการนำเข้าเลย) (กรมส่งเสริมการเกษตร 2548, Evans et al. 2004)

Yuanzi et al. (2003) ตรวจสอบคุณภาพของเนื้อลิ้นจี่ที่ผ่านการทำแห้งเยือกแข็ง และพบว่าการใช้เนื้อลิ้นจี่ในสารละลายกรดซิตริกและแอสคอร์บิก (วิตามินซี) ที่ pH 3 พร้อมกับการแช่แข็งอย่างรวดเร็วเป็นเวลา 2.5 ชม. จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่คงรักษาสี กลิ่น รูปร่างและปริมาณสารอาหารดั้งเดิมไว้ได้

Phunchaisri & Apichartsrangkoon (2005) ศึกษาความเป็นไปได้ในการถนอมรักษาลิ้นจี่โดยใช้ความดันสูงมาก (200-600 MPa) เพื่อเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่นอกเหนือไปจากการทำลิ้นจี่กระป๋อง ในช่วงอุณหภูมิ 20-60°C และเวลา 10-20 นาที โดยเปรียบเทียบระหว่างลิ้นจี่สด และลิ้นจี่ที่ผ่านการถนอมรักษาในน้ำเชื่อมแล้ว ผลการศึกษาพบว่าการใช้ความดัน 600 MPa และอุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 20 นาที จะทำให้เอนไซม์เพอร์ออกซิเดส (peroxidase, POD) และโพลีฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase, PPO) ในลิ้นจี่สดเสื่อมสภาพไปกว่า 50 และ 90% ตามลำดับ แต่เอนไซม์ทั้งสองชนิดจะเสื่อมสภาพไปเพียงเล็กน้อยหากเก็บรักษาลิ้นจี่ไว้ในน้ำเชื่อม

เทคโนโลยีการลดขนาดที่อุณหภูมิต่ำมาก (cryogenic size reduction technology) May & Kaiser (1984) ประเมินการใช้เทคนิคการบดที่อุณหภูมิต่ำมาก (cryogenic grinding) ในการผลิตปลาผง พบว่าการบดด้วยวิธีดังกล่าวช่วยป้องกันการสลายตัวขององค์ประกอบที่ไม่ทนความร้อน (heat labile) ทำได้ง่ายและไม่สลับซับซ้อน ใช้เวลาในการบดไม่นาน และสามารถทำความสะอาดเครื่องมือได้อย่างรวดเร็ว โดยบดได้ผงที่มีขนาดเล็กกว่า 100 ไมครอน ปัญหาที่เกิดขึ้นกับการบดด้วยวิธีนี้คือ การปนเปื้อนของโลหะพวก Cr, Fe, Mo และ Ni จากเครื่องบด, ขนาดของถังบดที่เล็กเกินไป และผงวัสดุที่มีสัดส่วนไขมันมากอาจจับตัวกันเป็นก้อน

Dean (1994) แนะนำว่าไนโตรเจนเหลวอาจทำให้เกิดผลิตภัณฑ์อาหารบางชนิดเกิดรอยแตกหรือรอยร้าวขึ้นในทันทีหลังจากผ่านการแช่แล้ว ซึ่งมีประโยชน์ต่อการลดขนาด ทั้งนี้ขึ้นกับขนาด รูปร่าง ความพรุน (porosity) และความหนาแน่นของอาหารนั้นๆ และยังรายงานอีกด้วยว่าปริมาณความชื้นในอาหารไม่ใช่ปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดรอยแตกขึ้น

Singh & Goswami (1999) ชี้แจงถึงความจำเป็นในการออกแบบเครื่องบดอุณหภูมิต่ำมาก เพื่อใช้บดเครื่องเทศในเชิงพาณิชย์ เนื่องจากความร้อนที่เกิดขึ้นจากการบดในเครื่องแบบปกติจะทำให้เกิดการสูญเสียน้ำมันและสารหอมระเหยที่มีจุดเดือดต่ำในเครื่องเทศหลายชนิด โดยเครื่องบดอุณหภูมิต่ำมากจะต้องประกอบไปด้วยสองส่วนดังนี้ ส่วนแรกนำวัสดุที่ต้องการบดมาแช่ในไนโตรเจนเหลว และส่วนที่สองรักษาสภาพอุณหภูมิภายในเครื่องบดไม่ให้สูงเกิน -70°C

นักวิจัยจาก Florida Department of Citrus ทดลองใช้ไนโตรเจนเหลวแช่แข็งผลส้มก่อนนำไปบด และพบว่าสามารถเก็บรักษาลิ้นจี่ไว้ได้นานกว่าเวลามาตรฐาน 90 วัน จากการแช่แข็งแบบปกติ (Hegenbart 2001) Chambin et al. (2004) นำเทคนิคการบดที่อุณหภูมิต่ำมากไปใช้ลดขนาดกลีเซอรีน Gelucire 44/14 จนกลายเป็นผง เพื่อใช้ผสมกับยาที่ละลายในไขมันได้ดี ผลการศึกษาพบว่า การบดด้วยวิธีดังกล่าวไม่ได้เปลี่ยนคุณสมบัติทางกายภาพ, ความสามารถในการเกิดอิมัลชัน (emulsification) หรือความสามารถในการละลายตัว หากแต่พบว่าอิมัลชันที่เกิดขึ้นหลังการละลายมีขนาดเล็กลง นอกจากนี้ยังมีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีแช่เย็นที่อุณหภูมิต่ำมากในเชิงพาณิชย์เพื่อลดอุณหภูมิไข่ดิบอย่างรวดเร็ว ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อ Salmonella enteritidis (Curtis et al. 2004) Fig. 2.7 แสดงร้อยละของจำนวนสิทธิบัตรทางด้านเทคโนโลยีอุณหภูมิต่ำมากแยกตามสาขาที่นำไปประยุกต์ใช้ (ทางด้านอาหาร 4%)

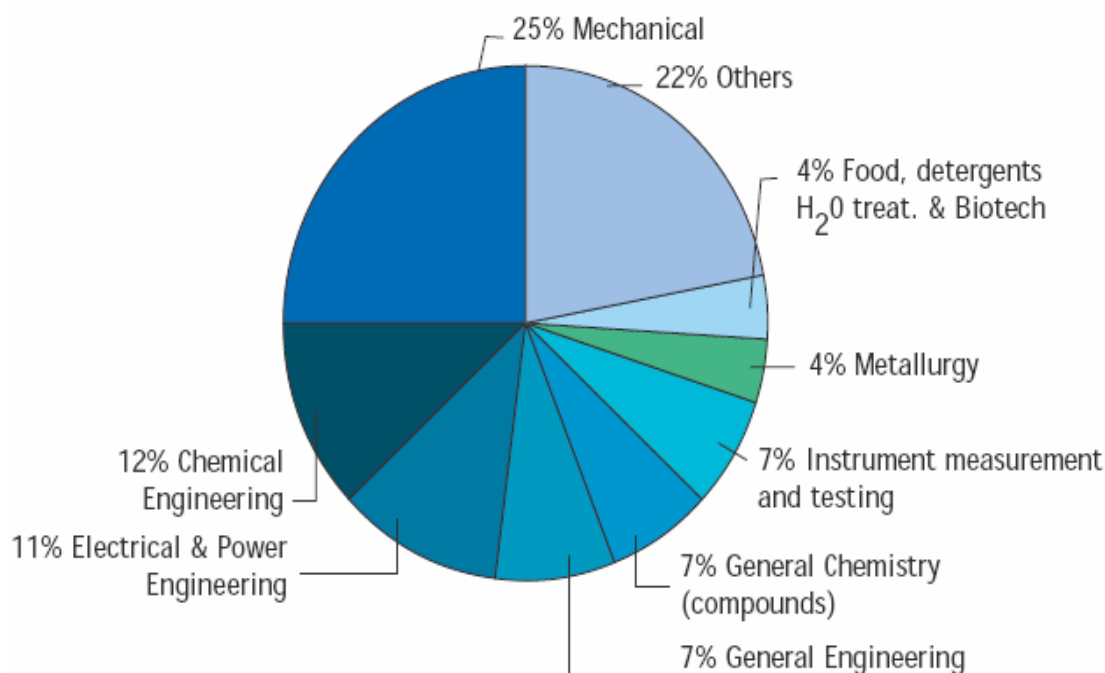


Figure 2.7: Percentage of products which employed cryogenic technology and had been patented according to the applied discipline (Estrada-Flores 2002)

Gouveia et al. (2002) ใช้ไนโตรเจนเหลวควบคู่ไปกับการบดธัญพืชนิดที่รับประทานกับนมเป็นอาหารเช้า (breakfast cereals) ซึ่งแต่ละชนิดมีองค์ประกอบของ ผลไม้จำพวกเปลือกแข็ง น้ำตาล ผลไม้แห้ง และธัญพืชหลายประเภท ผลการศึกษาพบว่าเทคนิคการบดโดยใช้อุณหภูมิต่ำมากเป็นวิธีที่มี ประสิทธิภาพสูงในการลดขนาด โดยเครื่องบดแบบที่ไม่ใช้อุณหภูมิต่ำมาก จะไม่สามารถบดตัวอย่างที่มีลูกเกต (ปริมาณความชื้น 13.2%, เส้นใย 6.1%) เป็นองค์ประกอบอยู่ได้เลย เพราะลูกเกตจะถูกแปรสภาพให้กลายเป็นเพส (paste) คล้ายแป้งเปียก เกาะติดอยู่กับใบมีดและลดประสิทธิภาพการบดลง ซึ่งจะไม่พบปัญหานี้เลยหากแช่ตัวอย่างในไนโตรเจนเหลวก่อน จากการวิเคราะห์ปริมาณโลหะด้วยเครื่อง atomic absorption spectrometry (AAS) ในอาหารที่ผ่านเครื่องบดอุณหภูมิต่ำมาก พบว่าระดับการปนเปื้อนก็ไม่ได้สูงไปกว่า กรณีใช้เครื่องบดชนิดใบมีดที่อุณหภูมิห้อง (พบการปนเปื้อนของแมงกานีสในระดับ 30 µg เหล็ก และสังกะสีในระดับ 70 และ 27 µg ของผลิตภัณฑ์ผงตามลำดับ สำหรับเครื่องบดทั้งสองประเภท) ตัวอย่างที่ผ่านการบดจากเครื่องมือทั้งสองประเภทมีขนาดเฉลี่ย 30 ไมครอน ดังแสดงใน Fig. 2.8

Clark (2005) เสนอว่าการลดขนาดวัสดุที่ทำมาจากพลาสติก, ยาง หรือเส้นใย มักทำได้ยากเนื่องจากระหว่างการลดขนาดวัสดุเหล่านี้จะเสียรูปไป (deform) แต่ไม่แตกตัวออกเป็นอนุภาคขนาดเล็ก วิธีหนึ่งในการแก้ปัญหาคือการบดที่ควบคู่ไปกับการเติมของเหลวอุณหภูมิต่ำมาก (cryogenic liquid) เช่นไนโตรเจนเหลวหรือคาร์บอนไดออกไซด์เหลว (ในสภาวะความดันสูงกว่าความดันบรรยากาศเท่านั้น จุดเดือด -56.7°C ที่ 5.1 บรรยากาศ) ลงไปในเครื่องบดแฮมเมอร์มีอุณหภูมิที่ต่ำมาก ๆ นี้จะทำให้วัสดุเปราะ (brittle) และถูกเครื่องบดทำให้แตกออกเป็นชิ้นเล็กชิ้นน้อยได้

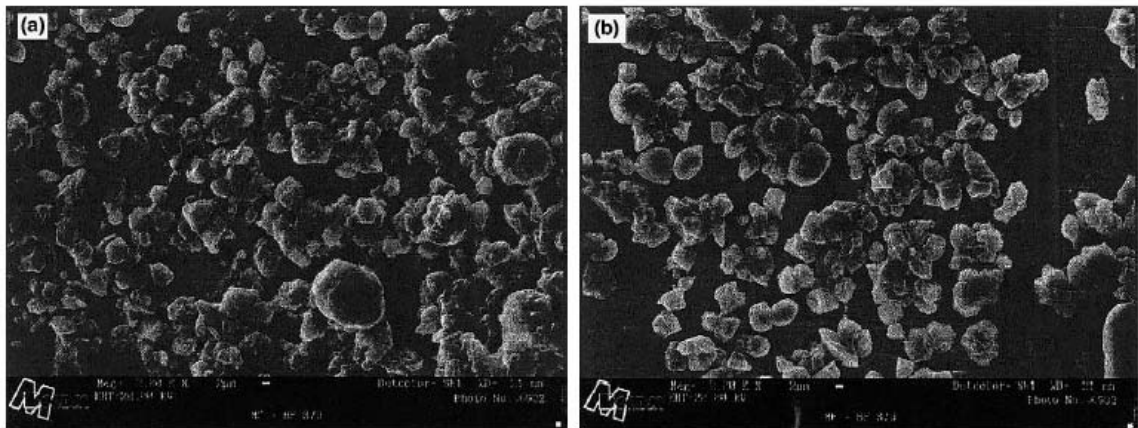


Figure 2.8: The efficiency of cereal grinding from (a) cryogenic grinder and (b) blade grinder was similar with the average powder size of 30 microns (Gouveia et al. 2002)

Gouveia et al. (2002) ยังให้คำแนะนำเพิ่มเติมว่า โดยทั่วไปต้องนำตัวอย่างที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบ อยู่มาก ไปทำแห้งเสียก่อนแล้วจึงจะนำมาบดเป็นผงได้ แต่ถ้าแช่ตัวอย่างลงในของเหลวอุณหภูมิต่ำมาก อย่างเช่นไนโตรเจนเหลวมาก่อนแล้ว จะสามารถนำมาบดให้เป็นผงได้เลยโดยไม่ต้องผ่านกระบวนการทำแห้ง จึงเป็นการประหยัดทั้งเวลา และพลังงาน แต่ในการทดลองควรนำตัวอย่างไปทำแห้งเสียก่อนเพื่อให้เปรียบเทียบผลการทดลองต่างสภาวะกันได้

การแช่แข็ง (Freezing) เป็นวิธีการเก็บรักษาอาหารที่รู้จักกันมานาน โดยใช้การลดอุณหภูมิของอาหารให้ต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง ทำให้เชื้อจุลินทรีย์ไม่สามารถนำน้ำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้ อีกทั้งอาจทำให้เซลล์ของจุลินทรีย์ถูกทำลายเนื่องจากการเกิดผลึกน้ำแข็งขึ้นภายในเซลล์ จุลินทรีย์บางชนิดสามารถเจริญได้ที่อุณหภูมิต่ำถึง -10°C ดังนั้นจึงมักแช่แข็งจนจุดกึ่งกลางของอาหารซึ่งเป็นจุดที่เย็นช้าที่สุด มีอุณหภูมิต่ำกว่า -18°C นอกจากนี้การลดอุณหภูมียังชะลอการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากเอนไซม์ และปฏิกิริยาเคมีต่างๆในอาหาร ทำให้อาหารเก็บได้นานขึ้น คุณภาพของผลิตภัณฑ์แช่แข็งขึ้นกับขนาดของผลึกน้ำแข็ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งคุณภาพทางลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ภายหลังการละลายน้ำแข็ง อัตราเร็วของการแช่แข็งมีผลอย่างมากต่อความเสียหายของเนื้อเยื่อ และปริมาณของเหลวที่ไหลออกจากผลิตภัณฑ์ (drip loss) ภายหลังการละลายน้ำแข็ง (Li and Sun, 2002) ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการแช่แข็งอย่างรวดเร็วจะได้ผลึกน้ำแข็งขนาดเล็ก ซึ่งจะก่อให้เกิดความเสียหายกับเนื้อเยื่อน้อยกว่าการแช่แข็งอย่างช้า

ขั้นตอนการเกิดการแช่แข็ง เป็นกรรมวิธีการถ่ายเทความร้อนระหว่างผลิตภัณฑ์กับสารให้ความเย็น โดยแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนคือ

- 1) การลดลงของอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์จากอุณหภูมิเริ่มต้นถึงอุณหภูมิเยือกแข็งจุดเยือกแข็งของอาหารทุกชนิดจะต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำ (0°C หรือ 32°F) เนื่องจากน้ำภายในเซลล์ของอาหารจะมีสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์หลายชนิดละลายอยู่ อาหารแต่ละชนิดจะมีจุดเยือกแข็งแตกต่างกันดังตารางที่ 2.2

Table 2.3 Freezing point and water level of food

อาหาร	อุณหภูมิเยือกแข็ง (°C)	ปริมาณน้ำ (%)
เนื้อวัวไม่ติดมัน	1.6	68
เนื้อวัวติดมัน	-2.2	-
เนื้อลูกวัว	-1.7	63
เนื้อหมู	-2.8	60
ลำไส้	-1.7	65
ปลา	-60 ถึง -2.0	70 – 85
กุ้ง	-2.7	80
ไข่	-2.8	-
เนย	-1 ถึง -18	15
เนยแข็ง	-8	55
ครีม (40 %)	-2.2	73
ไอศกรีม	-2.8 ถึง -18	55 – 56
นม	-6.0	87.5
องุ่น	-3.5	81.7
แอปเปิ้ล	-2.0	84.1
กล้วย	-2.2	74.8

ที่มา: Pearson et al. (1951)

2) ขั้นตอนของการตกผลึกเป็นน้ำแข็ง การเกิดผลึกของน้ำแข็งเป็นการรวมตัวอย่างเป็นระเบียบของส่วนที่เป็นของแข็ง โดยเกิดปรากฏการณ์ 2 อย่างต่อเนื่องกันได้แก่ การก่อนิวเคลียสผลึก (nucleation) และการเพิ่มขนาดของผลึก (crystal growth) การก่อนิวเคลียสผลึก (nucleation) คือปรากฏการณ์ที่โมเลกุลของน้ำมารวมตัวกันอย่างเป็นระเบียบจนเป็นโมเลกุลเล็ก ๆ ขึ้น ซึ่งเป็นจุดศูนย์กลางของผลึกต่อไป โดยเมื่อความร้อนถูกกำจัดออกจากระบบไปแล้ว จนกระทั่งผ่านสภาพที่เรียกว่าการทำให้เย็นยิ่งยวด (super cooling) ซึ่งก็คือการที่อุณหภูมิของน้ำในอาหารลดต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของผลิตภัณฑ์ แต่ยังไม่เกิดผลึก จากนั้นจะมีการชักนำให้เกิดผลึกและอุณหภูมิจะขึ้นมายุ่งที่จุดเยือกแข็งของอาหาร ความร้อน จะถูกกำจัดออกไปในรูปของความร้อนแฝงของน้ำ (latent heat) ทำให้น้ำเปลี่ยนจากของเหลวเป็นของแข็ง โดยเริ่มต้นจากการเกิดนิวเคลียสผลึกก่อน อัตราการเกิดนิวเคลียสผลึกจะเร็วมากเมื่ออุณหภูมิลดลง ขั้นตอนต่อไปคือ การเพิ่มขนาดของผลึก (crystal growth) หลังจากที่เกิดนิวเคลียสผลึกจำนวนมากพอก็จะเกิดการเพิ่มขนาดของผลึกน้ำแข็ง ซึ่งเกิดได้ที่อุณหภูมิใกล้จุดหลอมเหลว โดยโมเลกุลของน้ำจะเคลื่อนตัวเข้ามาเกาะอยู่กับนิวเคลียสผลึกมากกว่าที่จะก่อเกิดนิวเคลียสใหม่ เพราะโมเลกุลของน้ำในสภาวะที่เป็นของเหลวมีขนาดเล็กและเคลื่อนที่ได้ในอัตราที่สูง และจะหยุดเมื่อกระทบกับผิวหน้าของนิวเคลียสผลึก

3) ขั้นตอนการลดลงของอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ต่อไปจนถึง -18 ถึง -20 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่แนะนำให้ใช้ในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แช่แข็ง หลังจากเครื่องแช่แข็งดึงความร้อนจากอาหาร ทำ

ให้อุณหภูมิของอาหารลดลงมาถึง -18 องศาเซลเซียสจะนำมาเก็บไว้ในห้องเย็นที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า -18 องศาเซลเซียส

อัตราเร็วของการแช่แข็งมีผลต่อคุณสมบัติทั้งทางเคมี และทางฟิสิกส์ของเนื้อสัมผัส อัตราเร็วของการแช่แข็งนอกจากจะขึ้นอยู่กับวิธีการแช่แข็งแล้ว ยังขึ้นกับอัตราส่วนของเนื้อแดงและไขมันของผลิตภัณฑ์นั้นๆ ผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณไขมันสูงจะสามารถแข็งตัวได้รวดเร็วกว่าชิ้นส่วนหรือผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันปริมาณต่ำกว่า ซึ่งอัตราเร็วของการแช่แข็งแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ

1) การแช่แข็งแบบช้า (slow freezing) เป็นการแช่แข็งที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ทั้งชิ้นเยือกแข็งโดยอาจใช้เวลาตั้งแต่ 3 - 72 ชั่วโมง โดยใช้อุณหภูมิต่ำกว่า -15°C (5°F) การแช่แข็งจะดำเนินไปอย่างช้าๆ โดยเกิดจากภายนอกเข้าไปสู่ภายในของผลิตภัณฑ์ น้ำที่อยู่ภายนอกเซลล์ (extracellular water) จะแข็งตัวเร็วกว่าน้ำที่อยู่ภายในเซลล์ เนื่องจากน้ำภายนอกเซลล์มีความเข้มข้นของตัวถูกละลายต่ำกว่าทำให้เกิดเกล็ดน้ำแข็ง (รูปที่ 2.2) การทำให้อาหารแข็งตัวอย่างช้าๆ น้ำค่อยๆ แยกตัวออกจากเซลล์กลั่นเนื้อรวมตัวเป็นเกล็ดน้ำแข็ง น้ำแข็งจะเป็นผลึกใหญ่และมีขนาดไม่สม่ำเสมอและอยู่ระหว่างเซลล์ ในบริเวณที่มีน้ำอิสระมากน้ำที่ขยายตัวเมื่อแข็งอาจดันให้เซลล์แตกได้ เมื่อนำเอาอาหารแช่แข็งประเภทนี้มาละลาย น้ำจะไหลออกจากอาหาร ถ้าเซลล์แตกจำนวนมาก สารอาหารต่างๆ ก็จะไหลออกมามาก รสชาติของอาหารจะด้อยลงและมีลักษณะแข็ง

2) การแช่แข็งแบบเร็ว (quick Freezing) เป็นวิธีการแช่แข็งโดยทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารทั้งชิ้นเยือกแข็งภายในเวลา 30 นาที หรือน้อยกว่า อุณหภูมิอาจอยู่ในระหว่าง -40°C ถึง -18°C การแช่แข็งแบบนี้ อุณหภูมิของเนื้อหรือผลิตภัณฑ์ที่นำมาแช่แข็งนั้นจะลดต่ำลงอย่างรวดเร็ว เกล็ดน้ำแข็งเล็ก ๆ จะเกิดขึ้นอย่างเป็นระเบียบทั่วเนื้อเยื่อของเนื้อ ทั้งภายในและภายนอกเซลล์ รูปที่ 2.9 การถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้เกล็ดน้ำแข็งเล็กๆ ไม่สามารถเพิ่มขนาดขึ้นได้ จึงได้น้ำแข็งเล็กๆ ที่มีขนาดสม่ำเสมอและอยู่ภายในเซลล์เป็นส่วนใหญ่ เมื่อทำให้อาหารแช่แข็งละลาย น้ำแข็งผลึกเล็กๆ ย่อมละลายอย่างรวดเร็วและน้ำยังคงอยู่ภายในเซลล์ จึงถูกดูดกลับเข้าไปโดยโมเลกุลของโปรตีนเป็นส่วนใหญ่ไม่ออกจากอาหาร ทำให้อาหารสูญเสียเนื้อน้อยมีคุณภาพดี

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อเวลาแช่แข็ง ได้แก่ ขนาดและรูปร่างของผลิตภัณฑ์

- เวลาสำหรับการแช่แข็งเป็นสัดส่วนโดยตรงกับขนาดของผลิตภัณฑ์เมื่อความหนาหรือเส้นผ่านศูนย์กลางของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น เวลาที่ใช้ในการระบายความร้อนออกจะนานขึ้น
- อุณหภูมิตัวกลางในการแช่แข็ง การลดอุณหภูมิตัวกลางให้ต่ำลงจะช่วยเพิ่มแรง ขับดัน (driving force) ในการดึงความร้อนออกจากผลิตภัณฑ์ทำให้เวลาแช่แข็งลดลง
- อุณหภูมิเริ่มต้นของผลิตภัณฑ์ เมื่ออุณหภูมิเริ่มต้นของผลิตภัณฑ์ต่ำลงจะส่งผลให้เวลาที่ใช้ในการแช่แข็งลดลง
- สมบัติการถ่ายเทความร้อน มีอิทธิพลอย่างมากต่อเวลาของการแช่แข็งและการออกแบบเครื่องแช่แข็ง การเปลี่ยนแปลงสมบัติการถ่ายเทความร้อนเพียงเล็กน้อย จะมีผลต่อเวลาการแช่แข็งอย่างมีนัยสำคัญ

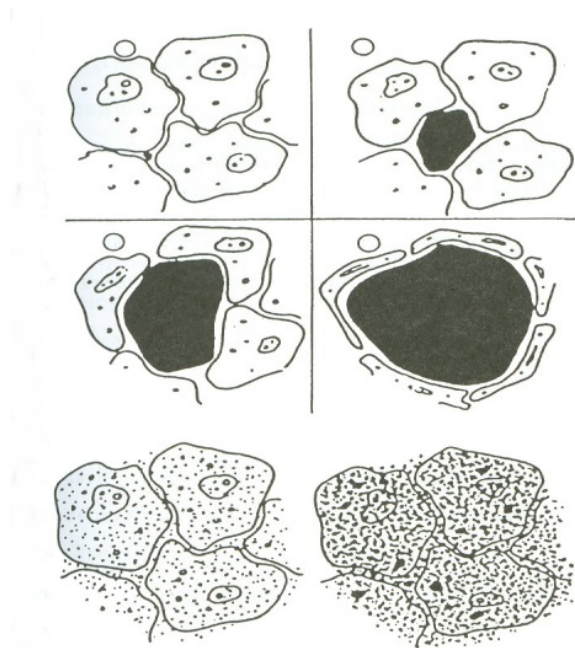


Figure: 2.9 Freezing crystallization of food ที่มา: Pearson et al. (1951)

การแช่แข็งร่วมกับการดึงน้ำออกบางส่วน (dehydrofreezing) การแช่แข็งเป็นวิธีการยืดอายุการเก็บรักษาของอาหาร โดยทำให้น้ำกลายเป็นผลึกน้ำแข็ง ซึ่งขนาดของผลึกน้ำแข็งมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ภายหลังการละลายน้ำแข็ง อัตราเร็วของการแช่แข็งมีผลอย่างมากต่อความเสียหายของเนื้อเยื่อ และปริมาณของเหลวที่ไหลออกจากผลิตภัณฑ์ (drip loss) ภายหลังการละลายน้ำแข็ง (Li and Sun, 2002) ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการแช่แข็งอย่างรวดเร็วจะได้ผลึกน้ำแข็งขนาดเล็ก ซึ่งจะก่อให้เกิดความเสียหายกับเนื้อเยื่อน้อยกว่าการแช่แข็งอย่างช้า ในปัจจุบันการพัฒนาระบบการแช่แข็งนอกจากพิจารณาในด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์แล้วยังต้องพิจารณาถึงการประหยัดพลังงานในกระบวนการผลิต การใช้กระบวนการดึงน้ำบางส่วนออกจากอาหารร่วมกับกระบวนการแช่แข็ง (dehydrofreezing) พบว่ามีประโยชน์ทั้งในด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์และการประหยัดพลังงาน เนื่องจากการลดปริมาณน้ำเป็นการลดปริมาณน้ำแข็งที่จะเกิดขึ้นระหว่างการแช่แข็ง และเป็นการลดภาระทางความร้อนของระบบทำความเย็น รวมทั้งลดค่าใช้จ่ายในส่วนของการบรรจุภัณฑ์ การขนส่ง การกระจาย การจัดเก็บ และการรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์เมื่อเทียบกับวิธีการแช่แข็งแบบดั้งเดิม (Biswal et al., 1991) Spiazzi et al. (1998) ได้ทดลองนำกีวีมาแช่ในสารละลายซูโครสเข้มข้น 68% เป็นเวลา 3 ชั่วโมงก่อนแช่แข็งด้วยเครื่องแช่แข็งแบบอากาศเย็น พบว่าผลึกน้ำแข็งจะเกิดที่อุณหภูมิต่ำกว่าและใช้เวลาแช่แข็งสั้นลง 20-30% เมื่อเทียบกับการแช่แข็งกีวี ที่ไม่ได้ผ่านการแช่ในสารละลายน้ำตาล ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Agnelli et al. (2005) ที่ศึกษากับลูกแพร์และแอปเปิ้ล Chiralt et al. (2001) ได้ศึกษาผลของความเข้มข้นของสารละลายซูโครส (35-65°Brix) และการใช้ภาวะสุญญากาศ (5 นาที ที่ 50 mbar) ในตอนต้นของกระบวนการออสโมติก พบว่าการใช้สุญญากาศไม่ได้ทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพดีขึ้น ซึ่งขัดแย้งกับงานวิจัยของ Muntada et al. (1998) ซึ่งพบว่าการใช้สุญญากาศร่วมในกระบวนการออสโมติกกับเนื้อกีวี ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีสมบัติทางกลและโครงสร้างของเซลล์ดีกว่าตัวอย่างที่ไม่ได้ทำภายใต้ภาวะสุญญากาศ นอกจากนี้ Chiralt et al. (2001) ยังได้

ศึกษาผลของการลวกร่วมกับการแช่มะม่วงในสารละลายซูโครส พบว่าการลวกไม่ได้ช่วยให้มะม่วงแช่แข็งที่ละลายน้ำแข็งแล้ว มีความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้น ส่วน Gerrote and Bertone (1989) พบว่าการดึงน้ำออกจากสตรอเบอรี่โดยการแช่ในสารละลายออสโมติก เช่น กลีเซอรอล สารละลายกลูโคส และสารละลายซูโครสก่อนการแช่แข็งสามารถลดการสูญเสียน้ำออกจากผลิตภัณฑ์ภายหลังการละลายน้ำแข็ง งานวิจัยนี้เน้นการศึกษาการใช้กระบวนการดึงน้ำออกบางส่วนร่วมกับการแช่แข็งกับผลไม้เศรษฐกิจของประเทศ ได้แก่ มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้และลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย ซึ่งยังไม่ได้มีการศึกษา และพัฒนากระบวนการผลิตเพื่อการส่งออก

บทที่ 3 วิธีการศึกษาทดลอง

เปรียบเทียบปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในส่วนต่าง ๆ ของลำไย มะม่วง และลิ้นจี่ แบบสด และแปรรูป

วัตถุดิบ

มะม่วง 3 สายพันธุ์ ได้แก่

- 1) มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ จาก ตลาดเมืองใหม่ อ.เมือง จ.เชียงใหม่
- 2) มะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ จาก ตลาดเมืองใหม่ อ.เมือง จ.เชียงใหม่
- 3) มะม่วงพันธุ์มหาชนก จาก ซูเปอร์มาร์เก็ตโลตัสหางดง อ.เมือง จ.เชียงใหม่

ลิ้นจี่ 3 สายพันธุ์ ได้แก่

- 1) ลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย จาก อ.แมริม และ หนองบวกหาด (รับจาก อ.ผาง จ.เชียงใหม่)
- 2) ลิ้นจี่พันธุ์กิมเจง จาก หนองบวกหาด (รับจาก อ.ผาง จ.เชียงใหม่)
- 3) ลิ้นจี่พันธุ์จักรพรรดิ จาก หนองบวกหาด (รับจาก อ.ผาง จ.เชียงใหม่)

ลำไย 3 สายพันธุ์ ได้แก่

- 1) ลำไยพันธุ์อีดอ จาก ตลาดต้นพยอม และหนองบวกหาด อ.เมือง จ.เชียงใหม่
- 2) ลำไยพันธุ์เปี้ยวเขียว จาก ตลาดหนองหอย และหนองบวกหาด อ.เมือง จ.เชียงใหม่
- 3) ลำไยพันธุ์ชมพู จาก ตลาดหนองหอย และหนองบวกหาด อ.เมือง จ.เชียงใหม่

อุปกรณ์

- ชุดปั่นตัวอย่างแบบมือ (braun, spain)
- บีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร
- ขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร
- เครื่องเขย่า (SK-101, ประเทศไทย)
- อลูมิเนียมฟอยล์
- ชุดกรอง ประกอบด้วย กรวยกรอง และเครื่องปั๊มดูดอากาศ (suction pump)
- กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 4
- เครื่องระเหยแบบสุญญากาศ (rotary evaporator) (Buchi, Japan)
- ขวดสีสำหรับเก็บตัวอย่างขนาด 5 และ 10 มิลลิลิตร
- เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง (Scout Pro, USA)
- เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Oertling, UK)
- กระบอกตวงขนาด 100 มิลลิลิตร
- ข้อนตักสาร
- Transfer pipett
- เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Thermospectronic รุ่น Genesys 10 UV-USA)

- Cuvette

สารเคมี

- Methanol AR grade (Scharlau)
- Ethanol AR grade (Scharlau)
- ABTS (2,2'-Azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) Diammonium salt) (Fluka)
- Potassium persulfate (K₂S₂O₈) (Fluka)
- DPPH (2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl) (Fluka)
- Folin-Ciocalteu's phenol reagent (Fluka)
- Sodium carbonate (Na₂CO₃) (Merck)
- Trolox ((+)-6-Hydroxy-2, 5, 7, 8 – tetra-methylchromane-2-carboxylic acid) (Fluka)
- Ascorbic acid (Carlo Erba)
- Gallic acid (Fluka)
- Ferulic acid (trans-4-Hydroxy-3-methoxycinnamic acid, 99%) (Aldrich)
- Chlorogenic acid Hemihydrate (Fluka)

วิธีการทดลอง

1. วิธีการเตรียมตัวอย่าง ล้างวัตถุดิบให้สะอาด สะเด็ดน้ำให้แห้ง แล้วปอกเปลือกออก แยกเนื้อ กับ เมล็ดออกจากกัน สำหรับมะม่วง แกะเมล็ดด้านนอกออก แยกเอาเมล็ดในออกมา Fig. 3.1 การเก็บตัวอย่างมะม่วง โดยวิธีการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ให้ทำการปั่นเนื้อมะม่วงให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่องปั่นแบบมือถือ แล้วเทลง ถาดสแตนเลส ส่วนเปลือกและเมล็ดให้วางลงบนถาดได้เลย นำตัวอย่างที่ได้ไปแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน จากนั้นนำตัวอย่างแช่แข็งที่ได้ไปทำแห้ง โดยใช้เครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (LABCONCO, USA) โดยตั้งอุณหภูมิเริ่มต้นที่ -10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง แล้วเพิ่มอุณหภูมิเป็น 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง จากนั้นจึงเพิ่มอุณหภูมิเป็น 25 องศาเซลเซียส รอจนอุณหภูมิที่ผิวหน้าของ อาหารมีค่าเท่ากับ 25 องศาเซลเซียสตามที่ตั้งไว้ จึงนำผลิตภัณฑ์ออก ทำการบรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยล์อย่างรวดเร็ว เพื่อป้องกันการดูดความชื้นกลับคืนสู่ผลิตภัณฑ์เก็บตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อนำมา วิเคราะห์ต่อไป นอกจากนี้ ยังทำการเก็บตัวอย่างมะม่วงโดยการใช้นิโตรเจนเหลว ทำให้ผลิตภัณฑ์แข็งตัวอย่างรวดเร็ว แล้วเก็บรักษาโดยการแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ก่อนนำมาวิเคราะห์ต่อไป สำหรับลันจี่ และลำไย ใช้ตัวอย่างสด โดยเมื่อได้ตัวอย่างมาแล้ว จะทำการวิเคราะห์ทันที กรณีที่ไม่สามารถวิเคราะห์ได้จะนำ ตัวอย่างไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ดัง Fig. 3.2

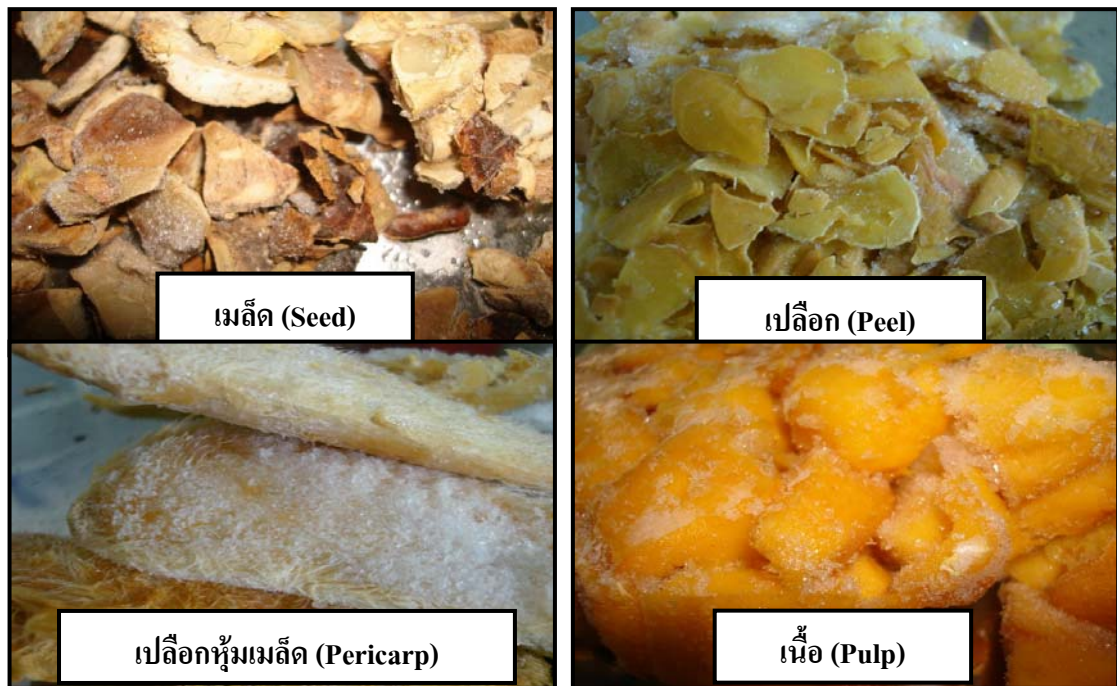


Figure 3.1: Various parts of mango used for analysis

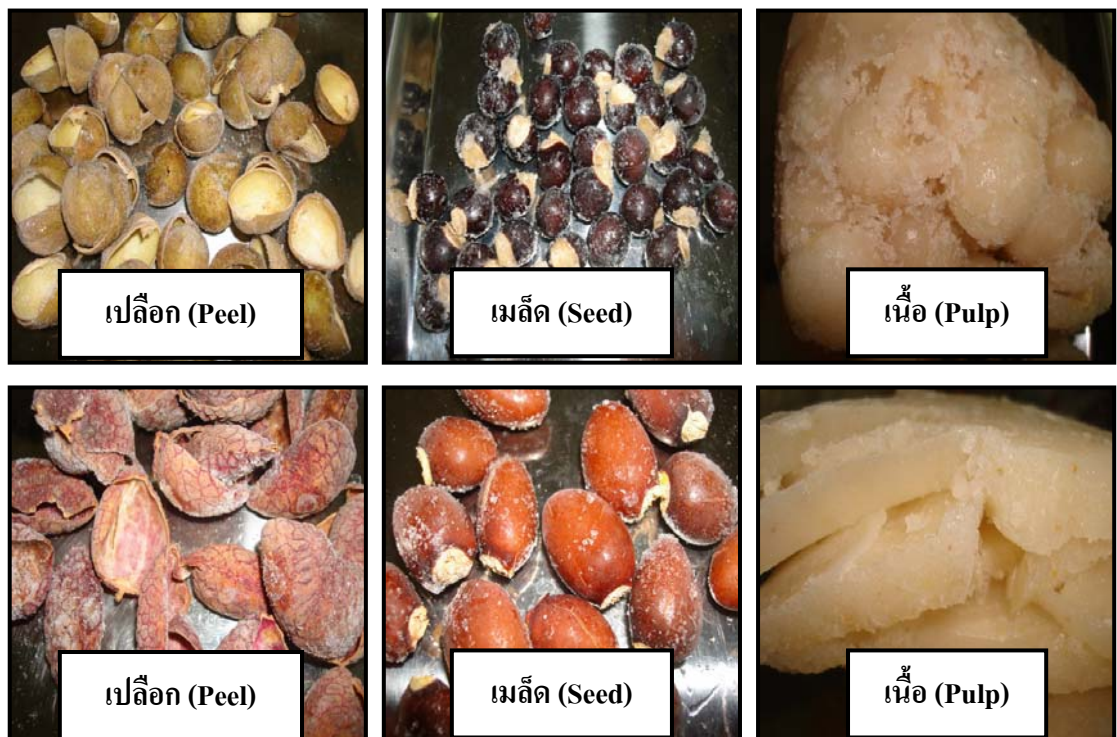


Figure 3.2: Various parts of longan (1st row) and lychee (2nd row) used for analysis

2. วิธีการสกัดตัวอย่าง ซึ่งตัวอย่างหนักประมาณ 20 กรัม ในบีกเกอร์ที่หุ้มด้วยอลูมิเนียมฟอยล์ ขนาด 500 มิลลิลิตร แล้วเติมตัวทำละลายจำนวน 60 มิลลิลิตร จากนั้นทำการปั่นให้ละเอียดด้วยชุดปั่นแบบมือถือ แล้วเทลงในขวดรูปชมพู่ที่หุ้มด้วยอลูมิเนียมฟอยล์ขนาด 250 มิลลิลิตร นำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าเป็นเวลา 30 นาที กรองแยกเอากากออก แล้วเก็บสารละลายที่กรองได้ในขวดสีชา ส่วนกากที่ได้นำไปสกัดต่อโดยเติมตัวทำละลาย 60 มิลลิลิตร นำไปเขย่าอีก 30 นาที กรองแยกเอากากออกอีกครั้ง แล้วเก็บสารละลายที่กรองได้รวมกับสารสกัดที่ได้ในตอนแรก ส่วนกากไปเติมตัวทำละลายอีก 60 มิลลิลิตร เพื่อสกัดรอบสุดท้าย เขย่าต่อเป็นเวลา 30 นาที กรองแยกกากทิ้ง แล้วเก็บสารละลายที่ได้ทั้งหมดรวมกัน บันทึกปริมาตรสารสกัดที่ได้ จากนั้นนำสารสกัดที่ได้ไประเหยด้วยเครื่อง rotary evaporator ที่ความดัน 50 มิลลิบาร์, อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 30 นาที จนได้สารสกัดเข้มข้น บันทึกปริมาตรสารสกัดเข้มข้นที่ได้ เก็บสารละลายเข้มข้นที่ได้ในขวดสีชาปิดสนิทที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จนกว่าจะนำมาวิเคราะห์

3. วิธีการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี ABTS ดัดแปลงมาจากวิธีการของ Gao et al (2000) และ Lee and Shibamoto (2002) หลักการวิเคราะห์ความสามารถในการต้าน อนุมูลอิสระอาศัยหลักการที่โมเลกุลของ ABTS (2,2'-Azinobis-(3-ethyl-benzothiazoline-6-sulfonic acid) ถูกออกซิไดซ์เป็นอนุมูลอิสระของ ABTS.+ โดย persulphate ($K_2S_2O_8$) ในสัดส่วนที่เหมาะสม ซึ่งโมเลกุลของ ABTS.+ ในสภาวะดังกล่าวจะสีเขียวเข้ม (deep green) และคงตัว อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะขึ้นอยู่กับปริมาณและความเข้มข้นของสารแอนติออกซิแดนซ์ที่มีอยู่ในตัวอย่างผลไม้แต่ละชนิด โดยสารแอนติออกซิแดนซ์จะทำหน้าที่เป็นตัวเร่งให้อัตราการฟอกจางของสารละลาย ABTS.+ เพิ่มขึ้น การตรวจวัดปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นสามารถทำได้โดยการใช้ spectrophotometer ตรวจดูความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการฟอกจางสีที่สัมพันธ์กับค่า TAC (Total antioxidant capacity) ของตัวอย่าง โดยรายงานในรูปของจากเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง (% Inhibition) หรือ mM Trolox equivalent / L ซึ่งสามารถคำนวณโดยการเทียบกับกราฟมาตรฐานของ Trolox วิธีการวิเคราะห์ดังนี้

3.1 การเตรียมสารละลาย ABTS เข้มข้น 7 mM โดยชั่งสาร ABTS จำนวน 0.0384 กรัม ละลายในน้ำกลั่น ปริมาตร 10 มิลลิลิตร

3.2 การเตรียมสารละลาย Potassium persulfate ($K_2S_2O_8$) 140 mM โดยชั่งสาร $K_2S_2O_8$ 0.3785 กรัม เติมน้ำกลั่นจนมีปริมาตร 100 มิลลิลิตร

3.3 การเตรียม ABTS.+ เข้มข้น 2.45 mM โดยนำสารละลาย ABTS จำนวน 5 มิลลิลิตร เติมสารละลาย $K_2S_2O_8$ จำนวน 88 μ L ตั้งสารละลาย ABTS ทิ้งไว้ในที่มืด นาน 12-16 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง ก่อนนำไปใช้ให้เจือจางสารละลาย ABTS.+ ที่ได้ด้วย absolute ethanol จนได้ค่าการดูดกลืนแสง (OD) ที่ความยาวคลื่น 734 nm. อยู่ในช่วง 0.7 ± 0.05

3.4 วิธีการทดลอง ปิเปตสารละลาย ABTS + จำนวน 2 มิลลิลิตร แล้วหยดสารสกัดตัวอย่างจำนวน 20 μ L ตั้งทิ้งไว้นาน 6 นาที ที่อุณหภูมิห้อง วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 nm โดยใช้ น้ำกลั่น set zero แล้วใช้สารละลาย ABTS.+ เป็น blank

4. วิธีการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH ดัดแปลงมาจากวิธีการของ Mahattanawee et al (2006) อาศัยหลักการที่โมเลกุลของ อนุมูลอิสระ DPPH (2, 2'-Diphenyl-1-picrylhydrazyl) ซึ่งเป็นอนุมูลอิสระของไนโตรเจนที่ไม่ค่อยเสถียรมากนัก เมื่อทำปฏิกิริยากับสารต้านอนุมูลอิสระ จะเกิดปฏิกิริยารีดักชัน มีผลทำให้สีของสารละลายซีดจางลง แล่นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มข้นของสารต้านอนุมูลอิสระ สามารถตรวจสอบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ได้จากค่าการดูดกลืนแสงที่ลดลง ที่ความยาวคลื่น 515-520 นาโน

เมตร ทำได้โดยการเตรียมสารละลาย DPPH โดยชั่ง DPPH จำนวน 0.0092 กรัม ละลายในสารละลายเอทานอล ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ทำการทดลองโดยปิเปตสารละลาย DPPH จำนวน 1 ml ในขวดสีชาขนาด 5 มิลลิลิตร หยดสารสกัดจำนวน 40 μ l ลงในสารละลาย DPPH เขย่าที่อุณหภูมิห้อง ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดนาน 3 ชั่วโมง นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 nm.

5. การวิเคราะห์ Total phenolic โดย Folin-Ciocalteu's phenol reagent ปิเปตสารสกัดที่ได้ จำนวน 100 μ l ลงในขวดสีชาขนาด 10 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นจำนวน 1 มิลลิลิตร ปิเปตสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตที่ความเข้มข้น 0.0750 กรัม/ลิตร จำนวน 375 μ l เขย่าแล้วตั้งทิ้งไว้ 2 นาที หยดสารละลาย Folin-Ciocalteu's phenol reagent จำนวน 125 μ l เขย่าอีกครั้งแล้วเติมน้ำกลั่นจำนวน 1 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 2 ชั่วโมง นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 725 nm.

6. การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซี (AOAC, 2002) เตรียมสารละลายกรดแอสคอร์บิกมาตรฐาน (1 mg/ml) โดยละลาย L-ascorbic acid 0.0500 กรัม ในสารละลาย HPO₃-HOAc จำนวน 45 ml ปริมาตรให้ครบ 50 ml ด้วยสารละลายกรดดังกล่าวก่อนเก็บใส่ขวดสีชาไว้ในตู้เย็น และเตรียมทันทีก่อนใช้เตรียมสารละลาย Indophenol โดยชั่ง 0.0500 กรัม ของเกลือโซเดียมของ 2,6-dichlorophenol-indophenol ละลายในน้ำกลั่นประมาณ 100 ml ที่มี NaHCO₃ ละลายอยู่ปริมาตรให้ครบ 200 ml ด้วยน้ำกลั่น กรองผ่านกระดาษกรองบรรจุในขวดสีชา เก็บไว้ในตู้เย็นจนกว่าจะนำมาใช้ จากนั้นชั่งตัวอย่างอาหาร 10 กรัม นำมาปั่นผสมเพื่อสกัดเอาวิตามินซีออกมาโดยสารละลายกรด HPO₃-HOAc จำนวน 90 ml เป็นเวลา 3 นาที กรองผ่านกระดาษกรอง ปิเปตสารละลายใส่ที่กรองได้ 10 ml นำมาไตเตรทกับสารละลาย indophenol จนได้จุดยุติเป็นสีชมพูอ่อนๆ ที่คงตัวเป็นเวลา 5 วินาที ทำ 2 ซ้ำ

7. การวิเคราะห์หาปริมาณกรดทั้งหมด (AOAC, 2002) ชั่งตัวอย่างอาหารหนัก 10 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 100 ml เติมน้ำกลั่นลงไปเล็กน้อย คนให้ละลายเข้ากันดี ปริมาตรเป็น 100 ml โดยใช้ Volumetric flask กรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 4 ปิเปตของเหลวที่กรองได้มา 10 ml ใส่ในฟลasks ขนาด 125 ml นำไปไตเตรทกับ 0.1N NaOH ที่ผ่านการปรับมาตรฐานแล้ว โดยใช้ฟีนอล์ฟทาไลน์ 2-3 หยด เป็นอินดิเคเตอร์

8. การวิเคราะห์หาปริมาณแคโรทีนอยด์ (ดัดแปลงจากพรรณนิภา ชุมศรี, 2536) นำตัวอย่างมาปั่นด้วยเครื่องปั่นให้ละเอียด ชั่งน้ำหนัก 3 กรัม นำไปแช่ด้วยเมทานอล 15 ml ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง แล้วนำมารองผ่านสำลี บีบกากให้แห้งและกรองต่อด้วยกระดาษกรองอีกครั้ง จากนั้นนำสารละลายที่กรองแล้วไประเหยให้แห้งสนิทในเครื่องดูดควัน แล้วนำไปละลายในคลอโรฟอร์ม โดยปรับปริมาตรให้ได้ 25 ml นำสารละลายที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 450 nm โดยใช้คลอโรฟอร์มเป็น blank แทนสารละลายมาตรฐานเบต้าแคโรทีนเปรียบเทียบ

9. การวิเคราะห์หาค่าความเป็นกรด-ด่าง (AOAC, 2002) สารละลายไปวัดค่าความเป็นกรด-ด่างด้วยเครื่องวัดความเป็นกรดด่าง ก่อนใช้ต้องทำการปรับมาตรฐาน โดยใช้สารละลายมาตรฐานที่มีค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 4.00 และ 7.00 ตามลำดับ เมื่อปรับเป็นที่เรียบร้อยแล้วจึงทำการวัด โดยให้ electrode ของเครื่องจุ่มในสารละลายที่ต้องการทราบค่า เครื่องจะทำการวัดจนค่าที่วัดได้นิ่ง ทำการบันทึก ซึ่งจะทำให้การวิเคราะห์ทั้งหมด 3 ซ้ำ แล้วนำไปหาค่าเฉลี่ย ในการวัดทุกครั้งต้องล้าง electrode ก่อนนำไปวัดตัวอย่างอื่นๆ ต่อไป จนถึงสิ้นสุดการทดลอง

10. การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดโดยใช้ Digital Refractometer รุ่น PAL-1 Atago, Japan

การทดลองที่ 1 การศึกษาหาชนิดและความเข้มข้นของตัวทำละลายที่เหมาะสมต่อการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระ

1. ทำการสกัดเนื้อมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ วางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) โดยใช้ตัวทำละลาย 2 ชนิด ที่ความเข้มข้นต่างๆ รวม 6 สิ่งทดลอง ทำซ้ำสิ่งทดลองละ 3 ซ้ำ ดังนี้

- สิ่งทดลองที่ 1 สกัดโดยใช้เอทานอลที่ความเข้มข้น 50%
- สิ่งทดลองที่ 2 สกัดโดยใช้เอทานอลที่ความเข้มข้น 70%
- สิ่งทดลองที่ 3 สกัดโดยใช้เอทานอลที่ความเข้มข้น 90%
- สิ่งทดลองที่ 4 สกัดโดยใช้เมทานอลที่ความเข้มข้น 50%
- สิ่งทดลองที่ 5 สกัดโดยใช้เมทานอลที่ความเข้มข้น 70%
- สิ่งทดลองที่ 6 สกัดโดยใช้เมทานอลที่ความเข้มข้น 90%

2. การวัดค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ทำได้ 3 วิธี

2.1 วิธี ABTS ในรูปของ Trolox, Ascorbic acid

2.2 วิธี DPPH ในรูปของ Gallic acid, Ferulic acid, Ascorbic acid, Catechin, Chlorogenic acid Hemihydrate และ β -carotene

2.3 วิธีวัดค่า Total phenolic โดย Folin-ciocalteu's reagent ในรูปของ Gallic acid

การทดลองที่ 2 จลนพลศาสตร์ของการวัดสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS

1. ใช้สารละลาย ascorbic acid ความเข้มข้น 20 μ M แทนสารสกัดเข้มข้นของตัวอย่าง ปิเปตลงในสารละลาย ABTS แล้วทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 nm. ที่เวลา 0, 30 วินาที, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10 นาที ทดลองซ้ำโดยเปลี่ยนความเข้มข้นของ ascorbic acid เป็น 100 μ M

2. ใช้สารละลาย Trolox ความเข้มข้น 20 μ M แทนสารสกัดเข้มข้นของตัวอย่าง ปิเปตลงในสารละลาย ABTS+ แล้วทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 nm. ที่เวลา 0, 30 วินาที, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10 นาที ทดลองซ้ำโดยเปลี่ยนความเข้มข้นของ Trolox เป็น 100 μ M

นำผลที่ได้ไปพลอตกราฟระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปที่ระยะเวลาต่างๆ พิจารณาเวลาที่ค่าการดูดกลืนแสงเริ่มคงที่

การทดลองที่ 3 จลนพลศาสตร์ของการวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

1. ทำการทดลองวิเคราะห์ Total phenolic โดยใช้สารละลาย gallic acid ความเข้มข้น 100 mg/ml แทนสารสกัดเข้มข้นของตัวอย่าง แล้วทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 725 nm. ที่ระยะเวลา 0, 10,

20, 25, 30, 60, 120 และ 180 นาที ทดลองซ้ำโดยเปลี่ยนความเข้มข้นของ gallic acid เป็น 300 mg/l และ 500 mg/l

2. นำผลที่ได้ไปพลอตกราฟระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปที่ระยะเวลาต่างๆ พิจารณาเวลาที่ค่าการดูดกลืนแสงเริ่มคงที่

การทดลองที่ 4 จลนพลศาสตร์ของการวัดสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH

1. ใช้สารละลาย gallic acid ความเข้มข้น 2 mg/ml แทนสารสกัดเข้มข้นของตัวอย่าง ปิเปิดลงในสารละลาย DPPH แล้วทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 nm. ที่เวลา 0, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20, 25, 55, 85, 145 และ 205 นาที ทดลองซ้ำโดยเปลี่ยนความเข้มข้นของ gallic acid เป็น 6 mg/ml, 20 mg/ml และ 50 mg/ml

2. นำผลที่ได้ไปพลอตกราฟระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปที่ระยะเวลาต่างๆ พิจารณาเวลาที่ค่าการดูดกลืนแสงเริ่มคงที่

การทดลองที่ 5 การศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในส่วนต่างๆ ของมะม่วง, ลิ้นจี่ และลำไย

1. สารสกัดจากส่วนต่างๆ ของมะม่วง ได้แก่ เปลือก, เนื้อ, เมล็ดในและเมล็ดนอก (4 สิ่งทดลองๆ ละ 3 ซ้ำ) ของมะม่วง 3 สายพันธุ์ ได้แก่ น้ำดอกไม้, โชคอนันต์ และมหาชนก นำมาวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (2 internal replication) โดยวิธี ABTS ในรูปของ Trolox, Ascorbic acid และวิธี DPPH ในรูปของ Gallic acid, Ferulic acid, Ascorbic acid, Catechin, Chlorogenic acid Hemihydrate และ β -carotene วิเคราะห์ปริมาณ Total phenolic ในรูปของ Gallic acid

2. สารสกัดจากส่วนต่างๆ ของลิ้นจี่ ได้แก่ เปลือก, เนื้อ และเมล็ด (3 สิ่งทดลองๆ ละ 3 ซ้ำ) ของลิ้นจี่ 3 สายพันธุ์ ได้แก่ ฮงฮวย, กิมเจง และจักรพรรดิ โดยแต่ละสายพันธุ์ศึกษาจาก 2 แหล่ง ถูกนำมาวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (2 internal replication) โดยวิธี ABTS ในรูปของ Trolox, Ascorbic acid และวิธี DPPH ในรูปของ Gallic acid, Ferulic acid, Ascorbic acid, Catechin, Chlorogenic acid Hemihydrate และ β -carotene วิเคราะห์ปริมาณ Total phenolic ในรูปของ Gallic acid

3. สารสกัดจากส่วนต่างๆ ของลำไย ได้แก่ เปลือก, เนื้อ และเมล็ด (3 สิ่งทดลองๆ ละ 3 ซ้ำ) ของลำไย 3 สายพันธุ์ ได้แก่ อีตอ, เบี้ยวเขียว และชมพู โดยแต่ละสายพันธุ์ศึกษาจาก 2 แหล่ง แล้วทำการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (2 internal replication) โดยวิธี ABTS ในรูปของ Trolox, Ascorbic acid และวิธี DPPH ในรูปของ Gallic acid, Ferulic acid, Ascorbic acid, Catechin, Chlorogenic acid Hemihydrate และ β -carotene วิเคราะห์ปริมาณ Total phenolic ในรูปของ Gallic acid

บทที่ 3 วิธีการศึกษาทดลอง

กระบวนการแปรรูปและการเก็บรักษามะม่วง ลิ้นจี่ และลำไยสดพร้อมบริโภค

วัตถุประสงค์	มะม่วง (<i>Mangifera indica</i> L.) จากพื้นที่ปลูกในจังหวัดเชียงใหม่ บ่มด้วยแก๊สแคลเซียมคาร์ไบด์ 100 กรัมต่อมะม่วง 15 กิโลกรัม เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 2 วัน จากนั้นเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 15±1 องศาเซลเซียส นาน 1 วัน ทั้งหมด 3 สายพันธุ์ ได้แก่ 1) มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ (cv. Nam dok mai) 2) พันธุ์โชคอนันต์ (cv. Chok Anan) 3) พันธุ์มหาชนก (cv. Mahachanok) ลิ้นจี่ (<i>Lychee chinensis</i> Sonn.) จากพื้นที่ปลูกในจังหวัดเชียงใหม่ ขนส่งจากแหล่งปลูก เก็บรักษาไว้ในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส ทั้งหมด 3 สายพันธุ์ ได้แก่ 1) ลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย (cv. Hong Hauy) 2) ลิ้นจี่พันธุ์กิมเจง (cv. Kim Jang) 3) ลิ้นจี่พันธุ์จักรพรรดิ (cv. Chak-Ka Phad) ลำไย (<i>Dimocarpus longan</i> Lour.) จากพื้นที่ปลูกในจังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดลำพูน ขนส่งมาเก็บรักษาไว้ในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส ทั้งหมด 4 สายพันธุ์ 1) ลำไยพันธุ์ดอ (cv. Daw) 2) ลำไยพันธุ์เบี้ยวเขียว (cv. Biaokhiao) 3) ลำไยพันธุ์กะโหลก (cv. Kalok) 4) ลำไยพันธุ์สีชมพู (cv. Sri Chomphu)
อุปกรณ์	- เครื่องชั่งละเอียดแบบทศนิยม 2 ตำแหน่ง (ยี่ห้อ Mettler-Toledo รุ่น PB3002-S) - เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ (digital refractometer Model PR-101, Atago, Japan) - เครื่องวัดความเป็นกรดต่าง (pH meter ยี่ห้อ Sartorius รุ่น PB-20) - เครื่องไทเทรต (automatic titrator ยี่ห้อ Schott รุ่น Titroline easy M-230V) - เครื่องวัดสี (Color Meter ColorQuestXE, HunterLab, USA) - เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (texture analyzer TA.XTi/50) - Fruits Hardness Tester ยี่ห้อ Now รุ่น FHR-5 - เครื่องทำน้ำ De-ionized (EASY pure RF รุ่น Series 1051 ปริมาตร 300 มิลลิลิตร) - เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า (pH and conductivity meter ยี่ห้อ sartorius รุ่น PP-20) - เครื่อง gas chromatograph (GC-8A, SHIMADSU Corporation, Tokyo, Japan) - หม้อนึ่งความดัน (autoclave ยี่ห้อ Huxley รุ่น HL-341)

การทดลองที่ 1 การศึกษาประสิทธิภาพของสารเคมีที่ใช้เป็น sanitizers ในการลดจำนวนจุลินทรีย์ที่เปลือกของผลมะม่วง ลิ้นจี่ และลำไย

มะม่วง

1. ทำการศึกษาผลมะม่วง 3 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์น้ำดอกไม้ โชคอนันต์ และมหาชนก เปรียบเทียบประสิทธิภาพของ sanitizers 2 ชนิด ระหว่างกรดเปอร์ออกซีอะซิติก(peroxyacetic acid - PAA) กับโซเดียมไฮโปคลอไรต์ (sodium hypochlorite - NaOCl) และชุดควบคุม ชุดควบคุมล้างด้วยน้ำประปา เนื่องจากผลมะม่วงมีขนาดใหญ่อาจมีปริมาณจุลินทรีย์มาก สารละลายกรดเปอร์ออกซีอะซิติกความเข้มข้น 100 ppm มีค่าพีเอชประมาณ 3.2-3.4 สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ ความเข้มข้น 200 ppm ปรับค่าพีเอชให้ต่ำกว่า 7 ด้วยสารละลายกรดซิตริก (6.50-6.70) คัดเลือกผลมะม่วงที่มีขนาดสม่ำเสมอไม่มีโรคและแมลงทำลาย วัดขนาด (ความกว้างและความยาว) ของผลมะม่วง นำผลมะม่วงมาแช่ในสารละลายแต่ละชนิดเป็นเวลา 3 นาที จากนั้นนำตัวอย่างผลมะม่วงมาวิเคราะห์หาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ และรา ที่เหลืออยู่บนผิวของผลมะม่วง ดัง Fig. 3.1 ด้วยวิธี Total plate count บนอาหารเลี้ยงเชื้อ 2 ชนิด คือ Plate count agar (PCA) และ Potato dextrose agar (PDA) โดยใช้ผลมะม่วง ผล ต่อการทดลอง 1 ซ้ำ ทำการทดลองชุดละ 3 ซ้ำ และแต่ละพันธุ์ทำการทดลองซ้ำพันธุ์ละ 3 ครั้งโดยใช้ผลมะม่วงจากแหล่งแตกต่างกัน

การวิเคราะห์หาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ และรา

1) สารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ ความเข้มข้น 0.1% ของไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต ($\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) เตรียมได้ดังนี้

- ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต 1 กรัม
- น้ำกลั่น (distilled water) 1 ลิตร

2) สารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ ความเข้มข้น 0.1% ของโซเดียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต ($\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)

- โซเดียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต 1 กรัม
- น้ำกลั่น (Distilled water) 1 ลิตร



Figure 3.1: The soaking of mango in sanitizer (a) before rubbing the mango fruit in phosphate buffer solution to examine the microbes on the mango surface (b).

2. จากนั้นนำสารไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตและโซเดียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตไปละลายในน้ำกลั่น เตรียมสารละลายบัฟเฟอร์ฟอสเฟตโดยเติมโซเดียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตลงในไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตจนกระทั่งพีเอชของสารละลายบัฟเฟอร์ที่ได้มีค่าเท่ากับ 7.2 ถ่ายใส่ขวดหรือหลอดทดลอง นำไปฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส (ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) เป็นเวลา 15 นาที

3. ชั่งอาหารเลี้ยงจุลินทรีย์ทั้งหมด (Difco™ Plate Count Agar, Difco, Benton, Dickinson and Company, USA) จำนวน 23.5 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1 ลิตร ต้มจนอาหารเลี้ยงเชื้อละลายหมด นำไปฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส (ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) เป็นเวลา 15 นาที

4. เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar โดยชั่งอาหารเลี้ยงเชื้อยีสต์และรา (Difco™ Potato Dextrose Agar, Difco, Benton, Dickinson and Company, U.S.A.) จำนวน 39 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1 ลิตร ต้มจนอาหารเลี้ยงเชื้อละลายหมด นำไปฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งอัตโนมัติ ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส (15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) เป็นเวลา 15 นาที

5. ขั้นตอนวิธีวิเคราะห์ โคนนำตัวอย่างผลมะม่วงที่ผ่านการแช่ในสารละลาย sanitizer ชนิดต่างๆ มาใส่ในถุงที่มีสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ความเข้มข้น 0.1% ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ใช้มือถูผิวผลมะม่วงอย่างเบาๆ เป็นเวลา 2 นาที ดัง Fig. 3.1 สารละลายตัวอย่างที่ได้มีความเจือจาง 1:10 (10⁻¹) ใช้ปิเปตต์ดูดสารละลายตัวอย่างที่เจือจาง 1:10 (10⁻¹) ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองที่มีสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 9 มิลลิลิตร เขย่าตัวอย่างให้ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน จะได้สารละลายตัวอย่างที่เจือจาง 1:100 (10⁻²) และทำให้มีความเจือจางต่อไปด้วยวิธีเดียวกันจนถึงความเจือจาง 1:1000 (10⁻³)

6. การตรวจหาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Plate Count) โดยวิธี spread plate เทอาหาร plate count agar ลงในจานเพาะเชื้อประมาณ 15-20 มิลลิลิตร ปล่อยให้อาหารเย็นแข็งตัว ปิเปตต์สารละลายตัวอย่างที่เจือจางในระดับต่างๆ ที่ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร ลงบนตรงกลางผิวหน้าของอาหารเลี้ยงเชื้อ ใช้แท่งแก้ว spreader เกลี่ยให้เชื้อกระจายทั่วผิวหน้าจนกระทั่งแห้ง ปิดฝาและวางทิ้งไว้เป็นเวลา 10-15 นาที เพื่อให้สารละลายซึมเข้าไปในวุ้น ก่อนนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ตรวจนับจำนวนโคโลนีของจุลินทรีย์บนจานเพาะเชื้อที่มีจำนวน 30-300 โคโลนี

7. การตรวจหาปริมาณยีสต์ และรา โดยวิธี spread plate เทอาหาร potato dextrose agar ลงในจานเพาะเชื้อประมาณ 15-20 มิลลิลิตร ปล่อยให้อาหารเย็นแข็งตัว ปิเปตต์ตัวอย่างอาหารที่เจือจางในระดับที่เหมาะสมปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร ลงบนตรงกลางผิวหน้าของอาหารเลี้ยงเชื้อ ใช้แท่งแก้ว spreader เกลี่ยให้เชื้อกระจายทั่วผิวหน้า ปิดฝาและวางทิ้งไว้เป็นเวลา 10-15 นาที เพื่อให้สารละลายซึมเข้าไปในวุ้น ก่อนนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ตรวจนับจำนวนโคโลนีของจุลินทรีย์บนจานเพาะเชื้อที่มีจำนวน 30-300 โคโลนี

ล้นจี

1. คัดเลือกผลล้นจีที่ซื้อมาจากสวนเกษตรกร อ. แม่แตง เมื่อวันที่ 11 พฤษภาคม 2550 ผลล้นจีพันธุ์จักรพรรดิและพันธุ์กิมเจงซื้อมาจากสวนท่าดอนริเวอร์วิวิธอร์ท บ้านท่าดอน อ. แม่เมาะ จ. เชียงใหม่ เมื่อวันที่ 17 มิถุนายน 2550 เป็นผลล้นจีที่เก็บเกี่ยวในระยะสุกทางการค้า จากนั้นคัดเลือกผลล้นจี ที่มีขนาดสม่ำเสมอ ไม่มีโรคและแมลงทำลาย นำมาตัดหัวให้เหลือหัว 0.5 เซนติเมตร โดยใช้ผลล้นจี 5 ผล ต่อการทดลอง 1 ซ้ำ ทำการทดลองชุดละ 3 ซ้ำ และแต่ละพันธุ์ทำการทดลองซ้ำพันธุ์ละ 3 ครั้งโดยใช้ผลล้นจี จากแหล่งแตกต่างกัน แล้วนำผล

ล้นจีแต่ละชุดการทดลองไปแช่ในสารฆ่าเชื้อแต่ละชนิด โดยแช่เป็นเวลา 3 นาที และใช้ผลล้นจีที่ไม่แช่ในสารฆ่าเชื้อเป็นชุดควบคุม นำมาผึ่งให้ผิวผลล้นจีสะเด็ดน้ำ แล้วบรรจุผลล้นจีลงในถุงซิปล็อก (zip lock) ที่มีขนาดกว้าง x ยาวเท่ากับ 33.0 x 23.5 เซนติเมตร ปิดปากถุงทันที Fig. 3.2

2. ทำการตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดที่เหลือบนเปลือกผลล้นจีด้วยวิธี Total Plate Count (TPC) โดยเติมสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ความเข้มข้น 0.1% พีเอช 7.2 ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ลงในถุงซิปล็อกที่ผ่านการฆ่าเชื้อมาก่อนแล้ว บรรจุผลล้นจีจำนวน 5 ผลจากแต่ละชุดการทดลอง และทำการทดลองชุดละ 3 ซ้ำ ล้างผลล้นจีโดยการถูผิวผลล้นจีด้วยมือเบาๆ ให้ทั่วผลล้นจีเป็นเวลา 2 นาที ได้สารละลายตัวอย่างที่กำหนดให้มีความเจือจาง 1:10 (10-1) เปิดถุงออกในสภาวะปลอดเชื้อ ใช้ปิเปตดูดสารละลายตัวอย่างที่เจือจาง 1:10 (10-1) ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองที่มีสารละลายบัฟเฟอร์ฟอสเฟต 9 มิลลิลิตร ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว เขย่าสารละลายให้เข้ากันด้วยเครื่องเขย่า จะได้สารละลายตัวอย่างที่เจือจาง 1:100 (10-2) และทำให้มีความเจือจางต่อไปด้วยวิธีเดียวกันจนถึงความเจือจาง 1:10,000 (10-4) จากนั้นดูดสารละลายที่แต่ละระดับความเจือจางมา ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร นำมาทำสเปรดเพลท (spread-plate method) บนอาหารเลี้ยงเชื้อ Plate Count Agar และนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ตรวจนับจำนวนโคโลนีในหน่วย cfu / g โดยแต่ละระดับความเจือจางทำซ้ำ 3 ครั้ง



Figure 3.2: The soaking of lychee in PAA solution with the concentration of 100 ppm (a) and air drying step of the lychee surface (b).

ลำไย

1. ทำการศึกษาผลลำไย 2 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ดอ และเบี้ยวเขียว ผลลำไยพันธุ์ดอ ชื้อมาเมื่อวันที่ 13 สิงหาคม 2550 และผลลำไยพันธุ์เบี้ยวเขียวซื้อมาเมื่อวันที่ 20 สิงหาคม 2550 จากสวนเกษตรกรใน อ. เมือง จ. ลำพูน ที่เก็บเกี่ยวในระยะสุกทางการค้า และเปรียบเทียบประสิทธิภาพของ sanitizers 2 ชนิด ระหว่างกรดเปอร์ออกซีอะซิติก(peroxyacetic acid - PAA) กับโซเดียมไฮโปคลอไรต์ (sodium hypochlorite NaOCl) เช่นเดียวกัน และใช้ผลลำไยที่ไม่ได้ล้างเป็นชุดควบคุม โดยคัดเลือกผลลำไยที่มีขนาดสม่ำเสมอไม่มีโรคและแมลงทำลาย โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 26-30 มิลลิเมตร และมีน้ำหนักอยู่ในช่วง 10-11 กรัม นำมาตัดขั้วให้เหลือขั้ว 0.5 เซนติเมตร โดยใช้ผลลำไย 10 ผล ต่อ 1 ซ้ำของชุดการทดลอง และทำการทดลอง 3 ซ้ำ นำผลลำไยแต่ละชุด

ไปแช่ในสารละลาย sanitizers 2 ชนิด คือ สารละลายกรดเปอร์ออกซิอะซีติก(Thai Peroxide Co., Ltd.) ความเข้มข้น 100 ส่วนต่อล้านส่วน (ppm) วัดค่าพีเอชได้ 3.08 และสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ ความเข้มข้น 200 ส่วนต่อล้านส่วน วัดค่าพีเอชได้ 6.65 โดยจุ่มเป็นเวลา 3 นาที โดยใช้ผลล้าโยที่ไม่จุ่มสารฆ่าเชื้อและผลล้าโยที่จุ่มน้ำประปา วัดค่าพีเอชได้ 7.33 เป็นชุดควบคุม นำมาผึ่งให้ผิวผลล้าโยสะเด็ดน้ำ แล้วมาบรรจุในถุงซิปล็อค (zip lock) ที่มีขนาดกว้าง x ยาว เท่ากับ 33.0 x 23.5 เซนติเมตร

2. ตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดที่เหลือบนเปลือกผลล้าโยโดยใช้วิธี Total Plate Count (TPC) เติมน้ำสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ความเข้มข้น 0.1% ที่พีเอช 7.2 ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ลงในถุงซิปล็อคที่บรรจุผลล้าโยของแต่ละชุดการทดลอง คลุกเคล้าผลล้าโยด้วยมือให้ทั่วผลล้าโยเป็นเวลา 2 นาที ได้สารละลายตัวอย่างที่มีความเจือจาง 1:10 (10⁻¹) เปิดถุงออกในสภาวะปลอดเชื้อ ใช้ปิเปตต์ดูดสารละลายตัวอย่างที่เจือจาง 1:10 (10⁻¹) ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองที่มีสารละลายบัฟเฟอร์ฟอสเฟต 9 มิลลิลิตร ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว เขย่าสารละลายให้เข้ากันด้วยเครื่องเขย่า ได้สารละลายตัวอย่างที่เจือจาง 1:100 (10⁻²) และทำให้มีความเจือจางต่อไปด้วยวิธีเดียวกันจนถึงความเจือจาง 1:10000 (10⁻⁴) จากนั้นดูดสารละลายมาปริมาตร 0.1 มิลลิลิตรนำมาสเปรดเพลท (spread-plate method) บนอาหารเลี้ยงเชื้อ Plate count agar และนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 48 ชั่วโมง ตรวจนับจำนวนโคโลนีในหน่วย cfu /g ทำการทดลองชุดละ 3 ซ้ำ โดยแต่ละระดับความเจือจางทำ 3 ซ้ำ

การทดลองที่ 2 การศึกษาระยะการสุกที่เหมาะสมต่อการผลิตเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์พันธุ์พร้อมบริโภค

1. การทดลองนี้ศึกษาผลมะม่วง 2 พันธุ์ คือ พันธุ์โชคอนันต์ และมหาชนก ที่มีระยะการสุก 3 ระยะ โดยเริ่มจากการเตรียมผลมะม่วง เก็บเกี่ยวผลมะม่วงจากต้น คัดเลือกผลมะม่วงดิบที่แก่จัดโดยใช้ค่าความถ่วงจำเพาะกำหนดความแก่ ผลมะม่วงที่แก่จัดจะมีความถ่วงจำเพาะมากกว่า 1.00 คือ เป็นผลมะม่วงที่จมน้ำ นามะม่วงที่มีขนาดสม่ำเสมอ ไม่มีโรคและแมลงทำลาย จำนวน 90 ผล มาปมให้สุกบ่มด้วยแคลเซียมคาร์ไบด์ ใช้ผลมะม่วง 45 ผลต่อแคลเซียมคาร์ไบด์ 100 กรัม เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง แบ่งผลมะม่วงเป็น 3 ระยะการสุก คือ

- ระยะการสุกที่ 1 บ่มเป็นเวลา 3 วัน
- ระยะการสุกที่ 2 บ่มเป็นเวลา 6 วัน
- ระยะการสุกที่ 3 บ่มเป็นเวลา 8 วัน

สุ่มผลมะม่วงที่บ่มสุกในแต่ละระยะออกมารั้งละ 30 ผล คัดเลือกให้เหลือ 27 ผล แบ่งออกเป็น 3 ชุดทดลองๆ ละ 9 ผล นำผลมะม่วงไปแช่ในสารละลายกรดเปอร์ออกซิอะซีติก ความเข้มข้น 100 ppm เป็นเวลา 3 นาที เพื่อลดจำนวนจุลินทรีย์ที่เปลือก หลังจากนั้นผึ่งให้ผิวนอกแห้ง ปอกเปลือกและหั่นชิ้นเนื้อมะม่วงสุกแต่ละด้านของผลออกเป็นชิ้นเล็กด้านละ 8 ชิ้น นำชิ้นเนื้อมะม่วงสุกที่หั่นแล้วไปแช่ในสารละลายกรดเปอร์ออกซิอะซีติก ความเข้มข้น 50 ppm เป็นเวลา 1 นาที เพื่อลดจำนวนจุลินทรีย์ที่เนื้อมะม่วง ปลอยให้สะเด็ดน้ำ บรรจุชิ้นเนื้อมะม่วงบรรจุลงใน polystyrene clamshell จำนวน 8 ชิ้น/clamshell แล้วนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 92±2% เป็นเวลา 10 วัน วัดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีในวันเริ่มต้น และสุ่มตัวอย่างออกมารั้งละ 3 clamshell ระหว่างการเก็บรักษาทุกๆ 2 วัน

2. วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ

2.1 การเปลี่ยนแปลงสีของชิ้นเนื้อมะม่วง วัดสีเนื้อมะม่วงด้านที่ติดกับเปลือก โดยใช้เครื่องวัดสี Color Meter (ColorQuestXE, HunterLab, USA) รายงานค่าสีที่วัดได้เป็นค่า

- ค่า L^* ที่มีค่าเท่ากับศูนย์ หมายถึง วัดถั่วมีสีดำ หากค่า L^* เท่ากับ 100 หมายถึง วัดถั่วมีสีขาว
- ค่า a^* ที่เป็นบวก หมายถึง วัดถั่วมีสีแดง ค่า a^* ที่เป็นลบ หมายถึง วัดถั่วมีสีเขียว
- ค่า b^* ที่เป็นบวก หมายถึง วัดถั่วมีสีเหลือง ค่า b^* ที่เป็นลบ หมายถึง วัดถั่วมีสีน้ำเงิน
- เมื่อทั้ง a^* และ b^* มีค่าเป็นศูนย์แสดงว่าวัดถั่วมีสีเทา นำค่า a^* และ b^* มาคำนวณหาค่า Chroma (C^*) และ Hue angle (h°)



Figure 3.3: The soaking of whole mango fruits (a) and diced parts of mango pulp (b) in 50 and 100 ppm PAA, respectively.

$$\text{Chroma } (C^*) = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$$

$$\text{Hue angle } (h^\circ) = \arctangent(b^*/a^*)$$

- ค่า chroma หรือค่า C^* เป็นค่าที่บ่งบอกถึงความเข้มของสีที่ปรากฏ ค่า C^* ที่มากขึ้นแสดงว่าความเข้มของสีนั้นจะยิ่งมากขึ้น
- ค่า hue angle หรือค่า h° เป็นค่าที่บ่งบอกถึงสีที่แท้จริงของเนื้อมะม่วง

3. การเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสของชิ้นเนื้อมะม่วง วัดความแน่นเนื้อของชิ้นเนื้อมะม่วง ด้วยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture analyzer TA.XTi/50) โดยใช้ probe ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร (6 mm-diameter probe) ความเร็ว 5 มิลลิเมตรต่อวินาที ค่าแรงกดที่วัดได้ มีหน่วยเป็นนิวตัน นำค่าที่วัดได้ของทั้ง 8 ชิ้นมาหาค่าเฉลี่ย

4. การสูญเสียน้ำหนัก นำเนื้อมะม่วงที่หั่นชิ้นบรรจุใน clamshell แล้วมาชั่งน้ำหนักก่อนและหลังการเก็บรักษา นำค่าที่ได้มาคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก ดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก} = \frac{\text{น้ำหนักก่อนการเก็บรักษา} - \text{น้ำหนักหลังการเก็บรักษา} \times 100}{\text{น้ำหนักก่อนการเก็บรักษา}}$$

5. การเปลี่ยนแปลงทางเคมี

5.1 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ นำเนื้อมะม่วงจากแต่ละชุดการทดลองของมาคั้น เอาเฉพาะน้ำ วัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ โดยใช้ digital refractometer (Atago, PR-101, Japan) โดยใช้ น้ำกลั่นปรับให้อ่านค่าได้ 0 ก่อนใช้ วัดตัวอย่างน้ำมะม่วงซ้ำ 3 ครั้ง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย

5.2 ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ นำตัวอย่างเนื้อมะม่วงที่ปั่นเป็นเนื้อเดียวกันของแต่ละชุดการทดลองมา 10 กรัม นำไปเติมน้ำกลั่นปริมาตร 50 มิลลิลิตร ผสมตัวอย่างกับน้ำกลั่นให้เข้ากัน นำสารละลายตัวอย่างไปไทเทรตกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มาตรฐานความเข้มข้น 0.10 นอร์มัล ด้วยเครื่อง automatic titrator (Schott รุ่น Titroline easy M-230V) จนถึงจุดยุติ ที่ค่าพีเอช 8.1 บันทึกปริมาตรของสารละลายต่างมาตรฐานที่ใช้ ทำการทดลองตัวอย่างละ 3 ซ้ำ แล้วหาค่าเฉลี่ย นำค่าที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ในรูปกรดซิตริกต่อ 100 กรัมของน้ำหนักสดโดยเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานดังนี้

สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.10 นอร์มัล ปริมาตร 1 มิลลิลิตรทำปฏิกิริยาสมมูลพอดีกับกรดซิตริก 0.007 กรัม

$$\% \text{ กรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้} = \frac{\text{ความเข้มข้น [NaOH (N)]} \times \text{ปริมาตร NaOH (ml)} \times 0.007 \times 100}{\text{น้ำหนักของเนื้อมะม่วง (g)}} \\ (\text{เทียบในรูปกรดซิตริก})$$

5.3 ค่าพีเอช นำตัวอย่างเนื้อมะม่วงที่ปั่นเป็นเนื้อเดียวกันมา 10 กรัม เติมน้ำกลั่นที่ผ่านการต้มเดือดแล้วลงไป 10 มิลลิลิตร เพื่อเจือจางก่อนนำมาวัดค่าพีเอชด้วยเครื่องพีเอชมิเตอร์ (Sartorius รุ่น PB-20) และก่อนใช้เครื่อง พีเอชมิเตอร์ทุกครั้งต้องตรวจสอบความถูกต้องของเครื่องวัดโดยใช้สารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐานที่มีค่าพีเอช 4.0, 7.0 และ 10.0 (Buffer solution "HANNA", Italy) ตามลำดับ ทำการทดลองตัวอย่างละ 3 ซ้ำ แล้วนำค่าที่วัดได้มาหาค่าเฉลี่ย

การทดลองที่ 3 การศึกษาระดับความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ ที่เหมาะสมในการช่วยปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของมะม่วง ลิ้นจี่ และลำไย

1. ชื่อวัตถุดิบ

1.1 ผลมะม่วงพันธุ์มหาชนก ซึ่งมาจากสวนท่าดอนริเวอร์วิวรีสอร์ท บ้านท่าดอน อ. แม่เอย จ. เชียงใหม่ เมื่อวันที่ 17 มิถุนายน 2550 เป็นผลมะม่วงที่เก็บเกี่ยวในระยะแก่ทางการค้า

1.2 ผลลิ้นจี่พันธุ์ฮวงฮวยซึ่งมาจากสวนแม่แดงลำานนารีสอร์ท อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ ที่เก็บเกี่ยวในระยะสุกทางการค้า เมื่อวันที่ 18 พฤษภาคม 2550 ส่วนผลลิ้นจี่พันธุ์จักรพรรดิซึ่งมาจากร้านค้าเกษตรกรบริเวณสวนบวกหาด อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ ที่เก็บเกี่ยวในระยะสุกทางการค้า เมื่อวันที่ 6 มิถุนายน 2550 และผลลิ้นจี่พันธุ์กิมเจงซึ่งมาจากร้านค้าเกษตรกรบริเวณสวนบวกหาด อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ ที่เก็บเกี่ยวในระยะสุกทางการค้า เมื่อวันที่ 6 มิถุนายน 2550

1.3 ผลลำไยพันธุ์ตอซึ่งมาจากร้านค้าในตลาดต้นพยอม อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ ที่เก็บเกี่ยวในระยะสุกทางการค้า เมื่อวันที่ 7 สิงหาคม 2550 ส่วนผลลำไยพันธุ์เบี้ยวเขียวและกระโหลก ซึ่งมาจากร้านค้าในตลาดต้นพยอม อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ ที่เก็บเกี่ยวในระยะสุกทางการค้า เมื่อวันที่ 25 สิงหาคม 2550

2. ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างผลไม้

2.1 การเตรียมเนื้อมะม่วง คัดเลือกผลมะม่วงที่มีขนาดสม่ำเสมอ นำมาปอกให้สุกเป็นเวลา 3 วัน ให้ได้ระยะการสุกเหมาะสม ปอกเปลือก และหั่นเนื้อมะม่วงแต่ละซีกออกเป็น 8 ชิ้น คือ 1 ซ้ำ ทำการทดลอง 3 ซ้ำ หลังจากนั้นนำเนื้อลำไยแต่ละชุดไปแช่ในสารละลาย firming agent ต่อไปดัง Fig. 3.4

2.2 การเตรียมเนื้อลิ้นจี่ คัดเลือกผลลิ้นจี่ที่มีขนาดและสีสม่ำเสมอไม่มีโรค และแมลงทำลาย นำมาตัดขั้วให้เหลือประมาณ 0.5 เซนติเมตร เก็บรักษาผลลิ้นจี่ไว้ในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 5 ± 1 องศาเซลเซียสก่อนนำมาทดลองเพื่อรักษาคุณภาพ การทดลองแต่ละชุดใช้ผลลิ้นจี่ 15 ผล โดยแบ่งเป็น 3 ซ้ำๆ ละ 5 ผล นำผลลิ้นจี่แต่ละชุดการทดลองมาล้างด้วยสารละลายกรดเปอร์ออกซิอะซีติก(PAA) ความเข้มข้น 100 ส่วนต่อล้านส่วน (ppm) เป็นเวลา 3 นาที เพื่อลดจำนวนจุลินทรีย์ที่เปลือก หลังจากนั้นนำผลลิ้นจี่มาผ่าครึ่งผล คว้านเมล็ดออกโดยใช้มีดคว้าน ดัง Fig. 3.5 แกะเปลือกและนำเนื้อลิ้นจี่มาล้างด้วยสารละลายกรดเปอร์ออกซิอะซีติก(PAA) ความเข้มข้น 50 ppm เป็นเวลา 3 นาที อีกครั้งหนึ่ง หลังจากนั้นนำเนื้อลิ้นจี่แต่ละชุดไปแช่ในสารละลาย firming agent ต่อไปดัง Fig. 3.6

2.3 การเตรียมเนื้อลำไย คัดเลือกผลลำไยที่มีขนาดสม่ำเสมอไม่มีโรคและแมลงทำลาย การทดลองแต่ละชุดใช้ผลลำไย 15 ผล โดยแบ่งเป็น 3 ซ้ำๆ ละ 5 ผล นำผลลำไยแต่ละชุดการทดลองมาล้างด้วยน้ำประปาเพื่อทำความสะอาดเปลือก ลำไย หลังจากนั้นนำผลลำไยมาผ่าครึ่งผล คว้านเมล็ดออกด้วยมีดคว้าน แกะเปลือกและนำเนื้อลำไยแต่ละชุดไปแช่ในสารละลาย firming agent ต่อไป ดัง Fig. 3-1.2.3.4

3. ขั้นตอนการนำตัวอย่างผลไม้ที่เตรียมจากข้อ 2. ไปแช่ในสารละลาย firming agent ที่ใช้เพื่อปรับปรุงคุณภาพของเนื้อผลไม้

3.1 มะม่วง นำเนื้อมะม่วงหั่นชิ้นแต่ละซ้ำ มาแช่ในสารละลาย firming agent เป็นเวลา 5 นาที และใช้เนื้อมะม่วงหั่นชิ้นที่ไม่แช่ในสารละลาย firming agent เป็นชุดควบคุม เทเนื้อมะม่วงหั่นชิ้นใส่ในตะกร้า และปล่อยให้สะเด็ดน้ำ หลังจากนั้นบรรจุเนื้อมะม่วงหั่นชิ้นลงในกล่องพลาสติก polystyrene clamshell (ขนาด

กว้าง x ยาว x สูง เท่ากับ 13.0 x 13.7 x 7.3 เซนติเมตร) กล่องละ 8 ชิ้น เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 ±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 วัน เพื่อประเมินความแน่นเนื้อต่อไปดัง Fig. 3.4

เนื้อมะม่วงพันธุ์มหาชนก

- ชุดควบคุม (ไม่แช่ในสารละลาย)
- สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (CaCl_2) ความเข้มข้น 1.0%
- สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (CaCl_2) ความเข้มข้น 1.5%
- สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (CaCl_2) ความเข้มข้น 2.0%

3.2 ลันจี นำเนื้อลันจีแช่ในสารละลาย firming agent เป็นเวลา 5 นาที และใช้เนื้อลันจีไม่แช่ในสารละลาย firming agent และเนื้อลันจีที่แช่ในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 1% เป็นชุดควบคุม ช้อนเนื้อลันจีออกมา ปล่อยให้สะเด็ดน้ำ ดัง Fig. 3.6 บรรจุในกล่องพลาสติก polystyrene clamshell กล่องละ 5 ผล ดัง Fig. 3.7 แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน เพื่อประเมินความแน่นเนื้อในวันที่ 1 และ 3 ของการเก็บรักษา

3.2.1 เนื้อลันจีพันธุ์ฮวงฮวย ใช้สารละลาย 8 ชนิด ได้แก่

- ชุดควบคุม (ไม่แช่ในสารละลาย)
- สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (CaCl_2) ความเข้มข้น 1.0% มีค่า pH 8.66
- สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (CaCl_2) ความเข้มข้น 1.5% มีค่า pH 9.04
- สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (CaCl_2) ความเข้มข้น 2.0% มีค่า pH 9.13
- สารละลายแคลเซียมแอสคอร์เบต (Ca-ascorbate) ความเข้มข้น 1.0% มีค่า pH 7.22
- สารละลายแคลเซียมแอสคอร์เบต (Ca-ascorbate) ความเข้มข้น 2.0% มีค่า pH 7.06
- สารละลายแคลเซียมแลกเตต (Ca-lactate) ความเข้มข้น 1.0% มีค่า pH 6.73
- สารละลายแคลเซียมแลกเตต (Ca-lactate) ความเข้มข้น 2.0% มีค่า pH 6.69

3.2.2 เนื้อลันจีพันธุ์จักรพรรดิใช้สารละลาย 10 ชนิด ได้แก่

- ชุดควบคุม (ไม่แช่ในสารละลาย)
- สารละลายกรดซิตริก ความเข้มข้น 1.0% มีค่า pH 1.80
- สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (CaCl_2) ความเข้มข้น 1.0% มีค่า pH 8.91
- สารละลายผสมแคลเซียมคลอไรด์ (CaCl_2) ความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ และกรดซิตริก ความเข้มข้น 1.0% มีค่า pH 1.40
- สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (CaCl_2) ความเข้มข้น 2.0% มีค่า pH 9.26
- สารละลายผสมแคลเซียมคลอไรด์ (CaCl_2) ความเข้มข้น 2.0% และกรดซิตริก ความเข้มข้น 1.0% มีค่า pH 1.27
- สารละลายแคลเซียมแอสคอร์เบต (Ca-ascorbate) ความเข้มข้น 1.0% มีค่า pH 6.86

- สารละลายแคลเซียมแอสคอร์เบต (Ca-ascorbate) ความเข้มข้น 2.0% มีค่า pH 6.91
- สารละลายแคลเซียมแลกเตต (Ca-lactate) ความเข้มข้น 1.0% มีค่า pH 6.69
- สารละลายแคลเซียมแลกเตต (Ca-lactate) ความเข้มข้น 2.0% มีค่า pH 6.66

3.2.3 เนื้อลีนจีพังก์ทิมเจง ใช้สารละลาย 6 ชนิด ได้แก่

- ชุดควบคุม (ไม่ใช้ในสารละลาย)
- สารละลายกรดซิตริก ความเข้มข้น 1.0% มีค่า pH 1.80
- สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (CaCl₂) ความเข้มข้น 1.0% มีค่า pH 8.91
- สารละลายผสมแคลเซียมคลอไรด์ (CaCl₂) ความเข้มข้น 1.0% และกรดซิตริก ความเข้มข้น 1.0% มีค่า pH 1.40
- สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (CaCl₂) ความเข้มข้น 2.0% มีค่า pH 9.28
- สารละลายผสมแคลเซียมคลอไรด์ (CaCl₂) ความเข้มข้น 2.0% และกรดซิตริกความเข้มข้น 1.0% มีค่า pH 1.27

3.3 ลำไย

นำเนื้อลำไยมาแช่ในสารละลาย firming agent เป็นเวลา 5 นาที และใช้เนื้อลำไยที่ไม่ใช้ในสารละลาย firming agent เป็นชุดควบคุม เทเนื้อลำไยใส่ในตะกร้า และปล่อยให้สะเด็ดน้ำ หลังจากนั้นบรรจุเนื้อลำไยลงในกล่องพลาสติก polystyrene clamshell กล่องละ 10 ชิ้น เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 วัน เพื่อวัดความแน่นเนื้อต่อไป

3.3.1 เนื้อลำไยพันธุ์ดอ กะโหลก และเบ๊ยาวเขียว

- ชุดควบคุม (ไม่ใช้ในสารละลาย)
- สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 1.0%
- สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 1.5%
- สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 2.0%
- วิธีการแช่เนื้อผลไม้ในสารละลาย firming agents

4. วัดลักษณะเนื้อสัมผัสโดยการวัดความแรงเจาะผ่านเนื้อผลไม้ วัดความแน่นเนื้อของเนื้อผลไม้ เพื่อชั่งป่งลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture Analyzer (รุ่น TA – XTi /50 ประเทศสหรัฐอเมริกา)

4.1 เนื้อมะม่วงหั่นชิ้น ทำการวัดโดยใช้ค่าแรงเจาะด้วย probe ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร (6 mm-diameter probe) ความเร็วผ่านเนื้อมะม่วง 5 มิลลิเมตรต่อวินาที

4.2 เนื้อลีนจี ได้ผ่าครึ่งผลของเนื้อลีนจีตามยาว แล้ววัดโดยใช้ค่าแรงเจาะทะลุด้วย probe ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร (6 mm-diameter probe) ความเร็วผ่านเนื้อลีนจี 5 มิลลิเมตรต่อวินาที

4.3 เนื้อลำไยวัดค่าแรงเจาะด้วย probe ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร (2 mm-diameter probe) ความเร็วผ่านเนื้อลำไย 3 มิลลิเมตรต่อวินาที

การกำหนดค่า

Mode	= Measure Force in Compression
Option	= Return to Start
Pre-Test Speed	= 10 (มะม่วงและลิ้นจี่) หรือ 5 (ลำไย)
Post-Test Speed	= 10 (มะม่วงและลิ้นจี่) หรือ 5 (ลำไย)
Distance	= 25 (ลิ้นจี่) หรือ 10 (มะม่วง) หรือ 4 (ลำไย) millimeter
Trigger type	= Auto – 5 g
Data Acquisition Rate	= 10 pps
Accessory	= p/6 (มะม่วงและลิ้นจี่) หรือ p/2 (ลำไย) (50 kg load cell)

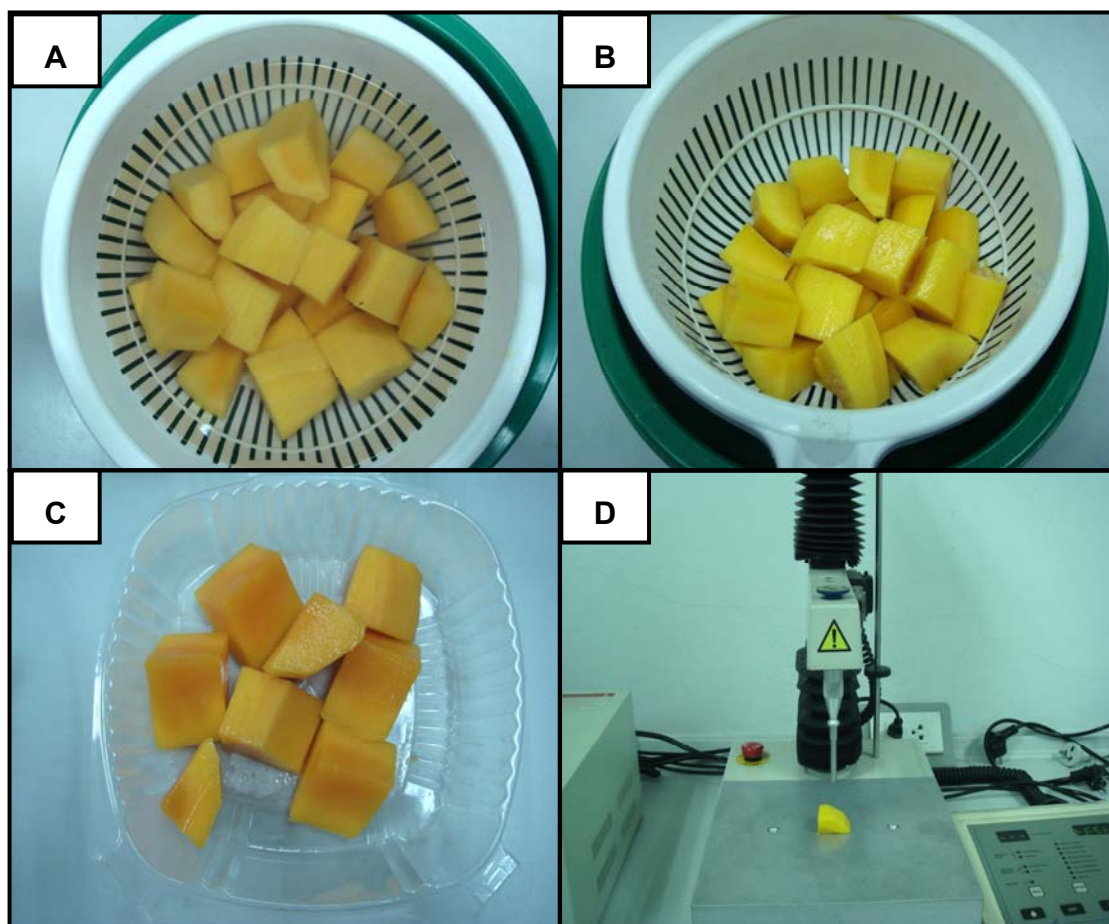


Figure 3.4: The immersion steps of diced ripen mango pulp in the calcium chloride solution (a, b), the packaging of mango pulp (c) and pulp density measurement using texture analyser (d).

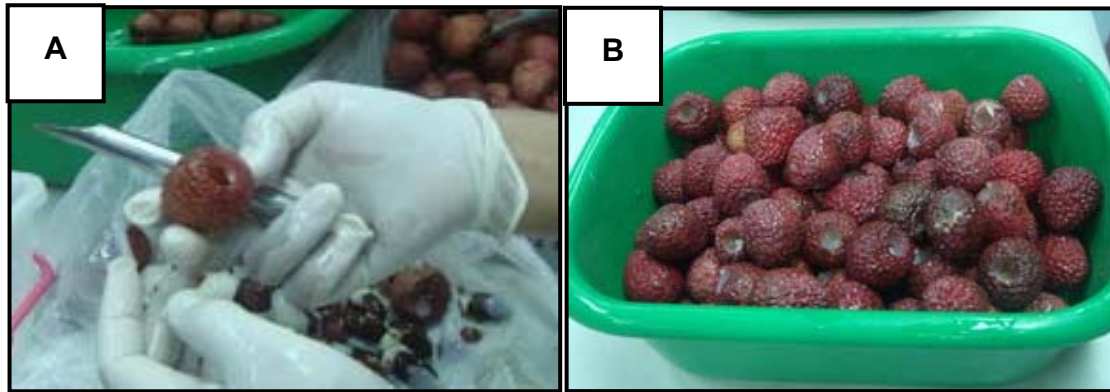


Figure 3.5: The removal of lychee seed with a specialized tools for seed carving (a) and carved lychee (b).

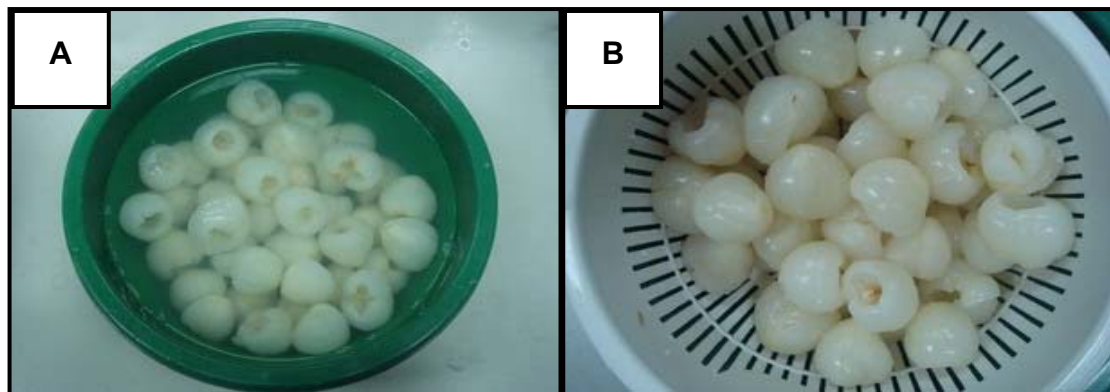


Figure 3.6: The immersion of fresh lychee pulp in a firming agent solution (a) and the characteristic of fresh lychee pulp in the firming agent after air drying (b).

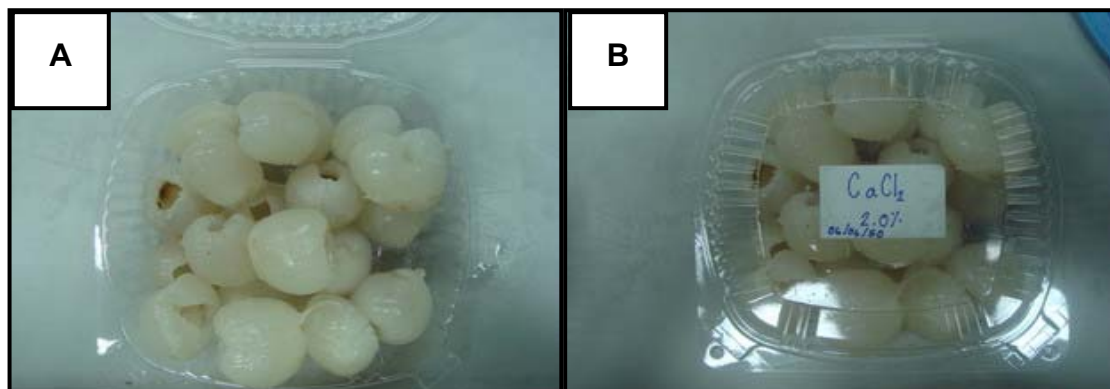


Figure 3.7: The packaging step of lychee pulp in the plastic box with lid (a) or clamshells before storage at $5 \pm 1^{\circ}\text{C}$ (b).

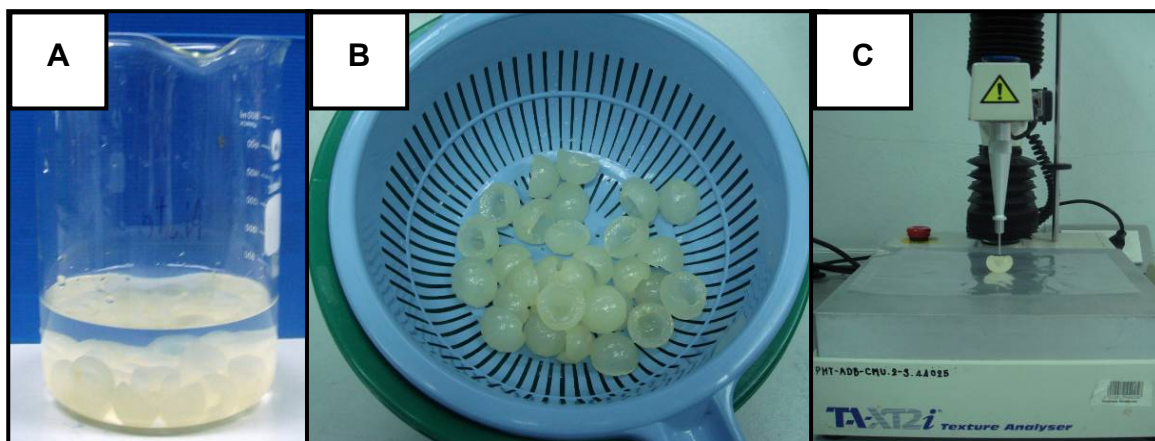


Figure 3.8: The immersion steps of longan pulp in the calcium chloride solution (a, b) and pulp density measurement using texture analyser (c).

การทดลองที่ 4 การศึกษาการรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ของมะม่วง ลิ้นจี่ และลำไย

1. ชั่งน้ำหนักผลมะม่วงสุกด้วยเครื่องชั่ง (Digital Balance, Mettler-Toledo รุ่น PB3002-S) อยู่ในช่วง 350-430 กรัม ปอกเปลือกด้วยมีดคม บริเวณสันของผลสักประมาณ 2-3 มิลลิเมตร วัดค่าความแน่นเนื้อเริ่มต้นก่อนการทดลองด้วยเครื่อง Fruits Hardness Tester (Now รุ่น FHR-5) จำนวน 3 จุด คือ ห่างจากขั้วผลประมาณ 1 นิ้ว กลางผลและห่างจากปลายผลประมาณ 1 นิ้ว หลังจากนั้นปอกเปลือกผลมะม่วงด้วยมีดที่คม หั่นเนื้อมะม่วงตามยาวครึ่งผลออกเป็น 2 ชิ้นต่อผล แช่ชิ้นเนื้อมะม่วงในสารละลายทั้ง 3 ชนิด (น้ำกลั่น ปราศจากไอออน สารละลายแมนนิทอลความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ และ 0.4 โมลาร์) ชนิดละ 3 ชั่วโมง ปริมาตรสารละลาย 300 มิลลิลิตร เป็นเวลา 1 ชั่วโมง วัดค่าการนำไฟฟ้าของสารอิเล็กโทรไลต์ ด้วยเครื่อง Conductivity meter (Sartorius รุ่น PP-20) หลังจากนั้นเทสารละลายคืนกลับและนำไปทิ้งในหม้อน้ำความดัน (Autoclave, Huxley รุ่น HL-341) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ เป็นเวลา 30 นาที ปลดปล่อยไอน้ำที่อุณหภูมิห้อง แล้ววัดค่าการนำไฟฟ้าของสารอิเล็กโทรไลต์ทั้งหมด คำนวณหาเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์

2. การเตรียมตัวอย่างผลไม้

- 2.1 ผลมะม่วงสุก เลือกผลมะม่วงสุกที่มีขนาดผลใกล้เคียงกัน โดยมีน้ำหนักของผลอยู่ในช่วง 350-430 กรัม ปอกเปลือกด้วยมีดคมบริเวณสันของผล ให้มีความลึกประมาณ 2-3 มิลลิเมตร วัดค่าความแน่นเนื้อเริ่มต้นก่อนการทดลองของมะม่วงสุก ด้วยเครื่อง Fruits Hardness Tester (model Now รุ่น FHR-5) ทั้งหมด 3 จุด คือ ห่างจากขั้วผลประมาณ 1 นิ้ว กลางผลและห่างจากปลายผลประมาณ 1 นิ้ว 0.5-1.0 กิโลกรัม จากนั้นปอกเปลือกด้วยมีดคม หั่นชิ้นเนื้อมะม่วงแต่ละด้านเป็นแบบต่างๆ จำนวน 6 รูปแบบ ดัง Fig. 3.9

- 2.2 ผลลิ้นจี่สด นำผลลิ้นจี่สดมาตัดขั้วผล สุ่มเลือกผลที่มีขนาดใกล้เคียงกัน คำนวณเอาเมล็ดออกด้วยมีดคว้านใช้ผลลิ้นจี่จำนวน 5 ผล ต่อ 1 ชั่วโมง ดัง Fig. 3.10

2.3 ผลลำไยสด นำผลลำไยสดมาตัดชิ้นผล สุ่มเลือกผลที่มีขนาดใกล้เคียงกัน ความเอามาเมล็ดออกด้วยตุ้ตตุ้ ใช้ผลลำไยจำนวน 5 ผล ต่อ 1 ซ้ำ ดัง Fig. 3.11

3. การเตรียมสารละลาย

3.1 น้ำกลั่นปราศจากไอออน นำน้ำกลั่นปริมาตร 4 ลิตร บรรจุในเครื่อง De-ionized (EASY pure RF รุ่น Series 1051) ปล่อยไว้ประมาณ 6 ชั่วโมง หลังจากนั้นเปิดน้ำออกจากเครื่องจะได้น้ำกลั่นปราศจากไอออนครั้งที่ 1 นำน้ำดังกล่าวบรรจุกลับไปในเครื่องอีกครั้ง ปล่อยไว้อีก 6 ชั่วโมง จากนั้นเปิดน้ำกลั่นออกจากเครื่องจะได้น้ำกลั่นที่ปราศจากไอออนครั้งที่ 2 (double de-ionized water)

3.2 สารละลายแมนนิทอลความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ เตรียมโดยชั่งแมนนิทอล (Mannitol, AR grade, Ajax, NSW, Australia) มาจำนวน 18.217 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้ครบ 1,000 มิลลิลิตร

3.3 สารละลายแมนนิทอลความเข้มข้น 0.4 โมลาร์ เตรียมโดยชั่งแมนนิทอล (Mannitol, AR grade, Ajax, NSW, Australia) มาจำนวน 72.868 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้ครบ 1,000 มิลลิลิตร

4. การศึกษาเพื่อเปรียบเทียบชนิดสารละลายที่เหมาะสมเพื่อใช้วัดการรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ เป็นวิธีการที่ใช้เพื่อประเมินว่าวิธีการผลิตผลไม้หั่นชิ้นทำให้เซลล์ของเนื้อเยื่อผลไม้เสียหายมากน้อยเท่าใด การใช้มีดที่คมจะช่วยลดความเสียหายที่เกิดจากรอยปอก ตัด หรือหั่นชิ้นได้ ทำโดยการนำตัวอย่างไปแช่ในสารละลายแมนนิทอลความเข้มข้น 0.4 โมลาร์ (Hong and Gross, 1998) หรือใช้น้ำกลั่นปราศจากไอออน (Lu, 2005) ในการศึกษาครั้งนี้จึงได้เปรียบเทียบวิธีการวัดทั้ง 2 วิธีว่าให้ผลแตกต่างกันอย่างไร เพราะหากสามารถใช้น้ำกลั่นปราศจากไอออนได้ จะทำให้ประหยัดค่าสารเคมี เนื่องจากแมนนิทอลมีราคาแพง และใช้ความเข้มข้นค่อนข้างสูง ดังนั้น จึงได้ทดลองวัดการรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ของเนื้อมะม่วงสุกโดยใช้สารละลายแมนนิทอล 2 ความเข้มข้น คือ 0.4 โมลาร์ และ 0.1 โมลาร์ เปรียบเทียบกับการใช้น้ำกลั่นปราศจากไอออน

วิธีการวัดการรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ นำชิ้นผลไม้แต่ละชนิดที่เตรียมไว้ แชลงในน้ำกลั่นปราศจากไอออน (double de-ionized distilled water, ddH₂O) (EASY pure RF รุ่น Series 1051) ปริมาตร 300 มิลลิลิตร และวางไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง วัดค่าการนำไฟฟ้าของสารอิเล็กโทรไลต์ที่รั่วไหลตามรอยบาดแผลออกมาในน้ำกลั่น ด้วยเครื่อง Conductivity meter (Sartorius รุ่น PP-20) หลังจากนั้นนำตัวอย่างในน้ำกลั่นทุกชุดทดลองไปนึ่งในหม้อนึ่งความดัน (Autoclave, Huxley รุ่น HL-341) ที่ความดัน 15 ปอนด์ อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที เพื่อทำลายผนังเซลล์ ปล่อยให้เย็นถึงอุณหภูมิห้อง นำสารละลายมาวัดค่าการนำไฟฟ้าของสารอิเล็กโทรไลต์ทั้งหมด นำค่าการนำไฟฟ้ามาคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ ดังสูตร (Hong and Gross, 1998)

$$\% \text{การรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์} = \frac{\text{ค่าการนำไฟฟ้าของสารอิเล็กโทรไลต์ที่รั่วไหลออกมา} \times 100}{\text{ค่าการนำไฟฟ้าของสารอิเล็กโทรไลต์ทั้งหมด}}$$

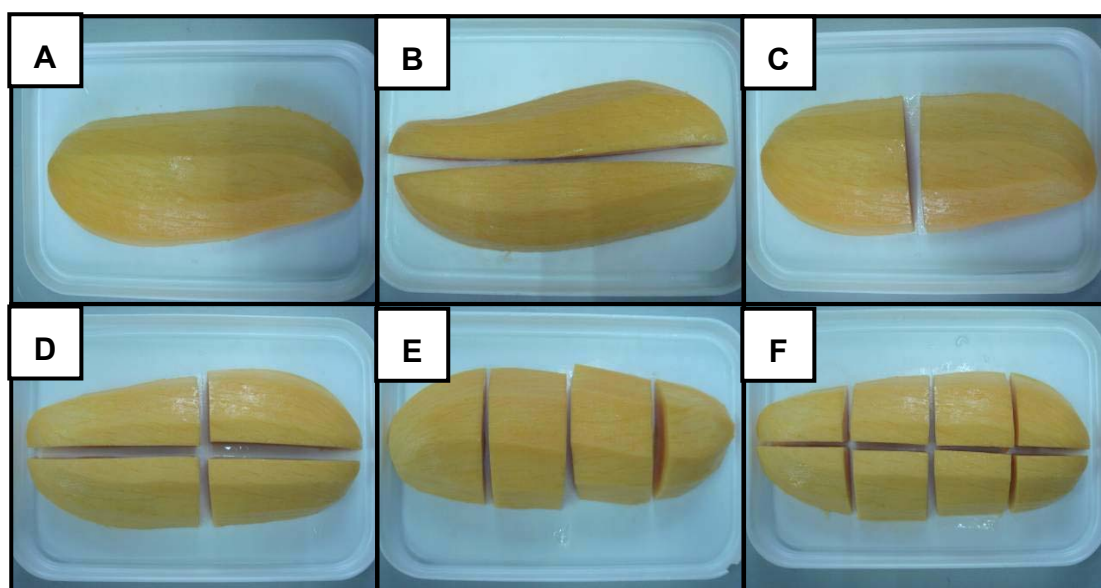


Figure 3.9: Cutting pattern of ripe mango for the electrolyte leakage study

- (a) Ripe mango
- (b) Two pieces longitudinal cut per half fruit
- (c) Two pieces traverse cut per half fruit
- (d) Four pieces longitudinal cut per half fruit
- (e) Four pieces traverse cut per half fruit
- (f) Eight pieces longitudinal and traverse cut per half fruit

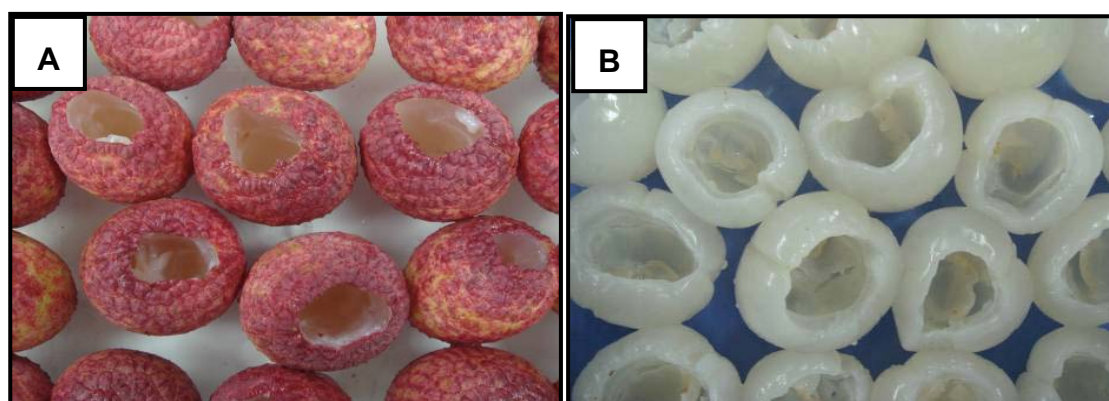


Figure 3.10: Lychee fruits with seeds removed (a), fresh lychee pulp (b) for electrolyte leakage study.

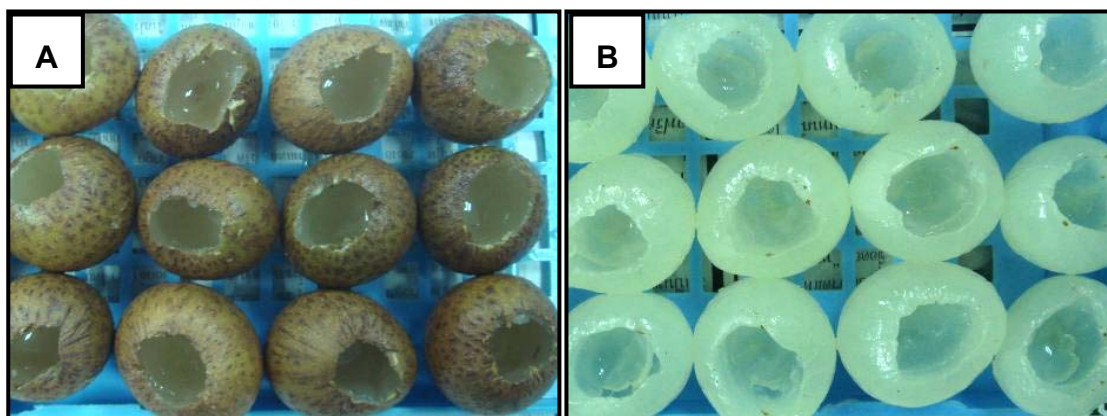


Figure 3.11: Longan fruits for electrolyte leakage study
 (a) Longan seeds removed
 (b) Longan fresh pulp



Figure 3.12: Six patterns of mango pulp soaking in double de-ionized water to investigate the electrolyte leakage.

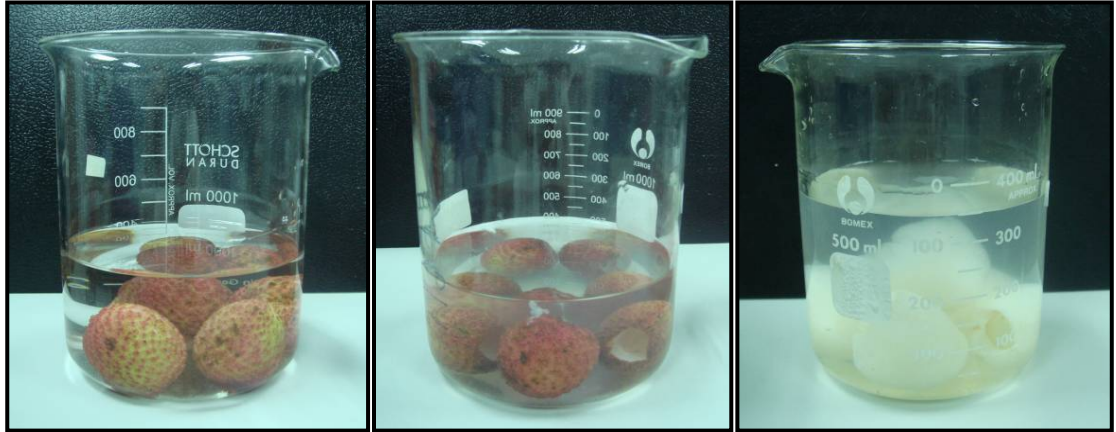


Figure 3.13: Soaking of the whole lychee fruits (a), only the seeds were removed (b), and both seeds and peels were removed (c) in double de-ionized water to investigate the electrolyte leakage.



Figure 3.14: Soaking of the whole longan fruits (a), only the seeds were removed (b), and both seeds and peels were removed (c) in double de-ionized water to investigate the electrolyte leakage

การทดลองที่ 5 การศึกษาอัตราการหายใจของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้น เนื้อลิ้นจี่ และเนื้อลำไย

1. การเตรียมตัวอย่างผลไม้

1.1 มะม่วง เลือกผลมะม่วงสุกที่มีขนาดผลใกล้เคียงกัน โดยมีน้ำหนักของผลอยู่ในช่วง 350-430 กรัม ปอกเปลือกด้วยมีดคมบริเวณสันของผล ให้มีความลึกประมาณ 2-3 มิลลิเมตร วัดค่าความแน่นเนื้อเริ่มต้นก่อนการทดลองของผลมะม่วงสุกทุกผล ด้วยเครื่อง Fruits Hardness Tester (model Now รุ่น FHR-5) ทั้งหมด 3 จุด คือ ห่างจากขั้วผลประมาณ 1 นิ้ว กลางผลและห่างจากปลายผลประมาณ 1 นิ้ว 0.5-1.0 กิโลกรัม คัดเลือกเอาเฉพาะผลที่มีความแน่นเนื้อใกล้เคียงกัน ซึ่งแสดงว่ามีระยะการสุกใกล้เคียงกันด้วย ปอกเปลือกผลมะม่วงด้วยมีดที่คม หั่นชิ้นเนื้อมะม่วงแต่ละด้านเป็นแบบต่างๆ จำนวน 6 รูปแบบ โดยใช้ผลมะม่วงครึ่งผลต่อการทดลอง 1 ซ้ำ และทำการทดลองชุดละ 3 ซ้ำ ดัง Fig. 3.15 ดังนี้

- รูปแบบที่ 1 หั่นตามยาวสองชิ้นต่อผล
- รูปแบบที่ 2 หั่นตามยาวสองชิ้นต่อครึ่งผล
- รูปแบบที่ 3 หั่นตามขวางสองชิ้นต่อครึ่งผล
- รูปแบบที่ 4 หั่นตามยาวและขวางสี่ชิ้นต่อครึ่งผล
- รูปแบบที่ 5 หั่นตามขวางสี่ชิ้นต่อครึ่งผล
- รูปแบบที่ 6 หั่นตามยาวและขวางแปดชิ้นต่อครึ่งผล

1.2 ผลลิ้นจี่สด คัดเลือกผลลิ้นจี่ที่มีขนาดสม่ำเสมอไม่มีโรคและแมลงทำลาย นำมาตัดขั้วให้เหลือขั้ว 0.5 เซนติเมตร ชั่งน้ำหนัก และบรรจุผลลิ้นจี่ 3 รูปแบบ ลงในขวดแก้วที่ปิดสนิท โดยใช้ผลลิ้นจี่ 5 ผล ต่อการทดลอง 1 ซ้ำ และทำการทดลองชุดละ 3 ซ้ำ ดัง Fig. 3.16 ดังนี้

- แบบที่ 1 ผลลิ้นจี่สด
- แบบที่ 2 ผลลิ้นจี่คว้านเมล็ด
- แบบที่ 3 เนื้อลิ้นจี่สด

1.3 ผลลำไยสด คัดเลือกผลลำไยที่มีขนาดสม่ำเสมอไม่มีโรคและแมลงทำลาย นำมาตัดขั้วให้เหลือขั้ว 0.5 เซนติเมตร ชั่งน้ำหนัก และบรรจุผลลำไย 3 รูปแบบ ลงในขวดแก้วที่ปิดสนิท โดยใช้ผลลำไย 5 ผล ต่อการทดลอง 1 ซ้ำ และทำการทดลองชุดละ 3 ซ้ำ ดัง Fig. 3.17 ดังนี้

- แบบที่ 1 ผลลำไยสด
- แบบที่ 2 ผลลำไยคว้านเมล็ด
- แบบที่ 3 เนื้อลำไยสด

2. นำตัวอย่างผลไม้แต่ละชนิดใส่ในขวดแก้วขนาด 1 ลิตร สำหรับใช้วัดอัตราการหายใจ ชั่งน้ำหนักตัวอย่างเนื้อผลไม้ในแต่ละขวด วางไว้ในที่อุณหภูมิห้อง (30 ± 2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 1 ชั่วโมง พอดี ใช้เข็มฉีดยาขนาด 1 มิลลิลิตร ที่ผ่านการจืดไล่แก๊สออกซิเจนออกด้วยแก๊สฮีเลียม แหะเปลายเข็มเข้าไปที่จุกยางบริเวณกึ่งกลางฝาขวดแก้ว แล้วดูดเอาแก๊สออกมาจากขวดแก้ว 1 มิลลิลิตร จัดเข้าเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี (Model CR-8A, SHIMADSU Corporation, Tokyo, Japan) โดยใช้คอลัมน์ CTR-1 column ($2 \text{ m} \times 6 \text{ mm o.d.}$) (Alltech, Deerfield, IL.) เพื่อวัดปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นระหว่างการหายใจของเนื้อผลไม้ นำพื้นที่ใต้กราฟที่ได้มาคำนวณปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ โดยเปรียบเทียบกับแก๊สมาตรฐาน

คำนวณหาอัตราการหายใจของชิ้นผลไม้โดยใช้สมการดังนี้

$$\text{Respiration rate (mgCO}_2\text{ / kg / hr)} = \frac{\text{difference in CO}_2 \times \text{free volume (ml)} \times 321.75}{\text{time sealed (min)} \times \text{weight (kg)} \times (273 + \text{stored temperature } ^\circ\text{C})}$$

โดยกำหนดให้	Difference in CO ₂ (%)	= CO ₂ ชดทลดลง – 0.03
	Free volume (ml)	= ปริมาตรของขวดแก้ว – ปริมาตรของผลไม้
	Time sealed (min)	= เวลาที่เก็บผลไม้ไว้ในขวดแก้ว
	Weight (kg)	= น้ำหนักของผลไม้



Figure 3.15: Various cutting styles of ripe mango in the glass bottle for respiration rate determination.



Figure 3.16: Whole lychee fruit (a), lychee fruit with seed removed only (b) and lychee fruit with both seed and peel removed (c) in the glass bottle for respiration rate determination.



Figure 3.17: Whole longan fruit (a), longan fruit with seed removed only (b) and longan fruit with both seed and peel removed (c) in the glass bottle for respiration rate determination.

การทดลองที่ 6 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีของเนื้อลิ้นจี่ที่เก็บรักษาใน Polystyrene clamshells

1. เนื้อลิ้นจี่ พันธุ์จักรพรรดิ และกิมเจง ซึ่งมาจากสวนท่าดอนริเวอร์วิวรีสอร์ท อ.แม่เมาะ จ.เชียงใหม่ ที่เก็บเกี่ยวในระยะสุกทางการค้า เมื่อวันที่ 17 มิถุนายน 2550 และเก็บรักษาไว้ในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 5 ± 1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ $92 \pm 2\%$ จนกว่าจะนำมาใช้ทดลอง

2. การทดสอบทางกายภาพ

2.1 ศึกษาการใช้สารฆ่าเชื้อร่วมกับสาร firming agent และสารเคลือบผิวที่บริโภคได้กับเนื้อ ลิ้นจี่พันธุ์กิมเจง คัดเลือกผลลิ้นจี่ที่มีขนาดและสีที่สม่ำเสมอไม่มีโรคและแมลงทำลาย โดยใช้ผลลิ้นจี่ 15 ผล ต่อ 1 ชุดการทดลอง โดยแต่ละชุดการทดลองทำทั้งหมด 3 ซ้ำ ซ้ำละ 5 ผล นำผลลิ้นจี่แต่ละชุดไปจุ่มในสารฆ่าเชื้อ คือ สารละลายเปอร์ออกไซด์ทางการค้า (Thai Peroxide Co., Ltd.) ความเข้มข้น 100 ส่วนต่อล้านส่วน pH 3.71 เป็นเวลา 3 นาที นำมาผึ่งให้ผิวผลลิ้นจี่สะเด็ดน้ำ แล้วจึงคว้านเมล็ดออกด้วยอุปกรณ์สำหรับคว้านเมล็ด จากนั้นแกะเปลือกลิ้นจี่ออก และนำเนื้อลิ้นจี่มาแช่ในสารละลายกรดเปอร์ออกไซด์แอซิติกความเข้มข้น 50 ส่วนต่อล้านส่วนสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (CaCl_2) ความเข้มข้น 1% และสารละลายไคโตซาน (chitosan) ความเข้มข้น 0.5% โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 ชุดการทดลอง ดังนี้

ชุดการควบคุม	ชุดการทดลองที่ 2	ชุดการทดลองที่ 3	ชุดการทดลองที่ 4
เนื้อลิ้นจี่ 90 ชิ้น	เนื้อลิ้นจี่ 90 ชิ้น	เนื้อลิ้นจี่ 90 ชิ้น	เนื้อลิ้นจี่ 90 ชิ้น
-	CaCl_2 1% 5 นาที	CaCl_2 1% 5 นาที	CaCl_2 1% 5 นาที
PAA 50 ppm 3 นาที	PAA 50 ppm 3 นาที	PAA 75 ppm 3 นาที	PAA 50 ppm 3 นาที
-	-	-	ไคโตซาน 0.5% 3 นาที
บรรจุใน clamshell	บรรจุใน clamshell	บรรจุใน clamshell	บรรจุใน clamshell

จากนั้นพักให้เนื้อลิ้นจี่สะเด็ดน้ำ และบรรจุใน polystyrene clamshells โดยจะบรรจุเนื้อลิ้นจี่ชุดการทดลองละ 6 กล่องๆ ละ 15 ชิ้น ซึ่งแบ่งเป็น 3 ซ้ำๆ ละ 5 ชิ้น นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 วัน สุ่มตัวอย่างออกมาวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทางเคมีทุกๆ 2 วัน

2.2 ศึกษาการใช้สารฆ่าเชื้อร่วมกับสาร firming agent และสารเคลือบผิวที่บริโภคได้ ในเนื้อลิ้นจี่พันธุ์จักรพรรดิ คัดเลือกผลลิ้นจี่ที่มีขนาดและสีที่สม่ำเสมอไม่มีโรคและแมลงทำลาย ซึ่งมีน้ำหนักผลอยู่ในช่วง 23 – 25 กรัม โดยใช้ผลลิ้นจี่ 15 ผล ต่อ 1 ชุดการทดลอง โดยแต่ละชุดการทดลองทำทั้งหมด 3 ซ้ำๆ ละ 5 ผล นำผลลิ้นจี่แต่ละชุดไปจุ่มในสารฆ่าเชื้อ คือ สารละลายกรดเปอร์ออกไซด์แอซิติกทาง

การค้า (Thai Peroxide Co., Ltd.) ความเข้มข้น 100 ส่วนต่อล้านส่วน pH 3.71 เป็นเวลา 3 นาที นำมาผึ่งให้ผิวผลล้นจี๊สะเด็ดน้ำ แล้วจึงควั่นเมล็ดออกด้วยอุปกรณ์สำหรับควั่นเมล็ด จากนั้นแกะเปลือกกลั่นจี๊ออก และนำส่วนเนื้อล้นจี๊แช่ในสารละลายกรดเปอร์ออกซีแอซติกความเข้มข้น 50 ส่วนต่อล้านส่วน จากนั้นจึงนำไปแช่ในสาร firming agent 3 ชนิด และสารเคลือบผิวไคโทซาน ดังนี้ คือ

- สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (CaCl₂) ความเข้มข้น 2% pH 7.78
- สารละลายแคลเซียมแอสคอร์เบต (Ca-ascorbate) ความเข้มข้น 2% pH 7.01
- สารละลายแคลเซียมแลกเตต (Ca-lactate) ความเข้มข้น 2% pH 6.94
- สารละลายไคโทซาน (ในกรดซิตริก 1%) ความเข้มข้น 0.5 % pH 2.16 โดยแช่สาร firming agent เป็นเวลา 1 นาที และแช่สารละลายไคโทซานเป็นเวลา 3 นาที ตามลำดับ และให้เนื้อล้นจี๊ที่มีแช่สาร firming agent เป็นชุดควบคุม จากนั้นพักให้เนื้อล้นจี๊สะเด็ดน้ำ และบรรจุใน polystyrene clamshell โดยจะบรรจุเนื้อล้นจี๊ชุดการทดลองละ 6 กล่อง กล่องละ 15 ชิ้น ซึ่งแบ่งเป็น 3 ซ้ำๆ ละ 5 ชิ้น นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 วัน และสุ่มตัวอย่างออกมาวิเคราะห์ทางกายภาพและทางเคมีทุกๆ 2 วัน

4. การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

4.1 การวัดสี วัดสีของเนื้อล้นจี๊ โดยใช้เครื่องวัดสี ColorQuestXE (Hunter Laboratory Inc., USA) ก่อนใช้เครื่องทุกครั้งได้ปรับมาตรฐานของเครื่องวัดสีด้วยแผ่นเทียบสีมาตรฐานสีขาว วัดสีขึ้นละ 2 จุด การทดลองละ 15 ผล แล้วหาค่าเฉลี่ย รายงานค่าสีที่วัดได้เป็นค่า L, a*, b*, C* และ H° เมื่อ L = the lightness factor (value) a* และ b* = the chromaticity coordinates C* = Chroma และ H° = hue angle ค่า H° แสดงช่วงสีของวัตถุมีค่าอยู่ระหว่าง 0-360 องศา ซึ่งค่า H° นี้บอกถึงสีที่แท้จริงที่ปรากฏ โดยแถบสีในแกนหลักได้แก่ 0° และ 36° สีแดง 90° สีเหลือง และ 270° สีน้ำเงิน

4.2 การวัดลักษณะเนื้อสัมผัส วัดลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อล้นจี๊ โดยใช้เครื่อง Texture Analyzer (รุ่น TA – XTi / 50 ประเทศอังกฤษ) ผ่าครึ่งผลล้นจี๊ตามยาวในการวัด โดยใช้ค่าแรงกดที่แทงทะลุ และกำหนดค่าต่างๆ ในการวัดดังนี้

Mode	= Measure Force in Tension
Option	= Return to Start
Pre-Test Speed	= 10
Post-Test Speed	= 10
Distance	= 25
Trigger type	= Auto – 5 g
Data Acquisition Rate	= 10 pps
Accessory	= p/6 (50 kg load cell)

5. การวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมี

5.1 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble Solids) โดยใช้เครื่อง Digital Refractometer (Digital Refractometer, ATAGO รุ่น PR-101 ประเทศญี่ปุ่น) นำตัวอย่างเนื้อลิ้นจี่จากแต่ละชุดการทดลองซ้ำละ 5 ผล มาปั่นให้เป็นเนื้อเดียวกัน กรองด้วยผ้าขาวบาง แล้วนำมาวัดหาปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ซึ่งอ่านค่าได้ในช่วง 0-45 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ น้ำกลั่นปรับค่าให้ได้ 0 ก่อนใช้วัดตัวอย่าง ทำซ้ำ 3 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ย ค่าที่อ่านได้มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

5.2 ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ (Total titrable acidity) วิเคราะห์หาปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของตัวอย่างเนื้อลิ้นจี่ โดยวิธีการไทเทรตสารละลายตัวอย่างด้วยสารละลายต่างมาตรฐาน นำตัวอย่างเนื้อลิ้นจี่จากแต่ละชุดการทดลอง ซ้ำละ 5 ผล มาปั่นให้เป็นเนื้อเดียวกัน ชั่งตัวอย่างเนื้อลิ้นจี่ที่ปั่นได้มา 1 กรัม ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นต้มสุก เพื่อไล่เอาแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออกไป จำนวน 100 มิลลิลิตร แล้วทำการไทเทรตกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มาตรฐานความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล โดยใช้เครื่อง Automatic Titrator (Automatic Titrator ยี่ห้อ Schott รุ่น Tritroline easy M2-230V) จนสารละลายมีค่าพีเอชเท่ากับ 8.1 ซึ่งมีการปรับค่ามาตรฐานของเครื่อง Automatic Titrator ด้วยสารละลายบัฟเฟอร์ pH 7 และ 10 ก่อนใช้งาน นำปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้คำนวณหาปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ในรูปของกรดมาลิก มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ โดยใช้สูตร

$$\text{Titratable acidity (\%)} = \frac{\text{normality of NaOH} \times \text{meq. wt. of acid} \times \text{vol. NaOH} \times 100}{\text{Weight of sample use}}$$

กำหนดให้ Meq. wt. of malic acid (milliequivalent weight of cotric acid) = 0.067

5.3 ความเป็นกรด-ด่าง (pH) นำตัวอย่างเนื้อลิ้นจี่จากแต่ละชุดการทดลอง ซ้ำละ 5 ผล มาปั่นให้เป็นเนื้อเดียวกัน ชั่งตัวอย่างเนื้อลิ้นจี่มา 1 กรัม ปรับปริมาตรด้วยน้ำต้มสุก 10 มิลลิลิตร แล้วนำมาวัดด้วยเครื่องวัดพีเอช (pH meter, CONSORT ประเทศเบลเยียม) ซึ่งมีการปรับค่ามาตรฐานของเครื่อง pH meter ก่อนใช้งานด้วยสารละลายบัฟเฟอร์ pH 4 , 7 และ 10.01 ตามลำดับ

5.4 ปริมาณวิตามินซี ในเนื้อลิ้นจี่วิเคราะห์ได้โดยวิธีการไทเทรตด้วยสารละลายอินโดฟีนอล นำของเหลวที่กรองด้วยผ้าขาวบางจากตัวอย่างเนื้อลิ้นจี่ที่ปั่นได้มา 10 มิลลิลิตร แล้วเติมกรดออกซาลิกความเข้มข้น 0.4% ให้ได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร จากนั้นนำสารละลายมา 10 มิลลิลิตร นำไปไทเทรตกับ 2,6-ไดคลอโรฟีโนลอินโดฟีนอล ความเข้มข้น 0.04% จนถึงจุดยุติ ซึ่งจะทำให้สารละลายมีสีชมพูคงตัวอยู่ประมาณ 15 วินาที คำนวณหาปริมาณวิตามินซี โดยใช้สารละลายวิตามินซีมาตรฐานมาไทเทรตกับ 2,6-ไดคลอโรฟีโนลอินโดฟีนอล

6. การวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ ตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อลิ้นจี่โดยสุ่มตัวอย่างเนื้อลิ้นจี่ออกมาวิเคราะห์ในวันที่ 1, 6 และ 10 ของวันที่เก็บรักษา โดยใช้วิธี Total Plate Count (TPC) เติมสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ความเข้มข้น 0.1% pH 7.2 ปริมาตร 90 มิลลิลิตร ลงในถุงซิปล็อกที่บรรจุเนื้อลิ้นจี่น้ำหนัก 10 กรัม ของแต่ละชุดการทดลอง ตีปั่นเนื้อลิ้นจี่ด้วยเครื่องตีปั่น (STOMACHER) เป็นเวลา

30 วินาที จะได้ตัวอย่างอาหารที่มีความเจือจาง 1:10 (10⁻¹) เปิดถุงออกในสภาวะปลอดเชื้อใช้ปิเปตดูดตัวอย่างอาหารที่เจือจาง 1:10 (10⁻¹) ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองที่มีสารละลายบัฟเฟอร์ฟอสเฟต 9 มิลลิลิตร ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว เขย่าสารละลายให้เข้ากันด้วยเครื่องเขย่า จะได้ตัวอย่างอาหารที่เจือจาง 1:100 (10⁻²) และทำให้มีความเจือจางต่อไปด้วยวิธีเดียวกันจนถึงความเจือจาง 1:10,000 (10⁻⁴) จากนั้นดูดสารละลายมาปริมาตร 0.1 มิลลิลิตรนำมาสเปรดเพลท (spread-plate method) บนอาหารเลี้ยงเชื้อ Plate Count Agar และนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35°C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ตรวจนับจำนวนโคโลนีในหน่วย cfu /g ทำการทดลองชุดละ 3 ซ้ำ โดยแต่ละระดับความเจือจางทำ อีก 3 ซ้ำ (งาน)

บทที่ 3 วิธีการศึกษาทดลอง

ระยะการสุกที่เหมาะสมต่อการผลิตเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพร้อมบริโภค

วัตถุประสงค์

มะม่วง (*Mangifera indica* L.) จากพื้นที่ปลูกในจังหวัดเชียงใหม่ บ่มด้วยแก๊สแคลเซียมคาร์ไบด์ 100 กรัมต่อมะม่วง 15 กิโลกรัม เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 วัน จากนั้นเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 15 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 วัน ก่อนทำการทดลองทั้งหมด 3 สายพันธุ์ได้แก่

- 1) มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ (cv. Nam dok mai)
- 2) มะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ (cv. Chok Anan)
- 3) มะม่วงพันธุ์มหาชนก (cv. Mahachanok)

ลิ้นจี่ (*Lychee chinensis* Sonn.) จากพื้นที่ปลูกในจังหวัดเชียงใหม่ ขนส่งจากแหล่งปลูก เก็บรักษาไว้ในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส ทั้งหมด 3 สายพันธุ์ได้แก่

- 1) ลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย (cv. Hong Hauy)
- 2) ลิ้นจี่พันธุ์กิมเจง (cv. Kim Jang)
- 3) ลิ้นจี่พันธุ์จักรพรรดิ (cv. Chak-Ka Phad)

ลำไย (*Dimocarpus longan* Lour.) จากพื้นที่ปลูกในจังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดลำพูน ขนส่งมาเก็บรักษาไว้ในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส ทั้งหมด 3 สายพันธุ์ได้แก่

- 1) ลำไยพันธุ์ดอ (cv. Daw)
- 2) ลำไยพันธุ์เบี้ยวเขียว (cv. Biew Kiew)
- 3) ลำไยพันธุ์กะโหลก (cv. Kalok)
- 4) ลำไยพันธุ์สีชมพู (cv. Sri Chomphu)

อุปกรณ์

- เครื่องชั่งแบบดิจิตอล ทศนิยม 2 ตำแหน่ง (Mettler-Toledo รุ่น PB3002-S)
- เครื่องชั่งแบบดิจิตอล ทศนิยม 2 ตำแหน่ง รุ่น PB1502-S, Greifensee, Switzerland)
- เครื่องชั่งแบบดิจิตอล ทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Sartorius รุ่น EA35EDE-I, Goettingen, Germany)
- เครื่องชั่งแบบดิจิตอล ทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Mettler-Toledo รุ่น AB204-S, Greifensee, Switzerland)
- เครื่องวัดสี (HunterLab, รุ่น ColorQuestXE, Virginia, USA)
- เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Stable Micro Systems รุ่น TA – XTi /50, Surrey, UK)

- เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ แบบดิจิตอล (Atago รุ่น PR-101, Tokyo, Japan)
- เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter) (CONSORT รุ่น C831T Turnhout, Belgium)
- เครื่องทำน้ำปราศจากไอออน (EASY pure RF รุ่น Series 1051, Iowa, USA)
- เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า (Sartorius รุ่น PP-20, Goettingen, Germany)
- แก๊สโครมาโทกราฟฟีสำหรับวัดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ (SHIMADSU รุ่น GC-8A, Tokyo, Japan)
- แก๊สโครมาโทกราฟฟีสำหรับวัดปริมาณเอทิลีน (Thermo Finnigan รุ่น Trace GC, Milan, Italia)
- หม้อน้ำความดันไอ ขนาด 7.2 ลิตร (Huxley รุ่น HL-341, Taipei, Taiwan)
- ตู้อบไฟฟ้า (Binder รุ่น BD/ED/FD with R3- Controller, Neckarsulm, Germany)
- ตู้อบลมร้อน (MEMMERT รุ่น UFB 500 และรุ่น UM 500, Frankfurt, Germany)
- Stomacher (IUL Masticator รุ่น IUL Masticator 400, Barcelona, Spain)
- Digital burette (Brand, Werthiem, Germany)
- UV visible spectrophotometer (Analytik Jena รุ่น SPECORD 40, Bath, UK)
- เครื่องบดสับอาหาร (Moulinex รุ่น AT71R1F, Paris, France)
- เครื่องคั้นน้ำผลไม้
- ผ้าขาวบาง
- มีดปอกผลไม้และเขียงพลาสติก
- Magnetic stirrer (Aris, ME-20, Bangkok, Thailand)
- Magnetic bar
- Spreader
- Transfer pipette
- Pipette pump
- ตะเกียงแอลกอฮอล์
- จานเพาะเชื้อ
- เครื่องแก้วชนิดต่างๆ
- Polystyrene clampshell ขนาด กว้าง×ยาว×สูง เท่ากับ 13.0×13.7×7.3 เซนติเมตร
- ถังพลาสติกทนความร้อน
- กระดาษกรอง (Whatman, Kent, UK)
- แผ่นอลูมิเนียมฟอยล์
- สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ 5.25 เปอร์เซ็นต์ (sodium hypochlorite, NaOCl; Clorox, Selangor, Malaysia)
- สารละลายกรดเพอร์ออกซีแอซิดิก 5 เปอร์เซ็นต์ (PAA) (Birlox, Saraburi, Thailand)

สารเคมี

- สารละลายไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ 6 เปอร์เซ็นต์ (hydrogen peroxide, H₂O₂; ไฮโดรเจน สหการ, บริษัท สหการโอสด, กรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย)
- กรดซิตริก (citric acid; OV chemical & supply, Chiang Mai, Thailand)
- โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) (AR grade, Ajax Chemicals, Australia)
- กรดออกซาลิก (oxalic acid) (AR grade, Fisher Chemicals, Leicestershire, UK)
- 2,6-dichlorophenolindophenol (Merck, Darmstadt, Germany)
- วิตามินซีมาตรฐาน (L(+)-ascorbic acid sodium salt [Sodium ascorbate]) (Fluka, Laemmli, UK)
- สารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐานพีเอช 4.0, 7.0 และ 10.0 (HANNA, Padova, Italy)
- โซเดียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (NaH₂PO₄·2H₂O) (AR grade, Scharlau, Barcelona, Spain)
- ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (Na₂HPO₄·2H₂O) (AR grade, Scharlau, Barcelona, Spain)
- อาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับจุลินทรีย์ทั้งหมด (Difco™ Plate Count Agar, Difco, Benton, Dickinson and company, Maryland, U.S.A.)
- อาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับยีสต์และรา (Difco™ Potato Dextrose Agar, Difco, Benton, Dickinson and company, Maryland, U.S.A.)
- Ethyl alcohol ความเข้มข้น 95% (OV chemical & supply, Chiang Mai, Thailand)
- โพแทสเซียมไดโครเมต (K₂Cr₂O₇) (AR grade, QReCTM, Hamburg, Germany)
- กรดซัลฟิวริก (H₂SO₄) (AR grade, LAB-SCAN, Bangkok, Thailand)
- แคลเซียมคลอไรด์
- แคลเซียมคาร์ไบไบ (แก๊สบ่มผลไม้)

การทดลองที่ 1 การศึกษาระยะการสุกที่เหมาะสมต่อการผลิตเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพร้อมบริโภค

1. คัดเลือกผลมะม่วงดิบพันธุ์โชคอนันต์ และมหาชนก ที่มีขนาดสม่ำเสมอ ไม่มีโรค และแมลงทำลาย บ่มด้วยแก๊สแคลเซียมคาร์ไบไบ 100 กรัมต่อผลมะม่วง 15 กิโลกรัม ที่อุณหภูมิ 30 ± 2 องศาเซลเซียส แบ่งผลมะม่วงเป็น 3 ระยะการสุก ดังนี้

1.1 มะม่วงพันธุ์โชคอนันต์

- ระยะการสุกที่ 1 บ่มเป็นเวลา 3 วัน
- ระยะการสุกที่ 2 บ่มเป็นเวลา 6 วัน
- ระยะการสุกที่ 3 บ่มเป็นเวลา 8 วัน

1.2 มะม่วงพันธุ์มหาชนก

- ระยะการสุกที่ 1 บ่มเป็นเวลา 3 วัน
- ระยะการสุกที่ 2 บ่มเป็นเวลา 4 วัน

- ระยะการสุกที่ 3 บ่มเป็นเวลา 5 วัน

2. สุ่มผลมะม่วงที่บ่มสุกในแต่ละระยะออกมาครั้งละ 12 ผล จุ่มผลมะม่วงสุกในสารละลายกรดเพอร์ออกซีแอซิดิก ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 3 นาที จากนั้นปอกเปลือก และหั่นเนื้อมะม่วงสุกเป็นชิ้นขนาดประมาณ 2×2 เซนติเมตร (ด้านละ 8 ชิ้น) จุ่มชิ้นเนื้อมะม่วงสุกในสารละลายกรดเพอร์ออกซีแอซิดิก ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 1 นาที ปล่อยให้สะเด็ดน้ำ บรรจุชิ้นเนื้อมะม่วงสุกลงใน polystyrene clamshell จำนวน 8 ชิ้นต่อ clamshell เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ และเคมีในวันเริ่มต้น และภายหลังการเก็บรักษาทุกๆ 2 วัน โดยทำการวิเคราะห์ ดังนี้

2.1 การเปลี่ยนแปลงสีของชิ้นเนื้อมะม่วง วัดสีเนื้อด้านที่ติดกับเปลือก โดยใช้เครื่องวัดสีระบบ CIE รายงานค่าสีที่วัดได้ในรูปของ L*, a* และ b*

- ค่า L* เป็นค่าที่แสดงสีดำและสีขาวของวัตถุ มีค่าตั้งแต่ 0-100 ถ้าค่า L* ที่มีค่าเท่ากับ 0 หมายถึง วัตถุมีสีดำ หากค่า L* มีค่าเท่ากับ 100 หมายถึง วัตถุมีสีขาว

- ค่า a* เป็นค่าที่แสดงสีแดงและสีเขียว ถ้าค่า a* มีค่าเป็นบวก หมายถึง วัตถุมีสีแดง หากค่า a* มีค่าเป็นลบ หมายถึง วัตถุมีสีเขียว

- ค่า b* เป็นค่าที่แสดงสีเหลืองและสีน้ำเงิน ถ้าค่า b* มีค่าเป็นบวก หมายถึง วัตถุมีสีเหลือง หากค่า b* มีค่าเป็นลบ หมายถึง วัตถุมีสีน้ำเงิน

เมื่อทั้ง a* และ b* มีค่าเท่ากับ 0 แสดงว่าวัตถุมีสีเทา นำค่า a* และ b* มาคำนวณหาค่า Chroma (C*) และ Hue angle (H°) ได้จากสมการ

$$\text{Chroma (C*)} = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$$

$$\text{Hue angle (H°)} = \arctangent (b^*/a^*)$$

ค่า chroma หรือค่า C* เป็นค่าที่บ่งบอกถึงความเข้มของสีที่ปรากฏ ค่า C* ที่สูงเข้าใกล้ 60 แสดงว่าความเข้มของสีนั้นจะยิ่งมากขึ้น

ค่า hue angle หรือค่า H° เป็นค่าที่บอกถึงสีที่แท้จริงของวัตถุ ถ้า H° มีค่าเข้าใกล้ 0 องศา แสดงว่าวัตถุจะอยู่ในกลุ่มสีแดง ถ้ามีค่าเข้าใกล้ 90 องศา แสดงว่าวัตถุอยู่ในกลุ่มสีเหลือง หากมีค่าเข้าใกล้ 180 องศา แสดงว่าวัตถุอยู่ในกลุ่มสีเขียว และหากมีค่าเข้าใกล้ 270 องศา แสดงว่าวัตถุอยู่ในกลุ่มสีน้ำเงิน (McGuire, 1992)

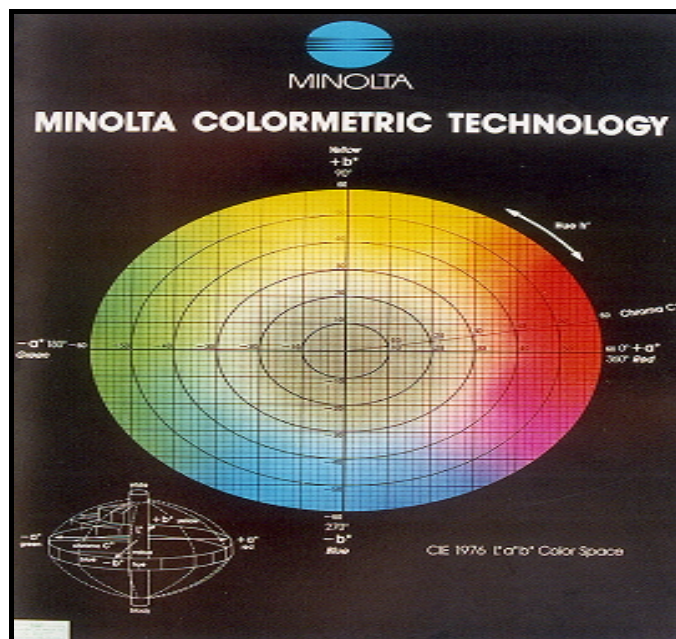


Figure 3.1: CIE 1976 L* a* b* Color Space (Konica Minolta Sensing, Inc., 1998).

3. การเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสของชิ้นเนื้อมะม่วง

3.1 วัดความแน่นเนื้อของชิ้นเนื้อ ด้วยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส การวัดความแน่นเนื้อของชิ้นมะม่วงจะใช้ cylinder probe ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร (6 mm-diameter probe) ความเร็ว 5 มิลลิเมตรต่อวินาที ค่าแรงกดที่วัดได้ มีหน่วยเป็นนิวตัน นำค่าที่วัดได้มาหาค่าเฉลี่ย

3.2 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก ซึ่งเนื้อมะม่วงก่อน และหลังการเก็บรักษา นำค่าที่ได้มาคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก ดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก} = \frac{\text{น้ำหนักก่อนการเก็บรักษา} - \text{น้ำหนักหลังการเก็บรักษา}}{\text{น้ำหนักก่อนการเก็บรักษา}} \times 100$$

3.3 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ นำเนื้อมะม่วงแต่ละชุดการทดลองของแต่ละการทดลอง มาคั้นเอาน้ำออกจากส่วนเนื้อ วัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ โดยใช้ Digital refractometer ที่อ่านค่าได้ 0-45% (Model PR-101, Atago, Japan) โดยใช้ น้ำกลั่นปรับให้อ่านค่าได้ 0 ก่อนใช้วัดตัวอย่างน้ำมะม่วงทุกครั้ง ทำการวัดซ้ำ 3 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ย

3.4 ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ วิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมดในเนื้อมะม่วงโดยวิธีการไทเทรชันด้วยสารละลายต่างมาตรฐาน และคำนวณผลในรูปของกรดซิตริก (AOAC, 2000)

4. เตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล ซึ่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ 4 กรัม ละลายในน้ำกลั่นที่ผ่านการต้มเดือดและปล่อยให้เย็น ปรับปริมาตรให้ครบ 1,000 มิลลิตรในขวดปรับปริมาตร

5. วิธีการวิเคราะห์

5.1 ชั่งตัวอย่างเนื้อมะม่วงที่ป็นเป็นเนื้อเดียวกันแต่ละกรรมวิธีมาตัวอย่างละ 10 กรัม เติมน้ำกลั่นที่ผ่านการต้มเดือดปริมาตร 40 มิลลิลิตร ผสมตัวอย่างกับน้ำให้เข้ากัน นำสารละลายตัวอย่างไปไทเทรตกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มาตรฐานความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล จนถึงยูติ ที่ค่าพีเอช 8.1 บันทึกปริมาตรของสารละลายต่างมาตรฐานที่ใช้ ทำการทดลองกรรมวิธีละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ตัวอย่าง และหาค่าเฉลี่ย นำค่าที่ได้คำนวณหาปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ในรูปกรดซิตริกต่อ 100 กรัมของน้ำหนักสดโดยเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานดังนี้

- มิลลิลิตรสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล ทำปฏิกิริยาสมมูลพอดีกับกรดซิตริก 0.007 กรัม

$$\text{เปอร์เซ็นต์กรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้} = \frac{\text{ความเข้มข้น NaOH} \times \text{ปริมาตร NaOH (ml)} \times 0.007 \times 100}{\text{น้ำหนักของเนื้อมะม่วง (g)}} \\ (\text{เทียบในรูปกรดซิตริก})$$

5.2 ค่าพีเอช นำตัวอย่างเนื้อมะม่วงที่ป็นเป็นเนื้อเดียวกัน มาวัดค่าพีเอช (อาจเติมน้ำกลั่นที่ผ่านการต้มเดือดแล้วลงไปเล็กน้อยเพื่อเจือจางแล้วนำมาวัดค่าพีเอช) โดยใช้เครื่องพีเอชมิเตอร์ (Sartorius รุ่น PB-20) และก่อนใช้เครื่องพีเอชมิเตอร์ทุกครั้ง ตรวจสอบความถูกต้องของเครื่องวัดโดยการใช้น้ำสารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐานพีเอช 4.0, 7.0 และ 10.0 (Buffer solution "HANNA", Italy) ตามลำดับ ทำการทดลองตัวอย่างละ 3 ซ้ำ แล้วหาค่าเฉลี่ย

การทดลองที่ 2 การศึกษาประสิทธิภาพของสารเคมีที่ใช้เป็นสารฆ่าเชื้อในการลดจำนวน จุลินทรีย์ของผลมะม่วง ลิ้นจี่ และลำไย ที่ใช้ในการผลิตเป็นเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพร้อมบริโภค

การเตรียมวัตถุดิบ

1. คัดเลือกผลมะม่วงสุกที่มีขนาดสม่ำเสมอไม่มีโรคและแมลงทำลาย วัดขนาด (ความกว้างและความยาว) ของผลมะม่วงด้วย digimatic caliper นำผลมะม่วงไปจุ่มในสารละลาย 3 ชนิด โดยแบ่งเป็น 4 กรรมวิธีดังนี้

- กรรมวิธีที่ 1 ไม่จุ่ม (ชุดควบคุม)
- กรรมวิธีที่ 2 น้ำประปา (ชุดควบคุม)
- กรรมวิธีที่ 3 สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ ความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร (Narciso and Plotto, 2005)
- กรรมวิธีที่ 4 สารละลายกรดเพอร์ออกซีแอซิดิก ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร (Narciso and Plotto, 2005)

จุ่มผลมะม่วงในสารละลายเป็นเวลา 3 นาที จากนั้นนำตัวอย่างผลมะม่วงมาวิเคราะห์หาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ และรา ด้วยวิธี total plate count บนอาหารเลี้ยงเชื้อ 2 ชนิด คือ plate count agar (PCA) และ potato dextrose agar (PDA) (APHA, 2001) ทำการทดลองกรรมวิธีละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 1 ผล

2. คัดเลือกผลลึ้นจีที่มีขนาดสม่ำเสมอไม่มีโรคและแมลงทำลาย ซึ่งนำหนักตัวอย่าง ชุดการทดลอง ละ 3 ข้ำ ข้ำละ 5 ผล นำผลลึ้นจีไปจุ่มในสารละลาย 3 ชนิด โดยแบ่งเป็น 4 กรรมวิธี ดังนี้

- กรรมวิธีที่ 1 ไม่จุ่ม (ชุดควบคุม)
- กรรมวิธีที่ 2 น้ำประปา (ชุดควบคุม)
- กรรมวิธีที่ 3 สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ ความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร(Narciso and Plotto, 2005)
- กรรมวิธีที่ 4 สารละลายกรดเพอร์ออกไซด์แอซิดิก ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร (Narciso and Plotto, 2005)

จุ่มผลลึ้นจีในสารละลายเป็นเวลา 3 นาที จากนั้นนำตัวอย่างผลลึ้นจีมาวิเคราะห์หาจำนวน จุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ และรา ด้วยวิธี total plate count บนอาหารเลี้ยงเชื้อ 2 ชนิด คือ plate count agar (PCA) และ potato dextrose agar (PDA) (APHA, 2001) ทำการทดลองกรรมวิธีละ 3 ข้ำ ข้ำละ 5 ผล

3. ลำไย คัดเลือกผลลำไยที่มีขนาดสม่ำเสมอไม่มีโรคและแมลงทำลาย ซึ่งนำหนักตัวอย่าง ชุดการทดลองละ 3 ข้ำ ข้ำละ 5 ผล นำผลลำไยไปจุ่มในสารละลาย 3 ชนิด โดยแบ่งเป็น 4 กรรมวิธี ดังนี้

- กรรมวิธีที่ 1 ไม่จุ่ม (ชุดควบคุม)
- กรรมวิธีที่ 2 น้ำประปา (ชุดควบคุม)
- กรรมวิธีที่ 3 สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ ความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร(Narciso and Plotto, 2005)
- กรรมวิธีที่ 4 สารละลายกรดเพอร์ออกไซด์แอซิดิก ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร (Narciso and Plotto, 2005)

จุ่มผลลำไยในสารละลายเป็นเวลา 3 นาที นำตัวอย่างผลลำไยมาวิเคราะห์หาจำนวนจุลิน-ทรีย์ ทั้งหมด ยีสต์ และรา ด้วยวิธี total plate count บนอาหารเลี้ยงเชื้อ 2 ชนิด คือ plate count agar (PCA) และ potato dextrose agar (PDA) (APHA, 2001) ทำการทดลองกรรมวิธีละ 3 ข้ำๆ ละ 5 ผล

การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ และรา

1. การเตรียมสารเคมี

1.1 สารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ ละลายไดโซเดียม ไฮโดรเจนฟอสเฟต 1 กรัม ในน้ำกลั่น 1 ลิตร และโซเดียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต 1 กรัม ในน้ำกลั่น 1 ลิตร โดยใช้ แท่งแก้วคนจนละลายดี ปรับค่าพีเอช (pH) ของสารละลายบัฟเฟอร์ฟอสเฟตโดยเติมสารละลายโซเดียมได ไฮโดรเจนฟอสเฟตลงในสารละลายไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตจนได้ค่าพีเอช (pH) ของสารละลายบัฟเฟอร์ เท่ากับ 7.2 ถ่ายใส่ขวดหรือหลอดทดลอง นำไปฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งอัดไอที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส (15 ปอนด์ ต่อตารางนิ้ว) เป็นเวลา 15 นาที

1.2 อาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับจุลินทรีย์ทั้งหมด (plate count agar, PCA) ซึ่งอาหารเลี้ยง เชื้อสำหรับจุลินทรีย์ทั้งหมด จำนวน 23.5 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1 ลิตร ต้มจนอาหารเลี้ยงเชื้อละลายหมด นำไป ฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งอัดไอที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส (15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) เป็นเวลา 15 นาที และเตรียม อาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับยีสต์และรา (potato dextrose agar, PDA) ซึ่งอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับยีสต์และรา จำนวน 39

กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1 ลิตร ต้มจนอาหารเลี้ยงเชื้อละลายหมด นำไปฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งอัดไอ ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส (15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) เป็นเวลา 15 นาที

2. การเตรียมตัวอย่าง เพื่อวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ที่ผิวของวัตถุดิบ

2.1 ผลมะม่วง วัดขนาด (ความกว้างและความยาว) ของผลมะม่วงด้วย digimatic caliper เพื่อคำนวณหาพื้นที่ผิวของผลมะม่วง ดังนี้ (Wikipedia, 2008)

$$\text{surface area} = 2\pi a^2 + \frac{2\pi ab}{e} \sin^{-1} e$$
$$e = \sqrt{1 - \frac{a^2}{b^2}}$$

โดยที่ e = ellipticity ; a = equatorial radius ; b = polar radius

นำตัวอย่างผลมะม่วง ใส่ในถุงที่มีสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ใช้มีอนวดผิวผลมะม่วงเป็นเวลา 2 นาที สารละลายตัวอย่างที่ได้มีระดับเจือจาง 1:10 (10⁻¹)

2.2 มะม่วงสุกหั่นชิ้น ชั่งตัวอย่างเนื้อมะม่วงสุกจำนวน 10 กรัม ใส่ลงในถุงที่มีสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 90 มิลลิลิตร นำไปตีให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วย stomacher เป็นเวลา 2 นาที จะได้ตัวอย่างที่มีระดับความเจือจาง 1:10 (10⁻¹)

2.3 ผลลิ้นจี่ และลำไย นำผลลิ้นจี่ชุดการทดลองละ 5 ผล ใส่ในถุงที่มีสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ใช้มีอนวดผิวผลลิ้นจี่และลำไยเป็นเวลา 2 นาที สารละลายตัวอย่างที่ได้มีระดับความเจือจาง 1:10 (10⁻¹) แล้วเตรียมตัวอย่างของเนื้อลิ้นจี่ และลำไย โดยใช้คีมและกรรไกรสแตนเลสที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วตัดตัวอย่างเนื้อลิ้นจี่และลำไยจำนวน 10 กรัม ใส่ลงในถุงที่มีสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 90 มิลลิลิตร นำไปตีให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วย stomacher เป็นเวลา 30 วินาที จะได้ตัวอย่างที่มีระดับความเจือจาง 1:10 (10⁻¹)

3. การเจือจางตัวอย่างอาหาร ใช้ปิเปตต์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อดูดตัวอย่างที่เจือจาง 1:10 (10⁻¹) ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองที่มีสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 9 มิลลิลิตร เขย่าตัวอย่างให้ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน จะได้ตัวอย่างที่เจือจาง 1:100 (10⁻²) และทำให้มีความเจือจางต่อไปด้วยวิธีเดียวกันจะได้ตัวอย่างที่มีระดับความเจือจาง 1:1000 (10⁻³) 1:10000 (10⁻⁴) และ 1:100000 (10⁻⁵) ตามลำดับ (APHA, 2001)

4. การตรวจหาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (total plate count) โดยวิธี spread plate เทอาหาร plate count agar ลงในจานเพาะเชื้อประมาณ 15-20 มิลลิลิตร ปล่อยให้อาหารอุ่นแห้งตัว ปิเปตต์ตัวอย่างอาหารที่เจือจางแต่ละระดับความเข้มข้น (10⁻¹ ถึง 10⁻⁵) ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร ลงบนตรงกลางผิวหน้าของอาหารเลี้ยงเชื้อ ใช้แท่งแก้ว spreader ที่ผ่านการฆ่าเชื้อเกลี่ยให้สารละลายตัวอย่างกระจายทั่วผิวหน้า วางหยาจจานเพาะเชื้อไว้เป็นเวลา 10-15 นาที เพื่อให้สารละลายซึมเข้าไปในวุ้น ทำซ้ำระดับความเข้มข้นละ 2 จาน นำจานเพาะเชื้อไปบ่มในตู้บ่มที่อุณหภูมิ 35±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ตรวจนับจำนวนโคโลนีของจุลินทรีย์จากจานเพาะเชื้อที่มีจำนวน 30-300 โคโลนี (APHA, 2001)

5. การตรวจหาปริมาณยีสต์และรา โดยวิธี spread plate เทอาหาร potato dextrose agar ลงในจานเพาะเชื้อประมาณ 15-20 มิลลิลิตร ปล่อยให้อาหารแห้งตัว ปิดเต้าตัวอย่างอาหารที่เจอจากแต่ละระดับความเข้มข้น (10⁻¹ ถึง 10⁻⁵) ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร ลงบนตรงกลางผิวหน้าของอาหารเลี้ยงเชื้อ ใช้แท่งแก้ว spreader ที่ผ่านการฆ่าเชื้อเกลี่ยให้สารละลายตัวอย่างกระจายทั่วผิวหน้า วางหยาจจานเพาะเชื้อไว้เป็นเวลา 10-15 นาที เพื่อให้สารละลายซึมเข้าไปในวุ้น ทำซ้ำระดับความเข้มข้นละ 2 จาน นำจานเพาะเชื้อไปบ่มในตู้บ่มที่อุณหภูมิ 25±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ตรวจนับจำนวนโคโลนีของยีสต์และราจากจานเพาะเชื้อที่มีจำนวน 30-300 โคโลนี (APHA, 2001)

การทดลองที่ 3 การศึกษาระดับความเข้มข้นของสารฆ่าเชื้อ และระยะเวลาที่เหมาะสมในการลดจำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้นที่เปลือกของผลมะม่วง และลิ้นจี่สด

การเตรียมวัตถุดิบ

1. มะม่วง คัดเลือกผลมะม่วงสุกที่มีขนาดสม่ำเสมอไม่มีโรคและแมลงทำลาย วัดขนาด (ความกว้างและความยาว) ของผลมะม่วงด้วย digimatic caliper นำผลมะม่วงไปจุ่มในสารฆ่าเชื้อที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองที่ 2 ที่ระดับความเข้มข้น และระยะเวลาต่างๆ โดยแบ่งเป็น 7 กรรมวิธี ดังนี้

- กรรมวิธีที่ 1 ไม่จุ่ม (ชุดควบคุม)
- กรรมวิธีที่ 2 สารฆ่าเชื้อจากการทดลองที่ 2 ที่ระดับความเข้มข้นที่ 1 เป็นเวลา 3 นาที
- กรรมวิธีที่ 3 สารฆ่าเชื้อจากการทดลองที่ 2 ที่ระดับความเข้มข้นที่ 2 เป็นเวลา 3 นาที
- กรรมวิธีที่ 4 สารฆ่าเชื้อจากการทดลองที่ 2 ที่ระดับความเข้มข้นที่ 3 เป็นเวลา 3 นาที
- กรรมวิธีที่ 5 สารฆ่าเชื้อจากการทดลองที่ 2 ที่ระดับความเข้มข้นที่ 1 เป็นเวลา 5 นาที
- กรรมวิธีที่ 6 สารฆ่าเชื้อจากการทดลองที่ 2 ที่ระดับความเข้มข้นที่ 2 เป็นเวลา 5 นาที
- กรรมวิธีที่ 7 สารฆ่าเชื้อจากการทดลองที่ 2 ที่ระดับความเข้มข้นที่ 3 เป็นเวลา 5 นาที

นำตัวอย่างผลมะม่วงมาวิเคราะห์หาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ และรา ด้วยวิธี total plate count บนอาหารเลี้ยงเชื้อ 2 ชนิด คือ plate count agar (PCA) และ potato dextrose agar (PDA) ทำการทดลองกรรมวิธีละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 1 ผล

2. ลิ้นจี่ คัดเลือกผลลิ้นจี่ที่มีขนาดสม่ำเสมอไม่มีโรคและแมลงทำลาย ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 5 ผล นำผลลิ้นจี่ไปจุ่มในสารฆ่าเชื้อที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองที่ 2 ที่ระดับความเข้มข้น และระยะเวลาต่างๆ โดยแบ่งเป็น 5 กรรมวิธี ดังนี้

- กรรมวิธีที่ 1 ไม่จุ่ม (ชุดควบคุม)

- กรรมวิธีที่ 2 สารฆ่าเชื้อจากการทดลองที่ 2 ที่ระดับความเข้มข้นที่ 1 เป็นเวลา 3 นาที
- กรรมวิธีที่ 3 สารฆ่าเชื้อจากการทดลองที่ 2 ที่ระดับความเข้มข้นที่ 2 เป็นเวลา 3 นาที
- กรรมวิธีที่ 4 สารฆ่าเชื้อจากการทดลองที่ 2 ที่ระดับความเข้มข้นที่ 1 เป็นเวลา 5 นาที
- กรรมวิธีที่ 5 สารฆ่าเชื้อจากการทดลองที่ 2 ที่ระดับความเข้มข้นที่ 2 เป็นเวลา 5 นาที

นำตัวอย่างผลลึ้นจีมาวิเคราะห์หาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ และรา ด้วยวิธี total plate count บนอาหารเลี้ยงเชื้อ 2 ชนิด คือ plate count agar (PCA) และ potato dextrose agar (PDA)

การทดลองที่ 4 การศึกษาชนิดของสารฆ่าเชื้อที่เหมาะสมในการลดจำนวนจุลินทรีย์ของเห็ดมะม่วงสุก หั่นชิ้น เนื้อลิ้นจี่ และเนื้อลำไยสด

การเตรียมวัตถุดิบ

1. มะม่วง คัดเลือกผลมะม่วงสุกที่มีขนาดสม่ำเสมอไม่มีโรคและแมลงทำลายจำนวน 10 ผล นำผลมะม่วงไปจุ่มในสารฆ่าเชื้อที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองที่ 2 และที่ระดับความเข้มข้น และระยะเวลาที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองที่ 3 หลังจากนั้นปอกเปลือก และหั่นเนื้อมะม่วงสุกออกเป็นชิ้นด้านละ 8 ชิ้น นำมาผสมคลุกกัน แล้วจึงแบ่งเป็นแต่ละกรรมวิธี กรรมวิธีละ 30 ชิ้น จุ่มชิ้นเนื้อมะม่วงในสารละลาย 4 ชนิด โดยแบ่งเป็น 6 กรรมวิธี ดังนี้

- กรรมวิธีที่ 1 ไม่จุ่มทั้งผลมะม่วงและชิ้นเนื้อมะม่วง (ชุดควบคุม)
- กรรมวิธีที่ 2 ไม่จุ่มชิ้นเนื้อมะม่วง (ชุดควบคุม)
- กรรมวิธีที่ 3 จุ่มชิ้นเนื้อมะม่วงในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร (Riad and Brecht, 2001)
- กรรมวิธีที่ 4 จุ่มชิ้นเนื้อมะม่วงในสารละลายกรดเพอร์ออกซีแอซิติก ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร (Narciso and Plotto, 2005)
- กรรมวิธีที่ 5 จุ่มชิ้นเนื้อมะม่วงในสารละลายไฮโดรเจนเพอร์ ออกไซด์ ความเข้มข้น 2.5% (Ukuku et al., 2005)
- กรรมวิธีที่ 6 จุ่มชิ้นเนื้อมะม่วงในสารละลายกรดซิตริก ความเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร (Jiang et al., 2004)

จุ่มชิ้นเนื้อมะม่วงเป็นเวลา 1 นาทีปล่อยให้สะเด็ดน้ำ บรรจุตัวอย่างเนื้อมะม่วงหั่นชิ้นลงใน polystyrene clamshell จำนวน 10 ชิ้นต่อ clamshell เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 10 ± 1 องศาเซลเซียส นำตัวอย่างเนื้อมะม่วงมาวิเคราะห์หาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ และรา ด้วยวิธี total plate count บนอาหารเลี้ยงเชื้อ 2

ชนิด คือ plate count agar (PCA) และ potato dextrose agar (PDA) ในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา ทำการทดลองกรรมวิธีละ 3 ซ้ำๆ ละ 1 clamshell

2. ลิ้นจี่ คัดเลือกผลลิ้นจี่ที่มีขนาดสม่ำเสมอไม่มีโรคและแมลงทำลาย โดยนำผลลิ้นจี่ไปจุ่มในสารฆ่าเชื้อที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองที่ 2 และที่ระดับความเข้มข้น และระยะเวลาที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองที่ 2 หลังจากนั้นควั่นเมล็ดและปอกเปลือกออก แล้วจึงแบ่งเป็นแต่ละกรรมวิธี กรรมวิธีละ 10 ชิ้น จุ่มเนื้อลิ้นจี่ในสารละลาย 2 ชนิด โดยแบ่งเป็น 4 กรรมวิธี ดังนี้

- กรรมวิธีที่ 1 ไม่จุ่มทั้งผลลิ้นจี่และเนื้อลิ้นจี่ (ชุดควบคุม)
- กรรมวิธีที่ 2 จุ่มเนื้อลิ้นจี่ในน้ำประปา (ชุดควบคุม)
- กรรมวิธีที่ 3 จุ่มเนื้อลิ้นจี่ในสารละลายกรดเพอร์ออกซีแอซิดิก ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร
- กรรมวิธีที่ 4 จุ่มเนื้อลิ้นจี่ในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร

จุ่มเนื้อลิ้นจี่เป็นเวลา 3 นาที ปลอຍให้สะเด็ดน้ำ บรรจุตัวอย่างเนื้อลิ้นจี่ลงใน polystyrene clamshell จำนวน 10 ชิ้นต่อ clamshell เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส นำตัวอย่างเนื้อมะม่วงมาวิเคราะห์หาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ และรา ด้วยวิธี total plate count บนอาหารเลี้ยงเชื้อ 2 ชนิด คือ plate count agar (PCA) และ potato dextrose agar (PDA) ในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา ทำการทดลองกรรมวิธีละ 3 ซ้ำๆ ละ 1 clamshell

3. ลำไย คัดเลือกผลลำไยที่มีขนาดสม่ำเสมอไม่มีโรคและแมลงทำลาย โดยนำผลลำไยไปจุ่มในสารฆ่าเชื้อที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองที่ 2 หลังจากนั้นควั่นเมล็ดและปอกเปลือกออก แช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 1% เป็นเวลา 5 นาที แล้วจึงแบ่งเป็นแต่ละกรรมวิธี กรรมวิธีละ 10 ชิ้น จุ่มเนื้อลำไยในสารละลาย 2 ชนิด โดยแบ่งเป็น 4 กรรมวิธี ดังนี้

- กรรมวิธีที่ 1 ไม่จุ่มทั้งผลลำไยและเนื้อลำไย (ชุดควบคุม)
- กรรมวิธีที่ 2 จุ่มเนื้อลำไยในน้ำประปา (ชุดควบคุม)
- กรรมวิธีที่ 3 จุ่มเนื้อลำไยในสารละลายกรดเพอร์ออกซีแอซิดิก ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร
- กรรมวิธีที่ 4 จุ่มเนื้อลำไยในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร

จุ่มเนื้อลิ้นจี่เป็นเวลา 3 นาที ปลอຍให้สะเด็ดน้ำ บรรจุตัวอย่างเนื้อลิ้นจี่ลงใน polystyrene clamshell จำนวน 10 ชิ้นต่อ clamshell เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส นำตัวอย่างเนื้อลิ้นจี่มาวิเคราะห์หาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ และรา ด้วยวิธี total plate count บนอาหารเลี้ยงเชื้อ 2 ชนิด คือ plate count agar (PCA) และ potato dextrose agar (PDA) ในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา ทำการทดลองกรรมวิธีละ 3 ซ้ำๆ ละ 1 clamshell

การทดลองที่ 5 การศึกษาระดับความเข้มข้นของสารฆ่าเชื้อและระยะเวลาที่เหมาะสมในการลดจำนวนจุลินทรีย์ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้น และเนื้อลิ้นจี่สด

การเตรียมวัตถุดิบ

1. มะม่วง คัดเลือกผลมะม่วงสุกที่มีขนาดสม่ำเสมอไม่มีโรคและแมลงทำลายจำนวน 14 ผล นำผลมะม่วงไปจุ่มในสารฆ่าเชื้อที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองที่ 1.2 และที่ระดับความเข้มข้น และระยะเวลาที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองที่ 1.3 หลังจากนั้นปอกเปลือก และหั่นเนื้อมะม่วงสุกออกเป็นชิ้นด้านละ 8 ชิ้น นำมาผสมคละกัน แล้วจึงแบ่งเป็นแต่ละกรรมวิธี กรรมวิธีละ 30 ชิ้น จุ่มชิ้นเนื้อมะม่วงในสารฆ่าเชื้อที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองที่ 1.4 ที่ระดับความเข้มข้น และระยะเวลาต่างๆ โดยแบ่งเป็น 8 กรรมวิธี ดังนี้

- กรรมวิธีที่ 1 ไม่จุ่มทั้งผลมะม่วงและชิ้นเนื้อมะม่วง (ชุดควบคุม)
- กรรมวิธีที่ 2 ไม่จุ่มชิ้นเนื้อมะม่วง (ชุดควบคุม)
- กรรมวิธีที่ 3 สารฆ่าเชื้อจากการทดลองที่ 4 ที่ระดับความเข้มข้นที่ 1 เป็นเวลา 1 นาที
- กรรมวิธีที่ 4 สารฆ่าเชื้อจากการทดลองที่ 4 ที่ระดับความเข้มข้นที่ 2 เป็นเวลา 1 นาที
- กรรมวิธีที่ 5 สารฆ่าเชื้อจากการทดลองที่ 4 ที่ระดับความเข้มข้นที่ 3 เป็นเวลา 1 นาที
- กรรมวิธีที่ 6 สารฆ่าเชื้อจากการทดลองที่ 4 ที่ระดับความเข้มข้นที่ 1 เป็นเวลา 2 นาที
- กรรมวิธีที่ 7 สารฆ่าเชื้อจากการทดลองที่ 4 ที่ระดับความเข้มข้นที่ 2 เป็นเวลา 2 นาที
- กรรมวิธีที่ 8 สารฆ่าเชื้อจากการทดลองที่ 4 ที่ระดับความเข้มข้นที่ 3 เป็นเวลา 2 นาที

บรรจุตัวอย่างเนื้อมะม่วงหั่นชิ้นลงใน polystyrene clamshell จำนวน 10 ชิ้นต่อ clamshell เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 10 ± 1 องศาเซลเซียส นำตัวอย่างเนื้อมะม่วงมาวิเคราะห์หาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ และรา ด้วยวิธี total plate count บนอาหารเลี้ยงเชื้อ 2 ชนิด คือ plate count agar (PCA) และ potato dextrose agar (PDA) ในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา ทำการทดลองกรรมวิธีละ 3 ซ้ำๆ ละ 1 clamshell

2. ลิ้นจี่ คัดเลือกผลลิ้นจี่ที่มีขนาดสม่ำเสมอไม่มีโรคและแมลงทำลาย นำผลลิ้นจี่ไปจุ่มในสารฆ่าเชื้อที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองที่ 1.2 และที่ระดับความเข้มข้น และระยะเวลาที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองที่ 1.3 หลังจากนั้นคว้านเมล็ดและปอกเปลือกออก นำเนื้อลิ้นจี่ชุดการทดลองละ 10 ชิ้น จุ่มเนื้อลิ้นจี่ในสารฆ่าเชื้อที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองที่ 4 ที่ระดับความเข้มข้น และระยะเวลาต่างๆ โดยแบ่งเป็น 5 กรรมวิธี ดังนี้

- กรรมวิธีที่ 1 ไม่จุ่ม (ชุดควบคุม)
- กรรมวิธีที่ 2 สารฆ่าเชื้อจากการทดลองที่ 4 ที่ระดับความเข้มข้นที่ 1 เป็นเวลา 1 นาที
- กรรมวิธีที่ 3 สารฆ่าเชื้อจากการทดลองที่ 4 ที่ระดับความเข้มข้นที่ 2 เป็นเวลา 1 นาที
- กรรมวิธีที่ 4 สารฆ่าเชื้อจากการทดลองที่ 4 ที่ระดับความเข้มข้นที่ 1 เป็นเวลา 3 นาที

- กรรมวิธีที่ 5 สารฆ่าเชื้อจากการทดลองที่ 4 ที่ระดับความเข้มข้นที่ 2 เป็นเวลา 3 นาที

บรรจุตัวอย่างเนื้อลิ้นจี่ลงใน polystyrene clamshell จำนวน 10 ชิ้นต่อ clamshell เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส นำตัวอย่างเนื้อลิ้นจี่มาวิเคราะห์หาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ และรา ด้วยวิธี total plate count บนอาหารเลี้ยงเชื้อ 2 ชนิด คือ plate count agar (PCA) และ potato dextrose agar (PDA) ในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา ทำการทดลองกรรมวิธีละ 3 ซ้ำๆ ละ 1 clamshell

การทดลองที่ 6 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และอายุการเก็บรักษาเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้น เนื้อลิ้นจี่ และเนื้อลำไย

มะม่วง

1. คัดเลือกผลมะม่วงสุกที่มีขนาดสม่ำเสมอไม่มีโรคและแมลงทำลาย นำผลมะม่วงไปจุ่มในสารฆ่าเชื้อที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองที่ 1.2 และที่ระดับความเข้มข้น และระยะเวลาที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองที่ 1.3 หลังจากนั้นปอกเปลือก และหั่นเนื้อมะม่วงสุกออกเป็นชิ้นด้านละ 8 ชิ้น จุ่มชิ้นเนื้อมะม่วงในสารฆ่าเชื้อที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองที่ 1.4 และที่ระดับความเข้มข้น และระยะเวลาที่ได้จากการทดลองที่ 1.5 ปลอ่ยให้สะเด็ดน้ำ บรรจุชิ้นเนื้อมะม่วงสุกลงใน polystyrene clamshell จำนวน 10 ชิ้นต่อ clamshell เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส นำตัวอย่างมาวิเคราะห์หาจำนวนจุลินทรีย์ การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ และเคมีในวันเริ่มต้น และระหว่างการเก็บรักษาทุกๆ 3 วัน จนกระทั่งสิ้นสุดอายุการเก็บรักษา โดยทำการวิเคราะห์ ดังนี้

- 1.1 การเปลี่ยนแปลงสีของชิ้นเนื้อมะม่วง เหมือนการทดลองที่ 1.2
- 1.2 การเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสของชิ้นเนื้อมะม่วง เหมือนการทดลองที่ 1.2

การวิเคราะห์ทางเคมี

1. วิเคราะห์หาปริมาณวิตามินซี ในเนื้อมะม่วงโดยวิธีไทเทรชันด้วยสารละลาย 2,6-dichlorophenol-indophenol (AOAC, 2000) เตรียมสารละลายดังนี้

- 1.1 สารละลายกรดออกซาลิก ความเข้มข้น 0.4 เปอร์เซ็นต์ ชั่งกรดออกซาลิก 4 กรัม ละลายในน้ำกลั่น ปริมาตรให้ครบ 1,000 มิลลิลิตร ในขวดปริมาตร
- 1.2 สารละลายอินโดฟีนอล ชั่ง 2,6-dichlorophenolindophenol (sodium salt) 0.05 กรัม ละลายในน้ำ กลั่น 50 มิลลิลิตร ที่มีโซเดียมไบคาร์บอเนต 42 มิลลิกรัม ปริมาตรให้ครบ 200 มิลลิลิตร ในขวดปริมาตร
- 1.3 สารละลายวิตามินซีมาตรฐาน ชั่งกรดแอสคอร์บิกหรือวิตามินซี 0.05 กรัม ละลายในสารละลายกรดออกซาลิกความเข้มข้น 0.4 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 45 มิลลิลิตร ปริมาตรให้ครบ 50 มิลลิลิตร ในขวดปริมาตร ด้วยสารละลายกรดออกซาลิก (เตรียมทันทีก่อนใช้) สารละลายวิตามินซีที่ได้มีความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

2. วิธีการวิเคราะห์ ปิเปตต์สารละลายวิตามินซีมาตรฐาน 1 มิลลิลิตร ใส่ใน flask เติมสารละลายกรดออกซาลิก 5 มิลลิลิตร เขย่าให้ผสมกัน ไทเทรตด้วยสารละลายอินโดฟีนอล และบันทึกปริมาตรของสารละลายอินโดฟีนอลที่ใช้ ซึ่งตัวอย่างเนื้อมะม่วงแต่ละกรรมวิธีมาตัวอย่างละ 10 กรัม ใส่ในเครื่องปั่น เติมสารละลายกรด

ออก-ซาลิกลงไป ปั่นให้เข้ากัน ปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตรในขวดปรับปริมาตรแล้วกรอง บีบอัดของเหลวที่กรองได้มา 10 มิลลิลิตร ไทเทรตด้วยสารละลายอินโดฟีนอล จนกระทั่งได้สีชมพูอ่อน ซึ่งสีจะคงตัวนานกว่า 15 วินาที บันทึกปริมาตรของสารละลายอินโดฟีนอลที่ใช้ ทำการทดลองกรรมวิธีละ 3 ซ้ำ และไทเทรตซ้ำละ 3 ครั้ง และหาค่าเฉลี่ย นำค่าที่ได้คำนวณหาปริมาณวิตามินซีเป็นมิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ของเนื้อมะม่วง ดังนี้

$$\text{ปริมาณวิตามินซี (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม เนื้อมะม่วง)} = \frac{V1 \times A \times 100}{V2 \times B \times W}$$

กำหนดให้

- V1 = ปริมาตรสารตัวอย่างที่เตรียม (มิลลิลิตร)
V2 = ปริมาตรสารตัวอย่างที่นำมาไทเทรต (มิลลิลิตร)
A = ปริมาตรของสารละลายอินโดฟีนอลที่ใช้ไทเทรตตัวอย่าง (มิลลิลิตร)
B = ปริมาตรของสารละลายอินโดฟีนอลที่ใช้ไทเทรตสารละลายวิตามินซีมาตรฐาน (มิลลิลิตร)
W = น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)

3. ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total soluble solids, TSS) (วิเคราะห์เหมือนการทดลองที่ 1.1 ข้อ 3.1)
4. ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ (Total titratable acidity, TA) (วิเคราะห์เหมือนการทดลองที่ 1.1 ข้อที่ 5.1)
5. ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) (วิเคราะห์เหมือนการทดลองที่ 1 ข้อที่ 5.2)
6. อัตราส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ (TSS/TA) คำนวณหาอัตราส่วนระหว่าง TSS และ TA ที่วิเคราะห์ได้

การยอมรับ และการตัดสินอายุในการเก็บรักษา

1. การยอมรับของผู้บริโภค ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 5 คน ทำการทดสอบชิมและให้คะแนนความชอบในลักษณะต่างๆ ได้แก่ ลักษณะสีที่ปรากฏ ลักษณะเนื้อสัมผัส กลิ่น รสชาติ และการยอมรับโดยรวม ใช้วิธีทดสอบแบบ hedonic scale 9 ระดับ ซึ่งมีระดับการให้คะแนน ดังนี้ (ไพโรจน์, 2535)

1 = ไม่ชอบมากที่สุด	2 = ไม่ชอบมาก	3 = ไม่ชอบปานกลาง
4 = ไม่ชอบเล็กน้อย	5 = เฉยๆ	6 = ชอบน้อย
7 = ชอบปานกลาง	8 = ชอบมาก	9 = ชอบมากที่สุด

2. การตัดสินว่าสิ้นสุดอายุการเก็บรักษา พิจารณาว่าสิ้นสุดอายุการเก็บรักษาด้วยเกณฑ์ ดังนี้

- 2.1 คะแนนการยอมรับโดยรวมของผู้ทดสอบชิมที่ได้รับ น้อยกว่า 5.0 คะแนน
- 2.2 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด มากกว่า 1×10^6 โคโลนีต่อกรัม
 - ยีสต์ มากกว่า 1×10^4 โคโลนีต่อกรัม
 - รา มากกว่า 500 โคโลนีต่อกรัม

(กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2547)

3. ลักษณะปรากฏที่นํ้า สีที่คล้ำขึ้น และการเกิด สีน้ำตาล ของมะม่วงสุกหั่นชิ้น

ลิ้นจี่

1. เมื่อได้ชนิดของสารฆ่าเชื้อ ความเข้มข้น และระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการลดปริมาณจุลินทรีย์ เริ่มต้นที่เปลือกผลลิ้นจี่ และเนื้อลิ้นจี่สดแล้ว จึงทำการทดลองอีกครั้ง เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ ระหว่างการเก็บรักษาเนื้อลิ้นจี่สด จากนั้นแช่ผลลิ้นจี่ในสารละลายที่มีความเข้มข้น และระยะเวลาที่ได้จากการทดลองที่ 2 ปริมาตรสารละลาย 1 ลิตร ต่อลิ้นจี่ 30 ผล ที่อุณหภูมิ 4+1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 ± 2 เปอร์เซ็นต์ หลังจากนั้นคว้านเมล็ดลิ้นจี่ออกด้วยอุปกรณ์สำหรับคว้านเมล็ด ปอกเปลือก และนำเนื้อลิ้นจี่แช่ในสารฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 4+1 องศาเซลเซียส ที่ระดับความเข้มข้นและระยะเวลาจากการทดลองที่ 4 ปล่อยให้ สะเด็ดน้ำ บรรจุเนื้อลิ้นจี่ลงใน กล่องพลาสติกโพลีไสตีน (polystyrene clamshell) จำนวน 15 ชิ้น/clamshell เก็บ รักษาที่อุณหภูมิ 4+1 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 12 วัน นำตัวอย่างมาวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ การ เปลี่ยนแปลงทางกายภาพ และทางเคมี ในวันเริ่มต้น และระหว่างการเก็บรักษาทุกๆ 3 วัน โดยทำการวิเคราะห์ คุณภาพทางจุลินทรีย์ นำตัวอย่างเนื้อลิ้นจี่มาวิเคราะห์หาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดด้วยวิธี Total plate count และ ยีสต์รา (APHA, 2001)

การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ

1. การสูญเสียน้ำหนัก (weight loss) การวิเคราะห์การสูญเสียน้ำหนักโดยชั่งน้ำหนักเนื้อลิ้นจี่ที่ บรรจุอยู่ในโพลีไสตีนแคลมเชลล์ทุกๆ 3 วัน ด้วยเครื่องชั่งละเอียดแบบทศนิยม 2 ตำแหน่ง (Model PB 1502-5, Mettler Toledo, Switzerland) น้ำหนักที่ชั่งได้เป็นน้ำหนักเนื้อลิ้นจี่รวมกับแคลมเชลล์ (น้ำหนักเนื้อลิ้นจี่ + น้ำหนัก โพลีไสตีนแคลมเชลล์) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก

$$\text{เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก} = \frac{(\text{น้ำหนักวันเริ่มต้น} - \text{น้ำหนัก ณ วันที่ชั่ง}) \times 100}{\text{น้ำหนักวันเริ่มต้น}}$$

2. การวัดสี เนื้อลิ้นจี่ด้านนอกชิ้นละ 2 จุด โดยใช้เนื้อลิ้นจี่ 5 ชิ้นต่อซ้ำ และทำการทดลอง 3 ซ้ำ โดยใช้ เครื่อง Colorimeter (ColorQuestXE, HunterLab, USA) บันทึกค่าในระบบ CIE ซึ่งแสดงค่าเป็น L^* , a^* และ b^* เมื่อ L^* = the lightness factor (value) และ a^* , b^* = the chromaticity coordinates

ค่า L^* ที่มีค่าใกล้เคียง 100 หมายถึง วัตถุมีสีคล้ำ หากค่า L^* มีค่าสูงเข้าใกล้ 100 วัตถุจะมีสีขาว สำหรับค่า a^* เมื่อค่าเป็นบวก หมายถึง วัตถุมีสีแดง หากมีค่าเป็นลบ หมายถึง วัตถุมีสีเขียว ส่วนค่า b^* เมื่อมีค่า เป็นบวก หมายถึง วัตถุมีสีเหลือง หากมีค่าเป็นลบ หมายถึง วัตถุมีสีเขียวยาว ทั้งค่า a^* และ b^* หากมีค่าเป็นศูนย์ แสดงว่าวัตถุมีสีเทา

2.2 วัดความแน่นเนื้อ (Hardness) ของเนื้อลิ้นจี่สดโดยใช้เครื่อง Texture Analyzer (TA-XTi / 50, UK) ใช้หัวรูปทรงกระบอกปลายแหลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร (P/2N) ด้วยความเร็ว 5 มิลลิเมตร/วินาที นำตัวอย่างเนื้อลิ้นจี่มาหั่นตามแนวยาวจำนวน 15 ชิ้น ทำการวัด 3 ซ้ำ โดยใช้ตัวอย่าง 5 ชิ้นต่อ 1 ซ้ำ ค่าที่วัดได้มีหน่วยเป็น นิวตัน แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย

การเปลี่ยนแปลงทางเคมี

1. ความเป็นกรด-ด่าง (pH) นำเนื้อผลลิ้นจี่ทั้ง 5 ผลต่อช้ำ บั่นให้เป็นเนื้อเดียวกันโดยใช้เครื่องปั่น (Mulinex, France) ชั่งตัวอย่างเนื้อลิ้นจี่มา 1 กรัม เติมน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร แล้วนำมาวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ด้วยเครื่อง pH meter (Consort, Belgium) และก่อนใช้เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่างทุกครั้งจะต้องผ่านการปรับค่ามาตรฐานโดยใช้สารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐาน 4.0 ,7.0 และ 10.0 ตามลำดับ ทำการวัดตัวอย่างละ 3 ช้ำ บันทึกผลการทดลอง

2. ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) นำน้ำปั่นที่ได้จากข้อ 2.1 มาวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ โดยใช้ Digital refractometer (Model PR-101, Atago, Japan) ที่อ่านค่าได้ระหว่าง 0-45% โดยก่อนใช้ทุกครั้งได้ปรับค่าให้เป็น 0 ด้วยน้ำ กลั่น และวิเคราะห์ตัวอย่างละ 3 ช้ำ

3. ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA) เตรียมสารละลายดังนี้

3.1 เตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล เตรียมโดยชั่ง โซเดียมไฮดรอกไซด์ จำนวน 4.0 กรัม ละลายในน้ำกลั่นที่ผ่านการต้มเดือด และปรับปริมาตรให้ครบ 1,000 มิลลิลิตร นำสารละลายต่างที่ได้ไปเปรียบเทียบความเข้มข้นกับสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลต ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล เพื่อหาความเข้มข้นที่แท้จริงของสารละลายต่าง

3.2 วิเคราะห์ โดยนำตัวอย่างเนื้อลิ้นจี่ที่ปั่นเป็นเนื้อเดียวกันจากข้อ 2.2 จำนวน 1 กรัม ปรับปริมาตรด้วยน้ำ กลั่นเป็น 50 มิลลิลิตร ผสมตัวอย่างกับน้ำกลั่นให้เข้ากันด้วยเครื่องกวนผสมแบบ แม่เหล็กไฟฟ้า นำสาร-ละลายตัวอย่างไทเทรตกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล วัดค่า ความเป็นกรด-ด่างของสารละลายที่ไทเทรตได้จนกระทั่งอ่านค่าได้ 8.1 จึงยุติ บันทึกปริมาตรของสารละลายต่างที่ใช้ ทำการวิเคราะห์ 3 ช้ำ นำค่าที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ในรูปกรดมาลิก มีหน่วยเป็น เปอร์เซ็นต์ โดย milliequivalent weight of malic acid = 0.067

$$\text{เปอร์เซ็นต์กรดที่ไทเทรตได้} = \frac{\text{ความเข้มข้น NaOH (N)} \times \text{ปริมาตร NaOH (ml)} \times 0.067 \times 100}{\text{น้ำหนักของเนื้อลิ้นจี่ (g)}}$$

อัตราส่วน TSS/TAคำนวณได้โดย

$$\text{TSS/TA} = \frac{\text{ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS)}}{\text{ปริมาณกรดทั้งหมดที่คำนวณได้ (TA)}}$$

4. ปริมาณวิตามินซี สามารถเตรียมสารละลาย ดังนี้

4.1 กรดออกซาลิกความเข้มข้น 0.4 เปอร์เซ็นต์ เตรียมโดยชั่งกรดออก-ซาลิกจำนวน 4.0 กรัม ละลายในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 1,000 มิลลิลิตร

4.2 สาร 2, 6- ไดคลอโรฟีนอลอินโดฟีนอล ความเข้มข้น 0.04 เปอร์เซ็นต์ เตรียมโดยชั่ง 2,6-ได-คลอโรฟีนอลอินโดฟีนอล จำนวน 4.0 กรัม ละลายในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 1,000 มิลลิลิตร แล้วนำมากรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No.1 เก็บรักษาไว้ในขวดสีชาที่อุณหภูมิต่ำ

4.3 สารละลายกรดแอสคอร์บิกมาตรฐาน ซึ่งกรดแอสคอร์บิกจำนวน 0.05 กรัม ละลายในสารละลายกรดออกซาลิกความเข้มข้น 0.4 เปอร์เซ็นต์ แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 50 มิลลิลิตร ดังนั้น สารละลายกรดแอสคอร์บิกมาตรฐานมีความเข้มข้น 1 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร นำสารละลายกรดแอสคอร์บิกมาตรฐาน 10 มิลลิลิตร ไปไทเทรตกับสารละลาย 2,6- ไดคลอโรฟีนอลอินโดฟีนอล ความเข้มข้น 0.04 เปอร์เซ็นต์ จนถึงจุดยุติ แล้วบันทึกปริมาตรสารละลาย 2,6- ไดคลอโรฟีนอลอินโดฟีนอลที่ใช้ไป เพื่อใช้เป็นค่ามาตรฐานในการคำนวณหาปริมาณวิตามินซี

4.4 นำตัวอย่างน้ำลันจีที่ปั่นเป็นเนื้อเดียวกันมา 10 มิลลิลิตร แล้วเติมกรดออกซาลิกความเข้มข้น 0.4 เปอร์เซ็นต์ ให้ได้ปริมาตรของเหลวเท่ากับ 100 มิลลิลิตร นำสารละลายที่ได้มา 10 มิลลิลิตรไปไทเทรตกับสารละลาย 2,6- ไดคลอโรฟีนอลอินโดฟีนอลความเข้มข้น 0.4 เปอร์เซ็นต์ จนถึงจุดยุติ ซึ่งจะทำให้สารละลายมีสีชมพูคงตัวอยู่ประมาณ 15 วินาที คำนวณหาปริมาณวิตามินซี โดยใช้ปริมาตรของ 2,6-ได-คลอโรฟีนอลอินโดฟีนอล ที่ใช้ไปเปรียบเทียบกับสารละลายวิตามินซีมาตรฐาน โดยมีวิธีคำนวณดังนี้

$$\text{ปริมาณวิตามินซี} = \frac{a \times 0.001 \times 100 \times 1000}{b \times c}$$

กำหนดให้ a = ปริมาณ 2,6- ไดคลอโรฟีนอลอินโดฟีนอล ที่ใช้ไทเทรตกับสารตัวอย่าง

b = ปริมาณ 2,6- ไดคลอโรฟีนอลอินโดฟีนอล ที่ใช้ไทเทรตกับวิตามินซีมาตรฐาน

c = ปริมาตรสารตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

ลำไย

1. นำผลลำไยมาแช่ในสารละลายกรดเพอร์ออกซีแอซิดิก ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 3 นาที จากนั้นนำผลลำไยมาควั่นเมล็ด ปอกเปลือก และนำเนื้อลำไยมาแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 1% เป็นเวลา 5 นาที สะเด็ดน้ำ และนำเนื้อลำไยไปแช่ในสารละลายกรดเพอร์ออกซีแอซิดิก ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 3 นาที สะเด็ดน้ำ บรรจุเนื้อลำไยสดลงใน clamp shell จำนวน 15 ผล/clamp shell เก็บรักษาไว้ในตู้เย็นอุณหภูมิ 4+1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95±2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 12 วัน เทียบกับชุดควบคุมที่ 1 คือไม่แช่ในสารละลาย กรดเพอร์ออกซีแอซิดิก และสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ และชุดควบคุมที่ 2 คือแช่ในสารละลายกรดเพอร์ออกซีแอซิดิก แต่ไม่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ทำการทดลองเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ของเนื้อลำไยสดพร้อมบริโภครวม 3 โดยนำตัวอย่างมาวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ในวันเริ่มต้น และระหว่างการเก็บรักษาทุกๆ 3 วัน โดยวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางจุลินทรีย์ นำตัวอย่างเนื้อลำไยมาวิเคราะห์หาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดด้วยวิธี Total plate count และยีสต์รา (APHA, 2001)

การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ

1. การสูญเสียน้ำหนัก (weight loss) เหมือนมะม่วง และลันจี
2. การวัดสี เหมือนมะม่วง และลันจี
3. วัดความแน่นเนื้อ เหมือนมะม่วง และลันจี

4. การเปลี่ยนแปลงทางเคมี ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) เหมือนมะม่วง และลิ้นจี่
5. ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA) เหมือนมะม่วง และลิ้นจี่
6. อัตราส่วน TSS/TA เหมือนมะม่วง และลิ้นจี่
7. ความเป็นกรด-ด่าง (pH) เหมือนมะม่วง และลิ้นจี่
8. ปริมาณวิตามินซี เหมือนมะม่วง และลิ้นจี่

การทดลองที่ 7 รูปแบบการหั่นชิ้นต่อคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาเนื้อมะม่วงสุก

1. คัดเลือกผลมะม่วงสุกพันธุ์น้ำดอกไม้ โชคอนันต์ และมหาชนก ที่มีขนาดผลใกล้เคียงกัน สุ่มชั่งน้ำหนักผลมะม่วงสุกด้วยเครื่องชั่ง โดยผลที่จะใช้ในการศึกษามีน้ำหนักอยู่ในช่วง 350-430 กรัม และมีความแน่นเนื้อเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.5-1.0 กิโลกรัม เมื่อวัดด้วยเครื่องวัดความแน่นเนื้อ บริเวณสันผลที่ปอกเปลือกแล้วทั้งหมด 3 จุด คือ กลางผล ห่างจากขั้วผลและปลายผลประมาณ 1 นิ้ว นำผลมะม่วงไปแช่ในสารละลายกรดเพอร์ออกซีแอซิดิก ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 3 นาที (Narciso and Plotto, 2005) หลังจากนั้นผึ่งให้ผิวนอกแห้ง ปอกและหั่นชิ้นเนื้อมะม่วงสุกตามกรรมวิธีต่างๆ ดัง Fig. 3.2 นำชิ้นเนื้อมะม่วงสุกที่หั่นแล้วไปแช่ในสารละลายกรดเพอร์ออกซีแอซิดิก ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 30 วินาที (Narciso and Plotto, 2005) ปล่อยให้สะเด็ดน้ำ บรรจุชิ้นเนื้อมะม่วงบรรจุลงใน clamshell นำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 92 ± 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 10 วัน กรรมวิธีในการหั่นชิ้นมีดังนี้

- กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (มะม่วงปอกเปลือกทั้งผล)
- กรรมวิธีที่ 2 ผลมะม่วงหั่นชิ้นครึ่งผล
- กรรมวิธีที่ 3 ผลมะม่วงหั่นชิ้นตามขวางสองชิ้นต่อครึ่งผล
- กรรมวิธีที่ 4 ผลมะม่วงหั่นชิ้นตามยาวสองชิ้นต่อครึ่งผล
- กรรมวิธีที่ 5 ผลมะม่วงหั่นชิ้นตามยาวและขวางสี่ชิ้นต่อผล
- กรรมวิธีที่ 6 ผลมะม่วงหั่นชิ้นตามขวางสี่ชิ้นต่อครึ่งผล
- กรรมวิธีที่ 7 ผลมะม่วงหั่นชิ้นตามยาวและขวางแปดชิ้นต่อครึ่งผล

2. วัดคุณภาพทางกายภาพ และเคมี ในวันเริ่มต้นการทดลอง และสุ่มตัวอย่างระหว่างการรักษาทุกๆ 2 วัน ครั้งละ 3 ซ้ำ ดังนี้

- 2.1 การเปลี่ยนแปลงสีของชิ้นเนื้อ เหมือนการทดลองที่ 6
- 2.2 การเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสของชิ้นเนื้อ เหมือนการทดลองที่ 6
- 2.3 การสูญเสียน้ำหนักสด เหมือนการทดลองที่ 6
- 2.4 ปริมาณวิตามินซี เหมือนการทดลองที่ 6
- 2.5 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ เหมือนการทดลองที่ 6
- 2.6 ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรต เหมือนการทดลองที่ 6
- 2.7 ค่าพีเอช เหมือนการทดลองที่ 6

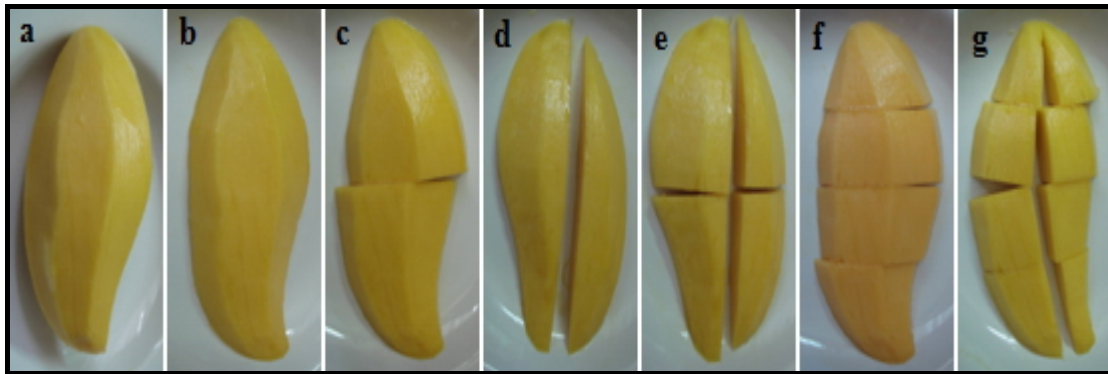


Figure 3.2: Slicing pattern of mango fruits.

- (a) = ชูตควบคุม
- (b) = ผลมะม่วงหั่นชิ้นครึ่งผล
- (c) = ผลมะม่วงหั่นชิ้นตามขวางสองชิ้นต่อครึ่งผล
- (d) = ผลมะม่วงหั่นชิ้นตามยาวสองชิ้นต่อครึ่งผล
- (e) = ผลมะม่วงหั่นชิ้นตามยาวและขวางสี่ชิ้นต่อผล
- (f) = ผลมะม่วงหั่นชิ้นตามขวางสี่ชิ้นต่อครึ่งผล
- (g) = ผลมะม่วงหั่นชิ้นตามยาวและขวางแปดชิ้นต่อครึ่งผล

3. ปริมาณเอทานอล การวิเคราะห์ปริมาณการผลิตเอทานอลของตัวอย่าง ดัดแปลงจากวิธีการของ ศศิธรและคณะ (2549) เตรียมสารละลายดังนี้

3.1 กรดซัลฟูริก ความเข้มข้น 2.5 โมลต่อลิตร นำกรดซัลฟูริกปริมาตร 135.9 มิลลิลิตร มาเจือจางด้วยน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร

3.2 โพแทสเซียมไดโครเมต ความเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร ในสารละลายกรดซัลฟูริก ความเข้มข้น 2.5 โมลต่อลิตร ชั่งโพแทสเซียมไดโครเมต 29.42 กรัม ละลายในกรดซัลฟูริกที่เตรียมไว้ บรรจุในขวดสีชา

3.3 วิธีการวิเคราะห์ นำตัวอย่างจากกรรมวิธีต่างๆ มาคั้นน้ำ จากนั้นนำน้ำคั้นปริมาตร 30 ไมโครลิตร บรรจุลงในขวดแก้วขนาด 20 มิลลิลิตร นำไปบรรจุในขวดแก้วขนาด 250 มิลลิลิตร ที่มีสารละลาย โพแทสเซียมไดโครเมตในสารละลายกรดซัลฟูริกที่เตรียมไว้ปริมาตร 300 ไมโครลิตร ปิดฝาขวดให้สนิท ทิ้งไว้เป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำไปวัดปริมาณเอทานอล โดยนำสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมตที่ได้ไปวัดการดูดกลืนแสงด้วย เครื่อง UV visible spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 590 นาโนเมตร

4. วิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด วิเคราะห์เหมือนการทดลองที่ 1.6

5. ทดสอบทางประสาทสัมผัส และการยอมรับของผู้ทดสอบชิม ที่ผ่านการอบรมจำนวน 5 คน โดยใช้การประเมินระบบ hedonic 5-scale (5 = ดีมาก และ 1 = เลวมาก) โดยพิจารณาจากลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส ความชอบในรูปแบบและการยอมรับโดยรวม วิธีการทดสอบทำโดยนำตัวอย่างที่บรรจุในกล่องบรรจุเปิด

ผ่า วางไว้ที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 25 องศาเซลเซียส) พิจารณาการยอมรับของผู้ทดสอบชิม ใช้คะแนนที่ผู้ทดสอบชิม 3 ใน 5 คน ให้คะแนนการยอมรับเท่ากับ 3

การทดลองที่ 8 การศึกษาอัตราการหายใจของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้น เนื้อลิ้นจี่ และเนื้อลำไย

การเตรียมวัตถุดิบ

1. มะม่วง คัดเลือกผลมะม่วงที่มีขนาดสม่ำเสมอไม่มีโรคและแมลงทำลาย ปอกเปลือก และหั่นเนื้อมะม่วงสุกเป็น 7 รูปแบบ ชั่งน้ำหนัก และบรรจุเนื้อมะม่วงสุกทั้ง 7 รูปแบบลงในขวดแก้วที่ปิดสนิท

- รูปแบบที่ 1 ไม่หั่นชิ้น
- รูปแบบที่ 2 หั่นตามยาวสองชิ้นต่อผล
- รูปแบบที่ 3 หั่นตามยาวสองชิ้นต่อครึ่งผล
- รูปแบบที่ 4 หั่นตามขวางสองชิ้นต่อครึ่งผล
- รูปแบบที่ 5 หั่นตามยาวและขวางสี่ชิ้นต่อครึ่งผล
- รูปแบบที่ 6 หั่นตามขวางสี่ชิ้นต่อครึ่งผล
- รูปแบบที่ 7 หั่นตามยาวและขวางแปดชิ้นต่อครึ่งผล

วางขวดแก้วไว้เป็นเวลาประมาณ 1 ชั่วโมง นำก๊าซภายในขวดแก้วมาวัดอัตราการหายใจของเนื้อมะม่วงสุก โดยใช้ผลมะม่วงครึ่งผล ต่อการทดลอง 1 ชั่วโมง และทำการทดลองชุดละ 3 ชั่วโมง

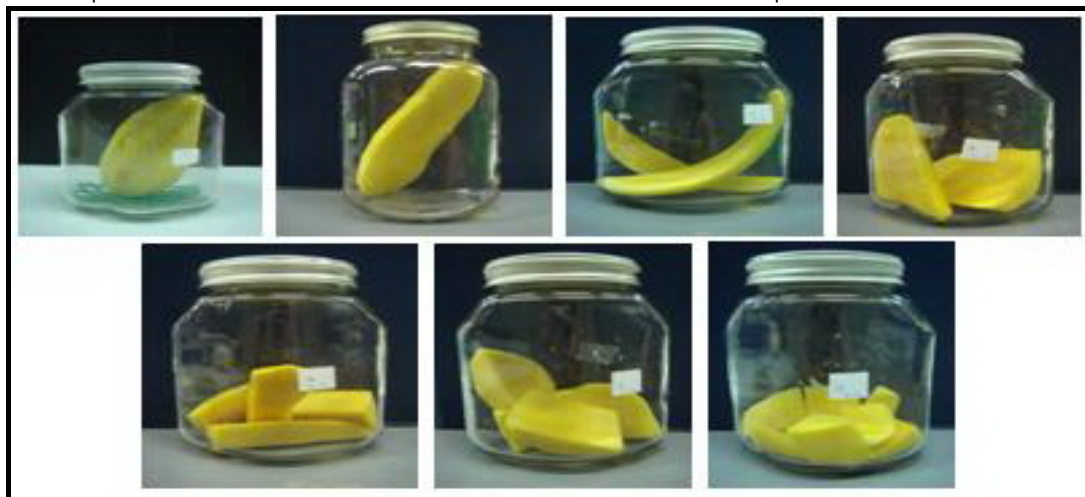


Figure 3.3: The storage of ripe mango flesh of various types in the glass bottles.

2. ลิ้นจี่ คัดเลือกผลลิ้นจี่ที่มีขนาดสม่ำเสมอไม่มีโรคและแมลงทำลาย นำมาตัดขั้วให้เหลือหัว 0.5 เซนติเมตร ชั่งน้ำหนัก และบรรจุผลลิ้นจี่ 3 รูปแบบ ลงในขวดแก้วที่ปิดสนิท ดังนี้

- รูปแบบที่ 1 ผลลิ้นจี่ทั้งผล
- รูปแบบที่ 2 ผลลิ้นจี่ที่คว้านเอาเมล็ดออก

- รูปแบบที่ 3 ผลลิ้นจี่ที่คว้านเอาเมล็ด และเปลือกออก

วางขวดแก้วไว้เป็นเวลาประมาณ 1 ชั่วโมง นำก๊าซภายในขวดแก้วมาวัดอัตราการหายใจของผลลิ้นจี่ โดยใช้ผลลิ้นจี่ 5 ผล ต่อการทดลอง 1 ขวด และทำการทดลองชุดละ 3 ขวด



Figure 3.4: The storage of lychee fruits of various types in the glass bottles.

3. ลำไย คัดเลือกผลลำไยที่มีขนาดสม่ำเสมอไม่มีโรคและแมลงทำลาย นำมาตัดขั้วให้เหลือขั้ว 0.5 เซนติเมตร ชั่งน้ำหนัก และบรรจุผลลำไย 3 รูปแบบ ลงในขวดแก้วที่ปิดสนิท ดังนี้

- รูปแบบที่ 1 ผลลำไยทั้งผล
- รูปแบบที่ 2 ผลลำไยที่คว้านเอาเมล็ดออก
- รูปแบบที่ 3 ผลลำไยที่คว้านเอาเมล็ดและเปลือกออก

วางขวดแก้วไว้เป็นเวลาประมาณ 1 ชั่วโมง นำก๊าซภายในขวดแก้วมาวัดอัตราการหายใจของผลลำไย โดยใช้ผลลำไย 5 ผล ต่อการทดลอง 1 ขวด และทำการทดลองชุดละ 3 ขวด



Figure 3.5: The storage of longan fruits of various types in the glass bottles

การวิเคราะห์

1. อัตราการหายใจ วัดปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์โดยใช้เครื่อง Gas chromatograph (GC-8A, SHIMADSU Corporation, Tokyo, Japan) โดยใช้คอลัมน์ CTR-1 column (2 m × 6 mm o.d.) เพื่อวัด

ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นระหว่างการหายใจของเนื้อผลไม้ นำพื้นที่ใต้กราฟที่ได้มาคำนวณอัตราการหายใจ โดยเปรียบเทียบกับแก๊สมาตรฐานจากสมการ ดังนี้

$$\text{Respiration rate (mgCO}_2\text{ / kg / hr)} = \frac{\text{difference in CO}_2 \times \text{free volume (ml)} \times 321.75}{\text{time sealed (min)} \times \text{weight (kg)} \times (273 + \text{stored temperature } ^\circ\text{C})}$$

กำหนดให้

Difference in CO ₂ (%)	= CO ₂ ชดทลดลง – ความเข้มข้นของ CO ₂ ในบรรยากาศ
Free volume (ml)	= ปริมาตรของขวดแก้ว – ปริมาตรของผลไม้
Time sealed (min)	= เวลาที่เก็บผลไม้ไว้ในขวดแก้ว
Weight (kg)	= น้ำหนักของผลไม้

2. อัตราการผลิตเอทิลีน วัดปริมาณเอทิลีนด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี โดยใช้ flame ionization detector (FID) คอลัมน์ activated alumina column นำพื้นที่ใต้กราฟที่ได้มาคำนวณอัตราการผลิตเอทิลีนของเนื้อผลไม้ที่สะสมหรือเกิดขึ้นหลังการหั่นชิ้นในระยะเวลา 1 ชั่วโมง จากสมการ ดังนี้

$$\text{Ethylene production rate (}\mu\text{l/kg/hr)} = \frac{\text{free volume (l)} \times \text{ppm ethylene measured}}{\text{sample wt (kg)} \times \text{sealed time (hr)}}$$

กำหนดให้

free volume (l)	= ปริมาตรขวดแก้ว - ปริมาตรผลไม้
ppm ethylene measured	= ปริมาตรเอทิลีนที่วัดได้จากเครื่อง
sample wt (kg)	= น้ำหนักของตัวอย่าง
seal time (hr)	= เวลาที่เก็บผลไม้ไว้ในขวด

การทดลองที่ 9 การศึกษาการร่วงไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ของเนื้อมะม่วง เนื้อลิ้นจี่ และเนื้อลำไย

การเตรียมวัตถุดิบ

1. มะม่วง นำผลมะม่วงสุกซึ่งน้ำหนักด้วยเครื่อง Digital Balance 0.01-3100 กรัม ยี่ห้อ Mettler-Toledo รุ่น PB3002-S อยู่ในช่วง 350-430 กรัม ปอกเปลือกด้วยมีดคมบริเวณสันของผลสักประมาณ 2-3 มิลลิเมตร วัดค่าความแน่นเนื้อเริ่มต้นก่อนการทดลองของมะม่วงสุก ด้วยเครื่อง Fruits Hardness Tester ยี่ห้อ Now รุ่น FHR-5 จำนวน 3 จุด คือ ห่างจากขั้วผลประมาณ 1 นิ้ว กลางผลและห่างจากปลายผลประมาณ 1 นิ้ว 0.5-1.0 กิโลกรัม จากนั้นปอกเปลือกด้วยมีดคม หั่นชิ้นจำนวน 7 รูปแบบ ดัง Fig. 3.6

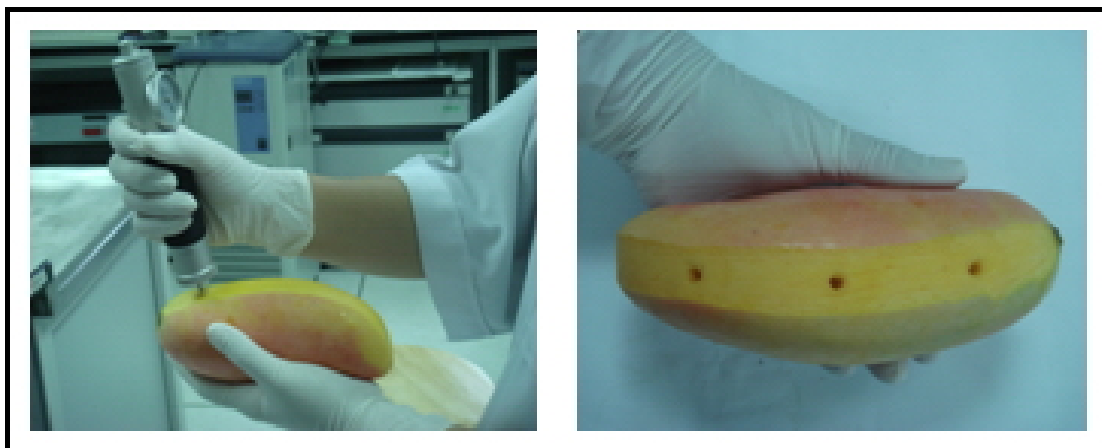


Figure 3.6: The firmness measurement of riped mango before the experiment.

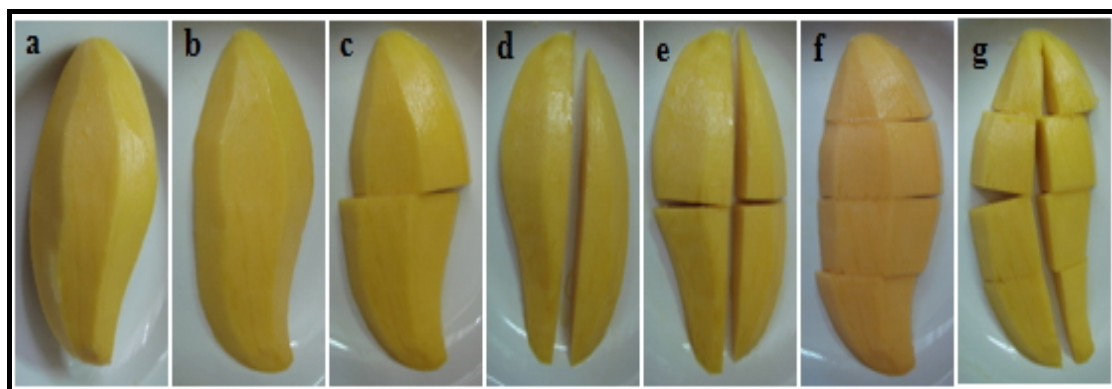


Figure 3.7: Various slicing patterns of riped mango.

- (a) = ชูตควบคุม
- (b) = ผลมะม่วงหั่นชิ้นครึ่งผล
- (c) = ผลมะม่วงหั่นชิ้นตามขวางสองชิ้นต่อครึ่งผล
- (d) = ผลมะม่วงหั่นชิ้นตามยาวสองชิ้นต่อครึ่งผล
- (e) = ผลมะม่วงหั่นชิ้นตามยาวและขวางสี่ชิ้นต่อผล
- (f) = ผลมะม่วงหั่นชิ้นตามขวางสี่ชิ้นต่อครึ่งผล
- (g) = ผลมะม่วงหั่นชิ้นตามยาวและขวางแปดชิ้นต่อครึ่งผล

2. ลินจี นำผลลินจีสดตัดชั่วผล สุ่มผลที่มีขนาดใกล้เคียงกันจำนวน 5 ลิตร ต่อ 1 ซ้ำ ซึ่งนำหนักด้วย เครื่อง Digital Balance 0.01-3100 กรัม ยี่ห้อ Mettler-Toledo รุ่น PB3002-S อยู่ในช่วง 100-150 กรัม คว้านเอาเมล็ดออกด้วยมีดคว้าน ดัง Fig. 3.8



Figure 3.8: The lychee fruits in which the removal of seeds only and both the peels and seeds had been carried out.

3. ลำไย นำผลลำไยสดตัดขั้วผล สุ่มผลที่มีขนาดใกล้เคียงกันจำนวน 5 ผล ต่อ 1 ซ้ำ ชั่งน้ำหนักด้วยเครื่อง Digital Balance 0.01-3100 กรัม ยี่ห้อ Mettler-Toledo รุ่น PB3002-S อยู่ในช่วง 50-90 กรัม คว้านเอาเมล็ดออกด้วยมีดคว้าน ดัง Fig. 3.9

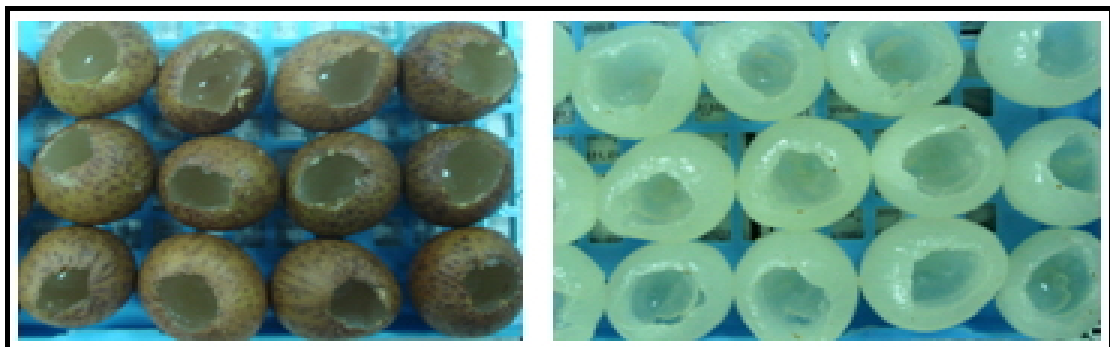


Figure 3.9: The longan fruits in which the removal of seeds only and both the peels and seeds had been carried out.

การวิเคราะห์

1. การวัดการรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ เป็นวิธีการที่ใช้เพื่อประเมินว่าวิธีการผลิตผลไม้หั่นชิ้นนั้น ทำให้เซลล์ของเนื้อเยื่อผลไม้เสียหายมากน้อยเท่าใด โดยนำตัวอย่างผลไม้ปอกเปลือกหั่นชิ้นในแต่ละกรรมวิธีที่เตรียมไว้ แฉลงใต้น้ำกลั่นปราศจากไอออน (Lu, 2005) ปริมาตร 350 มิลลิลิตร และวางไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง วัดค่าการนำไฟฟ้าของสารอิเล็กโทรไลต์ที่รั่วไหลตามรอยบาดแผลออกมาใต้น้ำกลั่นปราศจากไอออน ด้วยเครื่อง conductivity meter หลังจากนั้นนำตัวอย่างใต้น้ำกลั่นปราศจาก ไอออนทุกชุดทดลองไปนึ่งในหม้อนึ่งความดันไอน้ำ ที่ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที เพื่อทำลายผนังเซลล์ ปล่อยให้เย็นถึงอุณหภูมิห้อง นำสารละลายมาวัดค่าการนำไฟฟ้าของสารอิเล็กโทรไลต์ทั้งหมด คำนวณค่าเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ ดังสูตร (Hong and Gross, 1998)

$$\%EL = \frac{EL_{hr} \times 100}{EL_{total}}$$

กำหนดให้

%EL = เปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์

EL_{hr} = ค่าการนำไฟฟ้าของสารอิเล็กโทรไลต์หลังการแช่น้ำ ปราศจากไอออนเป็นเวลา 1 ชั่วโมง

EL_{total} = ค่าการนำไฟฟ้าของสารอิเล็กโทรไลต์ทั้งหมด



Figure 3.10: The soaking of six-patterns sliced mango flesh in double deionized water.



Figure 3.11: Three patterns of lychee immersion; the whole fruit (left), with the seed removal (middle), and both seed and peel removal (right) in double deionized water.



Figure 3.12: Three patterns of longan immersion; the whole fruit (left), with the seed removal (middle), and both seed and peel removal (right) in double deionized water.



Figure 3.13: pH and conductivity meter for the determination of electrolyte conductivity.

การทดลองที่ 10 การศึกษาระดับความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ที่เหมาะสมในการช่วยปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อมะม่วง ลิ้นจี่ และลำไย

การเตรียมวัตถุดิบ

1. มะม่วง คัดเลือกผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่มีขนาดสม่ำเสมอ ไม่มีโรค และแมลงทำลาย ปอกเปลือก และหั่นเนื้อมะม่วงสุกเป็นชิ้นขนาดประมาณ 2x2 เซนติเมตร (ด้านละ 8 ชิ้น) นำเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นมาจุ่มในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 3 นาที โดยแบ่งเป็น 4 กรรมวิธี ดังนี้

- กรรมวิธีที่ 1 ไม่จุ่ม (ชุดควบคุม)
- กรรมวิธีที่ 2 สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์

- กรรมวิธีที่ 3 สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 1.5 เปอร์เซ็นต์
- กรรมวิธีที่ 4 สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 2.0 เปอร์เซ็นต์

บรรจุชิ้นเนื้อมะม่วงลงใน polystyrene clamshell เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 วัน ทำการวัดความแน่นเนื้อของชิ้นเนื้อผลไม้เพื่อชั่งบ่งลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture analyzer TA.XTi/50 โดยใช้ probe ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร (6 mm-diameter probe) ความเร็ว 5 มิลลิเมตร ต่อวินาที

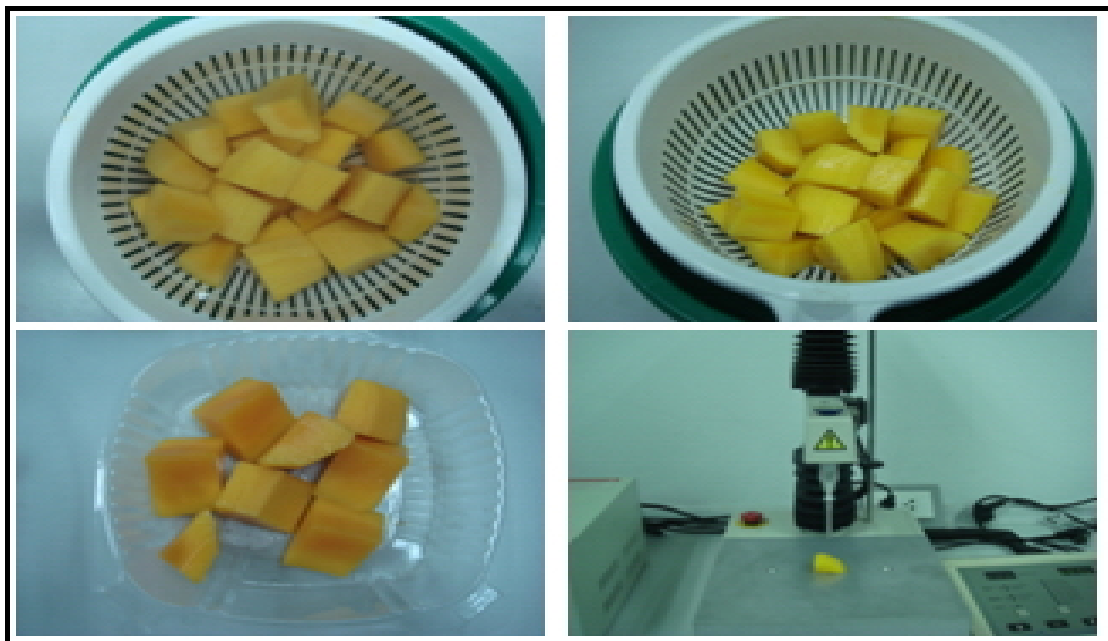


Figure 3.14: The immersion procedure of riped mango in the solution, the packaging, and the texture measurement.

2. ลินจี คัดเลือกผลลันจีที่มีขนาดสม่ำเสมอ ไม่มีโรค และแมลงทำลาย คว้านเมล็ดและปอกเปลือก ออก และนำเนื้อลันจีมาจุ่มในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 5 นาที โดย แบ่งเป็น 4 กรรมวิธี ดังนี้

- กรรมวิธีที่ 1 ไม่จุ่ม (ชุดควบคุม)
- กรรมวิธีที่ 2 สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์
- กรรมวิธีที่ 3 สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 1.5 เปอร์เซ็นต์

- กรรมวิธีที่ 4 สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 2.0 เปอร์เซ็นต์

บรรจุเนื้อลิ้นจี่ใน polystyrene clamshell กล่องละ 15 ชิ้น เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 วัน จากนั้นทำการวัดความแน่นเนื้อของชิ้นเนื้อผลไม้เพื่อชี้บ่งลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture analyzer TA.XTi/50 โดยใช้ probe ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร (6 mm-diameter probe) ความเร็ว 5 มิลลิเมตรต่อวินาที

3. ลำไย คัดเลือกผลลำไยที่มีขนาดสม่ำเสมอ ไม่มีโรค และแมลงทำลาย คว้านเมล็ดและปอกเปลือกออก และนำเนื้อลำไยมาจุ่มในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 4 ระดับ และเวลา 4 ระดับ ได้สังเกตผลทั้งหมด 16 สังเกตผล

3.1 ความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์

- สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0 เปอร์เซ็นต์
- สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์
- สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์
- สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 1.5 เปอร์เซ็นต์
- สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 2.0 เปอร์เซ็นต์

3.2 ระยะเวลาในการแช่เนื้อลำไย

- ระยะเวลาในการแช่ 1 นาที
- ระยะเวลาในการแช่ 3 นาที
- ระยะเวลาในการแช่ 5 นาที
- ระยะเวลาในการแช่ 10 นาที

นำเนื้อลำไยชุดการทดลองละ 15 ชิ้น มาวัดความแน่นเนื้อของชิ้นเนื้อผลไม้เพื่อชี้บ่งลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture analyzer TA.XTi/50 โดยใช้ probe ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร (p/25 mm-diameter probe) ความเร็ว 15 มิลลิเมตรต่อวินาที

พัฒนากระบวนการอบแห้งมะม่วง และลิ้นจี่โดยไม่ใช้สารประกอบของซัลเฟอร์

ผลิตภัณฑ์พันธุ์ฮวงฮวยที่สีเปลือกเป็นสีแดงทั้งผลจากอำเภอมะริม จังหวัดเชียงใหม่ในช่วงเดือนพฤษภาคม 2551 และจากสถานีเกษตรหลวงดอยปุย จังหวัดเชียงใหม่ในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2551

147

- คิวเวตต์แก้ว
- ถุงอลูมิเนียมฟอยล์ (NYLON/PE/Al/L-LDPE) ขนาดกว้าง 23.0 x 28.0 เซนติเมตร ผลิตโดยบริษัท สตรองแพ็ค จำกัด กรุงเทพฯ
- โถดูดความชื้น (Desiccator)
- ปูน
- เครื่องอบแห้งสุญญากาศ (Vacuum oven)
- เครื่องอบแห้งแบบถาด (Tray dryer, Model 160x180x200, Navaloy, Thailand)
- กระดาษกรองเบอร์ 4 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 125 mm. (Whatman, England)
- ชุดอุปกรณ์ทดสอบชิม

สารเคมี

- 4-เฮกซิลรีซอร์ซินอล (4-hexylresorcinol, C₁₂H₈O₂, AR Grade, SIGMA, USA)
- กรดแอสคอร์บิก (Ascorbic acid, Food grade, Lab P&P, Thailand)
- กรดซิตริก (Citric acid, C₆H₁₀O₈, Food grade, Lab P&P, Thailand)
- กรดซอร์บิก (sorbic acid, C₅H₇COOH, Food grade, Lab P&P, Thailand)
- แคลเซียมคลอไรด์ (Calcium chloride, CaCl₂, Food grade, S.K.Trading, Thailand)
- โซเดียมอีริทอร์เบท (sodium erythorbate, Food grade, Lab P&P, Thailand)
- คาราจีแนน (carrageenan, Food grade, O.V. Chemical & supply, Thailand)
- มอลโตเด็คซ์ตริน (maltodextrin, Food grade, O.V. Chemical & supply, Thailand)
- โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (sodium metabisulfite, Food grade, Lab P&P, Thailand)
- แคลเซียมแลกเตท (calcium lactate, AR Grade, E.Merck, Germany)
- โพแทสเซียมซอร์เบท (potassium sorbate, C₆H₇KO₂, Food grade, Lab P&P, Thailand)
- โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide, NaOH, AR Grade, E.Merck, Germany)
- ไอโซแอสคอร์บิก (D-isoascorbic acid, AR Grade, Fluka, Switzerland)
- โพแทสเซียมคลอไรด์ (potassium chloride, AR Grade, Fluka, Switzerland)
- โซเดียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตโมโนไฮเดรท (Sodium dihydrogen Phosphate, AR Grade, Ajax Finechem)
- ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตไดไฮเดรท (Disodium hydrogen phosphate, AR Grade, Ajax Finechem)
- โซเดียมคลอไรด์ (Sodium chloride, NaCl, AR Grade, E. Merck Germany)
- โซเดียมอะซิเตต (Sodium acetate, AR Grade, Ajax Finechem)
- กรดอะซิติก (Acetic acid, CH₃COOH, AR Grade, E.Merck, Germany)

- กัวอะคอล (Guaiacal, $C_7H_8O_2$, AR Grade, E.Merck, Germany)
- ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogen peroxide, H_2O_2 , AR Grade, E.Merck, Germany)
- ไพโรแคเทคคอล (Pyrocatechol, $C_6H_6O_2$, AR Grade, Fluka, Switzerland)
- เปปโตน (Peptone, AR Grade, E. Merck, Germany)
- อาหารเลี้ยงจุลินทรีย์ทั้งหมด (Becto® Plate Count Agar, Difco Laboratory, U.S.A.)
- อาหารเลี้ยงเชื้อยีสต์และรา (Becto® Potato Dextrose Agar, Difco Laboratory, U.S.A)
- กรดทาร์ทาริก (Tartaric acid, $HOOC(CHOH)_2COOH$, Carlo Erba Reagent, Germany)
- โซเดียมโพแทสเซียมเตทราเรต (Sodium potassium tartrate, $C_4O_6H_4NaK \cdot 4H_2O$, Carlo Erba Reagent, Germany)
- กรดซัลฟิวริก (H_2SO_4 , AR Grade, Lab-Scan, Thailand)
- กรด 3,5 – ไดไนโตรซาลิซิลิก (3,5-Dinitrosalicylic acid, AR Grade, Fluka, Switzerland)
- โซเดียมไฮโดรเจนซัลไฟต์ (Sodium hydrogen sulfite, AR Grade, Fluka, Switzerland)
- กลูโคสมาตรฐาน (Standard glucose)
- น้ำกลั่น (Distillation water)
- แคลเซียมคาร์ไบด์ (Calcium carbide, CaC_2)
- น้ำตาลทรายบริสุทธิ์ (ตรามิตรผล)

วิธีการทดลอง

1. การเตรียมวัตถุดิบ

1.1 มะม่วง คัดเลือกผลมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ (*Mangifera indica* L., cv. Chok-Anan) ที่แก่จัด โดยนำมาลอยในน้ำเลือกผลที่จมน้ำ จากนั้นนำมาล้างด้วยน้ำเปล่าให้สะอาด 2 ครั้ง ผึ่งให้ผิวของผลมะม่วงแห้ง แล้วนำมาบ่มในกล่องกระดาษด้วยแคลเซียมคาร์ไบด์ (CaC_2) ในอัตราส่วน 10 กรัม ต่อมะม่วง 3 กิโลกรัมที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 2-3 วัน (จริงแท้, 2538) โดยจะคัดเลือกเฉพาะผลมะม่วงที่สุก ผิวเปลือกมีสีเหลืองทั้งผล เนื้อนุ่ม นำมะม่วงที่คัดเลือกแล้วมาล้าง ปอกเปลือกด้วยมีด แล้วหั่นเป็นชิ้นตามความยาวของผลให้มีความหนาประมาณ 1.5 ± 0.1 เซนติเมตร

1.2 ลิ้นจี่ คัดเลือกลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยที่มีความสุกเต็มที่ สีเปลือกแดงจัด สดปราศจากการเน่าเสีย นำมาล้างด้วยน้ำเปล่าให้สะอาด ควั่นเอาเมล็ดออก ร่อนได้ปริมาณมากพอจึงแกะเปลือกออก นำเนื้อลิ้นจี่แช่ในสารละลายที่มีศักยภาพในการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์

การทดลองที่ 1 คัดเลือกสารทดแทนกำมะถันที่มีศักยภาพในการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส และโพลีฟีนอลออกซิเดสในเนื้อมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ และลีนจี่ก่อนนำไปอบแห้ง

1. นำมะม่วงและลีนจี่ที่ได้ในขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบมาแช่ในสารละลายต่างๆ ดัง Table 3.1 และ 3.2 วางแผนการทดลองแบบ Randomized complete block design (RCBD) บรรจุในถุงสุญญากาศและเก็บที่อุณหภูมิห้องโดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 ชุดการทดลอง ทำการทดลองชุดละ 3 ซ้ำ ระยะเวลาที่สุ่มตัวอย่างมาวัดค่าสี และกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสและเปอร์ออกซิเดส ตามวิธีของ Flurkey and Jen (1978) คือ 0 นาที 60 นาที 120 นาที และ 180 นาที โดยคำนวณหากิจกรรมของเอนไซม์และกิจกรรมของเอนไซม์ที่สามารถยับยั้งได้ และวิเคราะห์ผลทางสถิติด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ว่าชุดการทดลองใดสามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสและเปอร์ออกซิเดส ได้ดีที่สุด

Table 3.1 Soaking contion for mango

ชุดการทดลองที่	สภาวะการทดลองขึ้นมะม่วง
ชุดควบคุม	ไม่ผ่านการแช่สารละลาย
1	0.02% 4-hexylresorcinol, 0.25% ascorbic acid, 0.2% citric acid, 0.15% sorbic acid และเติม sucrose จนมีความเข้มข้นเท่ากับ 52 บริกซ์ (Monsalve-Gonzalez et al., 1993)
หมายเหตุ:	แช่นาน 10 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส (อัตราส่วนระหว่างผลไม้ : สารละลาย = 1 : 4)
2	1.0% ascorbic acid และ 0.1% calcium chloride (Ponting et al., 1972)
หมายเหตุ:	แช่นาน 3 นาที(อัตราส่วนระหว่างผลไม้ : สารละลาย = 1 : 5)
3	4% sodium erythorbate, 0.2% calcium chloride และ 100 ppm 4-hexylresorcinol (Sapers and Miller, 1998)
หมายเหตุ:	แช่นาน 1 นาที (อัตราส่วนระหว่างผลไม้ : สารละลาย = 1 : 1)
4	0.05% carrageenan และ 0.5% citric acid (Tong and Hicks, 1991)
หมายเหตุ:	แช่นาน 10 นาที (อัตราส่วนระหว่างผลไม้ : สารละลาย = 1 : 1)
5	10% maltodextrin และ 0.2% citric acid (Xu et al., 1993)
หมายเหตุ:	แช่นาน 10 นาที (อัตราส่วนระหว่างผลไม้ : สารละลาย = 1 : 1)
6	bisulfite solution (sodium metabisulfite) 2000 ppm (Santerre et al., 1991)
หมายเหตุ:	แช่นาน 1.5 นาที (อัตราส่วนระหว่างผลไม้ : สารละลาย = 1 : 1)
7	0.01% 4-hexylresorcinol , 0.5% ascorbic acid และ 1.0% calcium lactate (Dong et al., 2000)
หมายเหตุ:	แช่นาน 2 นาที (อัตราส่วนระหว่างผลไม้ : สารละลาย = 1 : 1)
8	0.001M 4-hexylresorcinol , 0.05M potassium sorbate และ 0.5M D-isoascorbic acid (Gonzalez-Aguilar et al., 2000)
หมายเหตุ:	แช่นาน 2 นาที (อัตราส่วนระหว่างผลไม้ : สารละลาย = 1 : 1)

ชุดการทดลองที่	สภาวะการทดลองขึ้นมะม่วง
9	10% L-ascorbic acid และ 2% potassium chloride (Chen et al., 2003)
หมายเหตุ: แช่นาน 30 วินาที (อัตราส่วนระหว่างผลไม้ : สารละลาย = 1 : 1)	

Table 3.2 Soaking condition for lychee

ชุดการทดลองที่	สภาวะการทดลองขึ้นลิ้นจี่
ชุดควบคุม	ไม่ผ่านการแช่สารละลาย
1	0.02% 4-hexylresorcinol, 0.25% ascorbic acid, 0.2% citric acid, 0.15% sorbic acid และเติม sucrose จนมีความเข้มข้นเท่ากับ 52 บริกซ์ (Monsalve-Gonzalez et al., 1993)
หมายเหตุ: แช่นาน 10 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส (อัตราส่วนระหว่างผลไม้ : สารละลาย = 1 : 4)	
2	1.0% ascorbic acid และ 0.1% calcium chloride (Ponting et al., 1972)
หมายเหตุ: แช่นาน 3 นาที (อัตราส่วนระหว่างผลไม้ : สารละลาย = 1 : 5)	
3	0.05% carrageenan และ 0.5% citric acid (Tong and Hicks, 1991)
หมายเหตุ: แช่นาน 10 นาที (อัตราส่วนระหว่างผลไม้ : สารละลาย = 1 : 1)	
4	10% maltodextrin และ 0.2% citric acid (Xu et al., 1993)
หมายเหตุ: แช่นาน 10 นาที (อัตราส่วนระหว่างผลไม้ : สารละลาย = 1 : 1)	
5	bisulfite solution (sodium metabisulfite) 2000 ppm (Santerre et al., 1991)
หมายเหตุ: แช่นาน 1.5 นาที (อัตราส่วนระหว่างผลไม้ : สารละลาย = 1 : 1)	
6	sucrose solution 70% และ 0.4% sodium metabisulfite (วัฒนา., 2545)
หมายเหตุ: แช่นาน 3-4 ชั่วโมง (อัตราส่วนระหว่างผลไม้ : สารละลาย = 1 : 1.5)	

2. การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

2.1 การวัดสี ทำการวัดสีเนื้อมะม่วงสุกและเนื้อลิ้นจี่ที่ปั่นผสมรวมเป็นเนื้อเดียวกัน โดยใช้เครื่องวัดสี Chromameter (Minolta CR-300, Japan) โดยปรับมาตรฐานของเครื่องวัดสีด้วยแผ่นเทียบสีมาตรฐานสีขาวและสีเทา ก่อนใช้เครื่องทุกครั้ง แล้วนำเนื้อมะม่วงและเนื้อลิ้นจี่ที่ปั่นผสมรวมเป็นเนื้อเดียวกันมาทำการวัด และรายงานค่าสีที่วัดได้เป็นค่า L^* , a^* และ b^*

เมื่อ L^* เป็นค่าความสว่าง ถ้าค่า L^* มีค่าใกล้เคียง 100 หมายถึง วัตถุมีสีคล้ำ หากค่า L^* เข้าใกล้ 0 หมายถึง วัตถุมีสีสว่างมากจนเป็นสีขาวหรือสีจาง

a^* เป็นค่าแสดงถึงสีแดงและสีเขียว ถ้าค่า a^* ที่ค่าเป็นบวก หมายถึง วัตถุมีสีแดง หากค่าเป็นลบ หมายถึง วัตถุมีสีเขียว

b^* เป็นค่าแสดงถึงสีเหลืองและสีน้ำเงิน ถ้าค่า b^* ที่ค่าเป็นบวก หมายถึง วัตถุมีสีเหลือง หากค่าเป็นลบ หมายถึง วัตถุมีสีน้ำเงิน

ถ้าค่าทั้ง a^* และ b^* มีค่าเป็นศูนย์แสดงว่าวัตถุมีสีเทา

3. การวิเคราะห์สมบัติทางชีวเคมี มีวิธีการสกัดเอนไซม์ในเนื้อมะม่วง และเนื้อลิ้นจี่ดังนี้

3.1 เตรียมสารละลายเพื่อใช้ในการสกัด

- สารละลายโซเดียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตความเข้มข้น 0.5 โมลาร์ : เตรียมโดยชั่งโซเดียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตโมโนไฮเดรต (Sodium dihydrogen Phosphate, AR Grade, Ajax Finechem, $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, MW = 137.99 g/mol) จำนวน 7.8005 กรัม ละลายในน้ำกลั่นและปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ในขวดปรับปริมาตร

- สารละลายไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตความเข้มข้น 0.5 โมลาร์ : เตรียมโดยชั่งไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตไดไฮเดรต (Disodium hydrogen phosphate, AR Grade, Ajax Finechem, $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, MW = 177.99 g/mol) จำนวน 8.8995 กรัม ละลายในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร ในขวดปรับปริมาตร

- สารละลายโซเดียมฟอสเฟตบัฟเฟอร์ ความเข้มข้น 0.5 โมลาร์ pH เท่ากับ 6.2 : เตรียมโดยนำสารละลายโซเดียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (จากข้อ 1.1.1) 100 มิลลิลิตร แล้วค่อยๆ เติมสารละลายไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (จากข้อ 1.1.2) พร้อมคนสารละลายผสมให้เข้ากันตลอดเวลา จนสารละลายมีค่าพีเอชเท่ากับ 6.2

- สารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2 โมลาร์: เตรียมโดยชั่งโซเดียมคลอไรด์ (Sodium chloride, NaCl, AR Grade, E.Merck, Germany, MW = 58.44 g/mol) จำนวน 11.7467 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น และปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ในขวดปรับปริมาตร

- การเตรียมสารละลายสำหรับสกัดเอนไซม์ คือ สารละลายโซเดียมฟอสเฟตบัฟเฟอร์ความเข้มข้น 0.05 โมลาร์ พีเอช 6.2 ที่มีโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ : เตรียมโดยนำสารละลายโซเดียมฟอสเฟตบัฟเฟอร์(จากข้อ 1.1.3) ปริมาตร 25 มิลลิลิตร แล้วเติมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2 โมลาร์ (จากข้อ 1.1.4) จำนวน 12.5 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรเป็น 250 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นในขวดปรับปริมาตร

3.2 การเตรียมสารละลายสำหรับสกัดหยาบ (crude extract) ทำการสกัดโดยดัดแปลงจากวิธีของ De Oliveira Lima et al. (1999) ปั่นเนื้อมะม่วงหรือเนื้อลิ้นจี่จนละเอียดด้วยเครื่องปั่น(Blender "Imarflex" model IF-308, Thailand) เป็นเวลา 30 วินาที แล้วชั่งมาจำนวน 1 กรัม ใส่ในโกรงบดที่แช่เย็นจัด แล้วเติมสารละลายสำหรับสกัดเอนไซม์ (extraction solution) คือ สารละลายโซเดียมฟอสเฟตบัฟเฟอร์ความเข้มข้น 0.05 โมลาร์ พีเอช 6.2 ที่มีสารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ลงไปบดเนื้อมะม่วงหรือเนื้อลิ้นจี่กับสารละลายสกัดในโกรงที่แช่ในอ่างน้ำแข็งให้เป็นเนื้อเดียวประมาณ 1 นาที แล้วนำไปแยกสารละลายใส่ที่ได้โดยใช้เครื่องเซนตริฟิวจ์ (Refrigerated centrifuge, Hettich Zentrifugen : Rotina 46R, Germany) ด้วยความเร็ว 3000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที นำส่วนใสของสารละลายเอนไซม์ที่สกัดได้ (crude enzyme) ไปวัดกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสและเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส

4. การวัดกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส ตามวิธีของ Flurkey and Jen (1978)

4.1 เตรียมสารละลายดังนี้

- สารละลายโซเดียมอะซิเตตความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ : เตรียมโดยชั่งโซเดียมอะซิเตตแอนไฮไดรส์ (Sodium acetate, AR Grade, Ajax Finechem, CH_3COONa , MW = 82.04 g/mol) จำนวน 0.8377 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่นและปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ในขวดปรับปริมาตร

- กรดอะซิติกความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ : เตรียมโดยปิเปตกรดอะซิติก (Acetic acid, CH₃COOH, AR Grade, E. Merck, Germany) ปริมาตร 0.57 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น และปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ในขวดปรับปริมาตร

- สารละลายโซเดียมอะซิเตตบัฟเฟอร์ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ pH เท่ากับ 6.0 : เตรียมโดยนำสารละลายโซเดียมอะซิเตต (จากข้อ 1.1.1) ปริมาตร 100 มิลลิลิตร เติมสารละลายกรดอะซิติก (จากข้อ 1.1.2) พร้อมคนสารละลายผสมตลอดเวลาจนสารละลายมีพีเอชเท่ากับ 6.0

- สารละลายกัวอะคอลความเข้มข้น 1 % : เตรียมโดยชั่งกัวอะคอล (Guaiacal, C₇H₈O₂, AR Grade, E. Merck, Germany, MW = 124.14 g/mol) จำนวน 0.5 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่นและปรับปริมาตรให้เป็น 50 มิลลิลิตร ในขวดปรับปริมาตร

- สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้น 1 % : เตรียมโดยชั่งสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้น 30 % (Hydrogen peroxide, H₂O₂, AR Grade, E. Merck, Germany) จำนวน 3.33 กรัม เติมน้ำกลั่นลงไป และปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร ในขวดปรับปริมาตร

- สารละลายสับสเตรตของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส : เตรียมโดยนำสารละลายกัวอะคอล ความเข้มข้น 1 % (จากข้อ 1.1.4) ปริมาตร 125 มิลลิลิตร กับสารละลายโซเดียมอะซิเตตบัฟเฟอร์ (จากข้อ 1.1.3) ปริมาตร 25 มิลลิลิตร เติมสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้น 1 % (จากข้อ 1.1.5) ปริมาตร 25 มิลลิลิตร ผสมให้สารละลายเข้ากันเติมน้ำกลั่นลงไป และปรับปริมาตรให้เป็น 250 มิลลิลิตร ในขวดปรับปริมาตร

หมายเหตุ: สารละลายกัวอะคอล, ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และสับสเตรตของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส ต้องเตรียมใหม่ทุกครั้งที่ทำทดลอง

4.2 การวัดกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส โดยปิเปตสารละลายเอนไซม์ที่สกัดได้ ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลองที่มีสารละลายสับสเตรต คือ สารละลายโซเดียมอะซิเตตบัฟเฟอร์ความเข้มข้น 0.01 โมลาร์ พีเอช 6.0 (ซึ่งประกอบด้วยกัวอะคอล 0.5% และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 0.1%) ปริมาตร 2.4 มิลลิลิตร ผสมสารละลายให้เข้ากัน นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 470 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (US-Vis Spectrophotometer, Model V-530, Perkinelmer) โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงทุกๆ 30 วินาที เป็นเวลา 5 นาที นำค่าที่วัดได้ไปเขียนกราฟระหว่างระยะเวลากับค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ วิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสที่มีอยู่ในตัวอย่างในช่วงของกราฟที่มีความชันเป็นเส้นตรง

กำหนดให้กิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส 1 หน่วย (unit) เท่ากับปริมาณเอนไซม์ที่ทำให้ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 470 นาโนเมตร เพิ่มขึ้น 0.001 หน่วยในเวลา 1 นาที ที่ค่าพีเอช เท่ากับ 6.0 แล้วคำนวณหากิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (specific activity) มีหน่วยเป็นหน่วย/มิลลิกรัมของโปรตีน/นาที

5. การวัดกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส ตามวิธีของ Flurkey and Jen (1978)

5.1 เตรียมสารละลายดังนี้

- สารละลายโซเดียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตความเข้มข้น 0.2 โมลาร์ : เตรียมโดยชั่งโซเดียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตโมโนไฮเดรต (Sodium dihydrogen Phosphate, AR Grade, Ajax Finechem, NaH₂PO₄·H₂O, MW = 137.99 g/mol) จำนวน 6.970 กรัม ละลายในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรเป็น 250 มิลลิลิตร ในขวดปรับปริมาตร

- สารละลายไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตความเข้มข้น 0.2 โมลาร์ : เตรียมโดยชั่งไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตไดไฮเดรต (Disodium hydrogen phosphate, AR Grade, E. Merck, Ajax Finechem, $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, MW = 177.99 g/mol) จำนวน 9.050 กรัม ละลายในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรให้เป็น 250 มิลลิลิตร ในขวดปรับปริมาตร

- สารละลายโซเดียมฟอสเฟตบัฟเฟอร์ ความเข้มข้น 0.2 โมลาร์ pH เท่ากับ 6.5 : เตรียมโดยนำสารละลายโซเดียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (จากข้อ 1.1.1) มา 50 มิลลิลิตร และค่อยๆ เติมสารละลายไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (จากข้อ 1.1.2) พร้อมคนสารละลายผสมให้เข้ากันตลอดเวลา จนสารละลายมีค่าพีเอชเท่ากับ 6.5

- สารละลายแคทาคอลความเข้มข้น 0.25 โมลาร์ : เตรียมโดยชั่งสารไพโรแคทอล(Pyrocatechol, $\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_6$, AR Grade, Fluka, Switzerland, MW = 110.11 g/mol) จำนวน 2.81 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่นและปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ในขวดปรับปริมาตร

หมายเหตุ: สารละลายแคทาคอล ต้องเตรียมใหม่ทุกครั้งที่ทำทดลอง

5.2 ปิเปตสารละลายเอนไซม์ที่สกัดได้ ปริมาตร 0.25 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลองที่มีสารละลายสับสเตรต คือ สารละลายโซเดียมฟอสเฟตบัฟเฟอร์ความเข้มข้น 0.2 โมลาร์ พีเอช 6.5 ปริมาตร 2.0 มิลลิลิตร และสารละลายแคทาคอลความเข้มข้น 0.25 โมลาร์ ปริมาตร 0.25 มิลลิลิตร ผสมสารละลายให้เข้ากัน นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (US-Vis Spectrophotometer, Model V-530, Perkinelmer) โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงทุกๆ 30 วินาที เป็นเวลา 3 นาที นำค่าที่วัดได้ไปเขียนกราฟระหว่างระยะเวลากับการดูดกลืนแสงที่วัดได้ วิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสที่มีอยู่ในตัวอย่างในช่วงของกราฟที่มีความชันเป็นเส้นตรง

กำหนดให้กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส 1 หน่วย (unit) เท่ากับปริมาณเอนไซม์ที่ทำให้ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร เพิ่มขึ้น 0.001 หน่วย ในเวลา 1 นาที ที่ค่าพีเอชเท่ากับ 6.5 แล้วคำนวณหากิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (specific activity) มีหน่วยเป็นหน่วย/มิลลิกรัมของโปรตีน/นาที

การทดลองที่ 2 ศึกษาหาวิธีการแช่เนื้อมะม่วงและเนื้อลิ้นจี่ในสารละลายที่เหมาะสม

มะม่วง

1. นำเนื้อมะม่วงและเนื้อลิ้นจี่มาแช่ในสารละลายที่มีศักยภาพในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลจากตอนที่ 1 วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทำการศึกษาเปรียบเทียบวิธีการแช่ที่กำหนดไว้คือ

- กรรมวิธีที่ 1 แช่ในสภาวะปกติ 2 นาที
- กรรมวิธีที่ 2 แช่ในสภาวะสุญญากาศ ที่ระดับ 50 มิลลิเมตรปรอท 10 นาที ร่วมกับสภาวะปกติ 2 นาที
- กรรมวิธีที่ 3 แช่ในสภาวะสุญญากาศที่ระดับ 50 มิลลิเมตรปรอท 20 นาที ร่วมกับสภาวะปกติ 2 นาที

2. สุ่มตัวอย่างออกมาวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ ชีวเคมี และเคมี เพื่อคัดเลือกวิธีการแช่ที่เหมาะสมมาใช้ในการทดลองต่อไป
3. การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ
 - 3.1 การวัดสี นำตัวอย่างเนื้อมะม่วงและเนื้อลิ้นจี่มาวิเคราะห์ เช่นเดียวกับตอนที่ 1
4. การวิเคราะห์สมบัติทางชีวเคมี
 - 4.1 การวัดกิจกรรมของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดส นำตัวอย่างเนื้อมะม่วงและเนื้อลิ้นจี่มาวิเคราะห์ เช่นเดียวกับตอนที่ 1
 - 4.2 การวัดกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส นำตัวอย่างเนื้อมะม่วงและเนื้อลิ้นจี่มาวิเคราะห์ เช่นเดียวกับตอนที่ 1
5. การวิเคราะห์สมบัติทางเคมี
 - 5.1 การวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) วัดด้วยเครื่องวัดพีเอช (pH meter, Hanna : 213, USA)
6. วิธีการวิเคราะห์
 - 6.1 ชั่งเนื้อมะม่วงสุกป็นเป็นเนื้อเดียวกันมาประมาณ 10 กรัม ใส่ในน้ำกลั่นประมาณ 50 มิลลิลิตร ใช้แท่งแก้วคนให้เข้ากัน แล้ววัดค่าพีเอชโดยใช้เครื่องวัดพีเอชที่มีการตรวจสอบความถูกต้องของเครื่องพีเอชมิเตอร์ด้วยสารละลายบัฟเฟอร์ที่มีค่าพีเอชเท่ากับ 4.01 และ 7.00 ตามลำดับ จดบันทึกผล
 - 6.2 การวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ โดยใช้ Hand refractometer
 - 6.3 นำเนื้อมะม่วงสุกหรือเนื้อลิ้นจี่ป็นเป็นเนื้อเดียวกัน มาคั้นเอาน้ำออกจากส่วนเนื้อ วัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ โดยใช้เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Hand refractometer, Atago : N-1E, Japan) ซึ่งวัดค่าได้ระหว่าง 0-32% โดยใช้ น้ำกลั่นปรับให้อ่านค่าได้ 0 ก่อนการวัดตัวอย่างมะม่วงทุกครั้ง

การทดลองที่ 3 ศึกษาเวลาอบแห้งที่เหมาะสมของเนื้อมะม่วงอบแห้งพันธุ์โชคอนันต์โดยใช้ตู้อบลมร้อน

1. นำเนื้อมะม่วงหั่นชิ้นที่มีความหนา 1.5 ± 0.1 เซนติเมตร (ความชื้นเริ่มต้น 84.68 ± 0.67) ที่ผ่านกระบวนการแช่ในสารต้านการเกิดสีน้ำตาลชุดควบคุม คือแช่ในสารละลายโซเดียมไฮโดรเจนซัลไฟด์ ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ (Chen et al., 2007) ในสภาวะสุญญากาศ 20 นาที ร่วมกับสภาวะปกติ 2 นาที มาทำแห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อนเพื่อหาเวลาการอบแห้งที่เหมาะสม โดยเริ่มต้นอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง หลังจากนั้นลดอุณหภูมิในการอบเป็น 60 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 11 จนสิ้นสุดการทดลอง ซึ่งน้ำหนักของเนื้อมะม่วงในระหว่างการอบแห้งจนกระทั่งน้ำหนักคงที่ หรือมีปริมาณความชื้นเหลืออยู่น้อยกว่าร้อยละ 18 ซึ่งเป็นปริมาณความชื้นสูงสุดของผลไม้แห้งตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ อุตสาหกรรม (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2532) นำข้อมูลที่ได้มาหาปริมาณความชื้น ค่ากิจกรรมของน้ำ (aw) ค่าแรงเฉือน (Shear force) และค่าสี L^* , a^* และ b^* วางแผนการทดลองแบบ Complete Randomize design (CRD) แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ชุดการทดลอง ทำการทดลองชุดละ 3 ซ้ำ
2. การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ
 - 2.1 การวัดสี นำตัวอย่างเนื้อมะม่วงมาวิเคราะห์ เช่นเดียวกับตอนที่ 1

3. การวิเคราะห์สมบัติทางเคมี

3.1 การวัดปริมาณความชื้น ตามวิธีของ AOAC(2000) : Method 934.06

4. วิธีการวิเคราะห์

4.1 ชั่งตัวอย่างเนื้อมะม่วงหรือลิ้นจี่ที่ปั่นละเอียดมาจำนวน 3 กรัม (ซึ่งให้ทราบน้ำหนักแน่นอน) เกลี่ยใส่ในจานโลหะที่ผ่านการอบแห้งและทราบน้ำหนักมาก่อนแล้ว (W1) นำไปอบในตู้อบสูญญากาศที่อุณหภูมิ 70+1 องศาเซลเซียส ภายใต้ความดัน < 100 มิลลิเมตรปรอท (13.3 กิโลพาสคาล) เป็นเวลา 6 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบมาทำให้เย็นในโถดูดความชื้น (Desiccator) ชั่งน้ำหนัก อบซ้ำจนน้ำหนักคงที่ โดยน้ำหนักที่ชั่งได้ไม่ควรต่างจากครั้งแรกเกิน 0.002 กรัม คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น} = \frac{(W2-W3) \times 100}{W2-W1}$$

กำหนดให้ W1 = น้ำหนักของจานโลหะ(กรัม)
W2 = น้ำหนักของจานโลหะ(กรัม) + น้ำหนักเนื้อมะม่วงก่อนอบ(กรัม)
W3 = น้ำหนักของจานโลหะ(กรัม) + น้ำหนักเนื้อมะม่วงหลังอบ(กรัม)

4.2 การวัดค่ากิจกรรมของน้ำอิสระ (aw) โดยใช้เครื่อง Water Activity Meter

5. วิธีการวิเคราะห์ บรรจุมะม่วงหรือลิ้นจี่ที่บดละเอียดแล้วลงในตลับพลาสติก (aw box) โดยบรรจุไม่ให้เกินระดับที่กำหนดของตลับ แล้วนำไปวัดค่า aw ด้วยเครื่องวัดค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ (Water Activity Meter; Aqua Lab : model series 3, Decagon Device Inc.,USA) โดยวางตลับลงใน chamber ของเครื่องวัด ตั้งทิ้งไว้จนสภาพภายใน chamber สมดุลที่อุณหภูมิที่กำหนดไว้ แล้วจึงอ่านค่า aw ของตัวอย่างมะม่วงและบันทึกผล

การทดลองที่ 4 ศึกษาหาปริมาณความเข้มข้นของสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลอันเนื่องจากเอนไซม์และไม่ใช่เอนไซม์ ของมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ก่อนและหลังการอบแห้ง

1. นำผลที่ได้จากการทดลองตอนที่ 2 มากำหนดแผนการทดลองโดยใช้ Factorial in CRD โดยกำหนดระดับความเข้มข้นของสารละลายแต่ละชนิด ดังนี้คือ

- สารละลาย 4-Hexylresorcinol 2 ระดับ คือ 0.01 และ 0.03 เปอร์เซ็นต์
- สารละลาย D-isoascorbic acid 2 ระดับ คือ 7.0 และ 9.0 เปอร์เซ็นต์
- สารละลาย Potassium sorbate 2 ระดับ คือ 0.65 และ 0.85 เปอร์เซ็นต์

Table 3.3 Factor of the study condition

ชุดการทดลอง	สภาวะการทดลอง
ชุดควบคุม	1% Sodium hydrogen sulfite
1	0.01% 4-Hexylresorcinol , 7.0% D-isoascorbic acid และ 0.65% Potassium sorbate
2	0.03% 4-Hexylresorcinol, 7.0% D-isoascorbic acid และ 0.65% Potassium sorbate
3	0.01% 4-Hexylresorcinol, 9.0% D-isoascorbic acid และ 0.65% Potassium sorbate
4	0.03% 4-Hexylresorcinol, 9.0% D-isoascorbic acid และ 0.65% Potassium sorbate
5	0.01% 4-Hexylresorcinol, 7.0% D-isoascorbic acid และ 0.85% Potassium sorbate
6	0.03% 4-Hexylresorcinol, 7.0% D-isoascorbic acid และ 0.85% Potassium sorbate
7	0.01% 4-Hexylresorcinol, 9.0% D-isoascorbic acid และ 0.85% Potassium sorbate
8	0.03% 4-Hexylresorcinol, 9.0% D-isoascorbic acid และ 0.85% Potassium sorbate

2. จากนั้นนำมาอบแห้งโดยสุ่มตัวอย่างมะม่วงก่อนและหลังการอบแห้งมาเปรียบเทียบความแตกต่างทางกายภาพ ชีวเคมี และเคมี และนำมาเก็บรักษาที่สภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 25, 35 และ 45 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 สัปดาห์ คัดเลือกชุดการทดลองที่ดีที่สุด เพื่อนำมาศึกษาในตอนต่อไป

3. การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

3.1 การวัดสี นำตัวอย่างเนื้อมะม่วงมาวิเคราะห์ เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

4. การวิเคราะห์สมบัติทางชีวเคมี

4.1 การวัดกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส นำตัวอย่างเนื้อมะม่วงมาวิเคราะห์ เช่นเดียวกับตอนที่ 1

4.2 การวัดกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส นำตัวอย่างเนื้อมะม่วงมาวิเคราะห์ เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

5. การวิเคราะห์สมบัติทางเคมี

5.1 การวัดปริมาณความชื้น นำตัวอย่างเนื้อมะม่วงมาวิเคราะห์ เช่นเดียวกับการทดลองที่ 3

5.2 การวัดค่ากิจกรรมของน้ำอิสระ (aw) นำตัวอย่างเนื้อมะม่วงมาวิเคราะห์ เช่นเดียวกับการทดลองที่ 3

การทดลองที่ 5 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ชีวเคมี เคมี และจุลินทรีย์ของเห็ดมะม่วงอบแห้งพันธุ์โชคอนันต์ในระหว่างการเก็บรักษา

1. นำมะม่วงที่ผ่านการอบแห้งมาบรรจุในถุง Aluminium foil (ALPE) ที่มีความหนา 260 gauge ในสภาวะที่มีการอัดก๊าซไนโตรเจน (Sagar et al., 1999) วางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ชุดการทดลอง ทำการทดลองชุดละ 3 ซ้ำ เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ชีวเคมี เคมี และจุลินทรีย์ของมะม่วงอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 25 และ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 สัปดาห์ สุ่มตัวอย่างมะม่วงมาวิเคราะห์ทางกายภาพ ชีวเคมี และเคมีทุกๆ 2 สัปดาห์ ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสและวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ทุกๆ 4 สัปดาห์ จากนั้นนำผลที่ได้มาคำนวณอายุการเก็บรักษา

2. การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

2.1 การวัดสี นำตัวอย่างเห็ดมะม่วงมาวิเคราะห์ เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

3. การวิเคราะห์สมบัติทางชีวเคมี

3.1 การวัดกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส นำตัวอย่างเห็ดมะม่วงมาวิเคราะห์ เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

3.2 การวัดกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส นำตัวอย่างเห็ดมะม่วงมาวิเคราะห์ เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

4. การวิเคราะห์สมบัติทางเคมี

4.1 การวัดปริมาณความชื้น นำตัวอย่างเห็ดมะม่วงมาวิเคราะห์ เช่นเดียวกับการทดลองที่ 3

4.2 การวัดค่ากิจกรรมของน้ำอิสระ (aw) นำตัวอย่างเห็ดมะม่วงมาวิเคราะห์ เช่นเดียวกับการทดลองที่ 3

4.3 การวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) นำตัวอย่างเห็ดมะม่วงมาวิเคราะห์ เช่นเดียวกับการทดลองที่ 2

5. การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และน้ำตาลทั้งหมด ตามวิธี AOAC (2000) ใช้สารเคมีดังนี้

5.1 น้ำตาลกลูโคส ความเข้มข้น 15 กรัม/ลิตร

5.2 กรดซัลฟิวริก ความเข้มข้น 1.5 โมลาร์

5.3 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 10 %

5.4 DNS reagent เตรียมโดยละลาย DNS 10 กรัม ในสารละลาย 200 มิลลิลิตร ของโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 2 โมลาร์ อุณหภูมิและคนตลอดเวลา จากนั้นละลายโซเดียมโปแตสเซียมทาร์เทรต 300 กรัมในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร นำสารละลายที่ได้ผสมเข้าด้วยกัน แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 1 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น จากนั้นเก็บในขวดสีชา

6. การเตรียมสารละลายกลูโคสมาตรฐาน ความเข้มข้น 0, 0.25, 0.5, 1.0, 1.25 และ 1.5 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ปิเปตสารละลายกลูโคสมาตรฐานที่เตรียมไว้ใส่ลงในหลอดทดลองอย่างละ 1 มิลลิลิตร เติมน้ำ DNS reagent 1 มิลลิลิตร และเติมน้ำกลั่น 2 มิลลิลิตร นำไปต้มใน water bath 100 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที แล้วจุ่มลงในน้ำเย็นทันที จากนั้นปรับปริมาตรให้เป็น 20 มิลลิลิตร แล้วนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร

7. วิเคราะห์น้ำตาลรีดิวซ์

7.1 ชั่งตัวอย่างประมาณ 3 กรัม ใส่ใน flask เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร แล้วนำไปต้มใน Water bath 50 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที

7.2 กรองด้วยกระดาษกรอง ล้างส่วนที่เหลือบนกระดาษกรองแล้วปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร ใน Volumetric Flask

7.3 ตูตสารละลาย 10 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 250 มิลลิลิตร แล้วตูดมา 1 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 1 มิลลิลิตร และ DNS reagent 1 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน

7.4 นำไปต้มใน water bath 100 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที แล้วจุ่มลงในน้ำเย็นทันที จากนั้น ปรับปริมาตรให้ได้ 20 มิลลิลิตร แล้วนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร

8. การวิเคราะห์น้ำตาลทั้งหมด

8.1 ชั่งตัวอย่างประมาณ 1.0-1.2 กรัม เติมน้ำกลั่น 1.5 โมลาร์ จำนวน 10 มิลลิลิตร นำไปต้มใน water bath 100 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที แล้วจุ่มลงในน้ำเย็นทันที

8.2 เติมน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 10 % จำนวน 12 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน จากนั้นกรองด้วยกระดาษกรอง แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร ตูดมา 10 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 250 มิลลิลิตร

8.3 จากนั้นตูดสารละลายมา 1 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 1 มิลลิลิตร และ DNS Reagent 1 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น 2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน นำไปต้มใน water bath 100 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที แล้วจุ่มลงในน้ำเย็นทันที

8.4 ปรับปริมาตรให้เป็น 20 มิลลิลิตร แล้วนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร

9. การวิเคราะห์สมบัติทางจุลินทรีย์ (Total Plate Count) โดยวิธี Pour plate (AOAC, 2000)

9.1 เตรียมสารละลาย และอาหารเลี้ยงเชื้อดังนี้ สารละลายบัฟเฟอร์เปปโตน ความเข้มข้น 0.1 % เตรียมโดยชั่งเปปโตน (Peptone, AR Grade, E. Merck, Germany) มาจำนวน 1 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตร ถ่ายใส่ขวดหรือหลอดทดลอง นำไปฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดัน (Autoclave , Harayama : HA-300MIV, Japan) ที่อุณหภูมิ 121-124 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที และอาหารเลี้ยงเชื้อ Plate Count Agar เตรียมโดยชั่งอาหารเลี้ยงจุลินทรีย์ทั้งหมด (Bacto ® Plate Count Agar, Difco Laboratory, U.S.A.) มาจำนวน 23.5 กรัม ละลายในน้ำ กลั่น 1000 มิลลิลิตร ต้มในไมโครเวฟจนอาหารเลี้ยงเชื้อละลายหมด นำไปฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันที่อุณหภูมิ 121-124 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที

10. การเตรียมตัวอย่าง ใช้กรรไกรที่ฆ่าเชื้อด้วยแอลกอฮอล์ตัดเปิดปากถุง ใช้ช้อนตักเนื้อมะม่วงมา 10 กรัม ใส่ในถุงตีปนที่ผ่านการฆ่าเชื้อ ที่มีสารละลายบัฟเฟอร์เปปโตน 90 กรัม นำไปตีปนด้วยเครื่องตีปน จนตัวอย่างแตกละเอียดและผสมเป็นเนื้อเดียวกัน สารละลายที่ได้เป็นตัวอย่างที่เจือจาง 1:10 หรือ 10-1 ปิเปิดตัวอย่างที่เจือจาง 1:10 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองปลอดเชื้อที่มีสารละลายบัฟเฟอร์เปปโตน 9 มิลลิลิตร เขย่าตัวอย่างให้ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน ได้เป็นสารละลายตัวอย่างที่เจือจาง 1:100 หรือ 10-2 แล้วนำตัวอย่างที่เจือจาง 1:100 มาเจือจางให้เป็น 1:1000 หรือ 10-3

11. การตรวจปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปิเปิดตัวอย่างอาหารเจือจางที่เตรียมไว้ (10-1, 10-2 และ 10-3) ลงในจานเพาะเชื้อ จานละ 1 มิลลิลิตร ระดับเจือจางละ 2 จาน โดยเริ่มตูดจากตัวอย่างอาหารที่เจือจางมากที่สุด จากนั้นเทอาหารเลี้ยงเชื้อ Plate Count Agar ที่หลอมเหลวลงในจานเพาะเชื้อ ผสมตัวอย่างและอาหารเลี้ยง

เชื้อให้เข้ากัน วางทิ้งไว้จนอาหารแข็งตัว คั่วจนอาหารเลี้ยงเชื้อลง นำไปบ่มในตูบ่ม ที่อุณหภูมิ 37 + 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 + 2 ชั่วโมง หลังจากบ่มเชื้อได้ตามเวลาที่กำหนด ตรวจนับจำนวนโคโลนีบนจานอาหารเพาะเชื้อ โดยนับจากจานที่มีจำนวนจุลินทรีย์อยู่ในช่วง 30-300 โคโลนี นำค่ามาเฉลี่ยจากทั้ง 2 จานเพาะเชื้อ รายงานผลการตรวจนับว่ามี Mesophilic aerobic bacteria ในรูปจำนวนโคโลนีต่อเนื้อมะม่วง 1 กรัมของน้ำหนักสด (หมายเหตุ : ปิเปต หลอดทดลอง และจานเพาะเชื้อ ต้องผ่านการอบฆ่าเชื้อในตู้อบลมร้อน (Hot air oven) ที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง)

12. การตรวจหาปริมาณยีสต์และรา (Yeast and mold) โดยวิธี Pour plate (AOAC, 2000) เตรียมสารละลาย และอาหารเลี้ยงเชื้อดังนี้ สารละลายบัฟเฟอร์เปปโตเนอความเข้มข้น 0.1 % เตรียมโดยชั่งเปปโตเนอ (Peptone, AR Grade, E. Merck, Germany) มาจำนวน 1 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตร ถ่ายใส่ขวดหรือหลอดทดลอง นำไปฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดัน (Autoclave, Harayama : HA-300MIV, Japan) ที่อุณหภูมิ 121-124 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที และอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar เตรียมโดยชั่งอาหารเลี้ยงเชื้อยีสต์และรา (Bacto ® Potato Dextrose Agar, Difco Laboratory, U.S.A.) มาจำนวน 39 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตร ต้มในไมโครเวฟจนอาหารเลี้ยงเชื้อละลายหมด นำไปฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันที่อุณหภูมิ 121-124 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที ก่อนนำอาหารเลี้ยงเชื้อมาใช้ต้องปรับค่าพีเอชให้เท่ากับ 3.5 โดยการเติมสารละลายกรดทาร์ทาริก ความเข้มข้น 10% (Tartaric acid, $\text{HOOC}(\text{CHOH})_2\text{COOH}$, Carlo Erba Reagent, Germany) ปริมาตร 19 มิลลิลิตรลงไป (อาหารเลี้ยงเชื้อ 100 มิลลิลิตร ใช้สารละลายกรดทาร์ทาริก 1.9 มิลลิลิตร) การเตรียมสารละลายกรดทาร์ทาริกความเข้มข้น 10% : เตรียมโดยชั่งกรดทาร์ทาริก 10 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร นำไปฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันที่อุณหภูมิ 121-124 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที

13. การเตรียมตัวอย่างทำการทดลองเช่นเดียวกับการหาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด

14. การตรวจปริมาณยีสต์และรา ปิเปตตัวอย่างอาหารเจือจางที่เตรียมไว้ (10⁻¹ , 10⁻² และ 10⁻³) ลงในจานเพาะเชื้อ จานละ 1 มิลลิลิตร ระดับเจือจางละ 2 จาน โดยเริ่มดูจากตัวอย่างอาหารที่เจือจางมากที่สุด จากนั้นเทอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar ที่หลอมเหลวลงในจานเพาะเชื้อ ผสมตัวอย่างและอาหารเลี้ยงเชื้อให้เข้ากัน วางทิ้งไว้จนอาหารแข็งตัว คั่วจนอาหารเลี้ยงเชื้อลง นำไปบ่มในตูบ่ม ที่อุณหภูมิ 30 + 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 + 3 ชั่วโมง หลังจากบ่มเชื้อได้ตามเวลาที่กำหนด ตรวจนับจำนวนโคโลนีบนจานอาหารเพาะเชื้อ โดยนับจากจานที่มีจำนวนจุลินทรีย์อยู่ในช่วง 30-300 โคโลนี นำค่ามาเฉลี่ยจากทั้ง 2 จานเพาะเชื้อ รายงานผลการตรวจนับในรูปจำนวนโคโลนีต่อเนื้อมะม่วง 1 กรัมของน้ำหนักสด (หมายเหตุ : ปิเปต หลอดทดลอง และจานเพาะเชื้อ ต้องผ่านการอบฆ่าเชื้อในตู้อบลมร้อน (Hot air oven) ที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง)

15. การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส นำมะม่วงอบแห้งที่เก็บรักษาไว้ในแต่ละอุณหภูมิ นำเสนอให้ผู้ชิมทำการประเมินคุณลักษณะด้านสี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวมด้วยวิธี 9 point Hedonic Scaling Test วางแผนการทดลองแบบ Factorial in RCBD ใช้จำนวนผู้บริโภคนในการทดสอบ 50 คน

บทที่ 3 วิธีการศึกษาทดลอง

กระบวนการผลิตมะม่วง และลีนจ๊อบแห้งชนิดหวานน้อย

วัตถุดิบ มะม่วง (*Mangifera indica* L.) พันธุ์โชคอนันต์ (cv. Chok Anan) เกรดพิเศษ ชื้อจากสวนใน จังหวัดเชียงใหม่ แล้วจัดส่งโดยรถห้องเย็นที่มีการควบคุมอุณหภูมิมายังภาควิชาเทคโนโลยี อาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร พระราชวังสนามจันทร์ จังหวัดนครปฐม ภายใน 1 วัน หลังการเก็บเกี่ยว จากนั้นทำการ ตัดขั้วออกแล้วนำมาลอยจมน้ำ คัดเฉพาะผลที่จมน้ำมาปมที่อุณหภูมิห้อง(อุณหภูมิประมาณ 30°C, %RH ประมาณ 70%) เป็นระยะเวลาประมาณ 5 วัน แล้วนำมาทำการทดลองต่อไป

ลีนจ๊ (*Lychee chinensis* Sonn.) พันธุ์ Mc Lean Red ที่ใช้ในการทดลองซื้อจากตลาดใน เมือง Stuttgart ประเทศเยอรมนี ระหว่างเดือนมีนาคม ปี 2008 และส่งมายัง Institute of Agricultural Engineering in the Tropics and Subtropics ที่มหาวิทยาลัย Hohenheim หลังจากนั้นทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ $10 \pm 1^{\circ}\text{C}$ จนกระทั่งทำการทดลอง

- อุปกรณ์**
- เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ (digital refractometer Model PR-201, Atago, Japan)
 - เครื่องวัดความเป็นกรดด่าง (pH meter Model 340, Wissenschaftlich-Technische Werkstaetten, Germany)
 - เวอร์เนียคาลิเปอร์ (vernier caliper, Tchibo GmbH, Germany)
 - เครื่องวัดสี (Chroma meter Model CR-100, Minolta camera, Japan)
 - เครื่องอบแห้งแบบถาด (tray dryer Model HT 15, Institute of Agricultural in the Tropics and Subtropics, University of Hohenheim, Germany)
 - เครื่องวัดความชื้น (Karl Fischer titration Model 758 KFD titrino, Metrohm GmbH, Switzerland)
 - เครื่องวัดวอเตอร์แอคทิวิตี (rotronic hygrometer Model AW-DIO, Rotronic, Switzerland)
 - เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (UV-Vis spectrophotometer Model UVmini 1240, Shimadzu, Japan)

การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของการทำออสโมติกดีไฮเดรชันต่อคุณลักษณะของมะม่วง และลื่นจ๊อบแห้ง และการศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ที่ได้

มะม่วง

1. ศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมีของมะม่วงสดก่อนการอบแห้ง ของวัตถุดิบที่รับมา (มะม่วงดิบ) และวัตถุดิบก่อนการทดลอง (มะม่วงที่ผ่านการบ่มด้วยวิธีตามธรรมชาติ) ซึ่งต้องผ่านกระบวนการแช่สารละลายออสโมติก และอบแห้ง เพื่อให้เกิดความมั่นใจว่ามะม่วงสดที่ใช้เป็นวัตถุดิบก่อนการอบแห้งที่แต่ละสภาวะมีคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีที่ใกล้เคียงกัน

คุณสมบัติทางกายภาพ

2. น้ำหนักต่อผล ชั่งน้ำหนักของตัวอย่างมะม่วงดิบ และมะม่วงสุกในแต่ละรุ่น (Lot) โดยการสุ่มตัวอย่างผลมะม่วงสดจำนวน 20 ผล ชั่งน้ำหนักมะม่วงทั้งผลพร้อมเปลือก น้ำหนักเปลือก น้ำหนักเนื้อ และน้ำหนักเมล็ด ตามลำดับ

3. สี การวัดสีทำได้โดยการสุ่มตัวอย่างมะม่วงดิบ และมะม่วงสุกมาประมาณ 5 ผลต่อ 1 treatment จากนั้นก็ทำการวัดสีโดยใช้ระบบของ CIE $L^*a^*b^*$ ซึ่งเครื่องที่ใช้วัดคือ Hunter $L^*a^*b^*$ (MiniScan XE Plus, Hunter Associates Laboratory, Inc Reston, Va, USA) โดย L^* คือ ค่าความสว่างของสีซึ่งมีค่า 0-100 ที่ 0 แสดงถึงสีดำ และ 100 แสดงถึงสีขาว a^* และ b^* เป็นค่าที่บอกสีโดยแสดงในสองแกน a^* คือ สีแดง-เขียว และ b^* คือ สีเหลือง-น้ำเงิน ก่อนการวัดค่าสีตัวอย่างนั้น จะต้องทำการ calibrate เครื่องที่จะใช้ด้วย Standard white plate และ Standard black plate ก่อนการวัดทุกครั้ง ซึ่งการวัดสีจะทำการวัดทั้งค่าสีของเปลือกมะม่วงและสีของเนื้อมะม่วง วัด 3 บริเวณคือ ส่วนหัว กลาง และท้ายผล ดัง Fig. 3.1

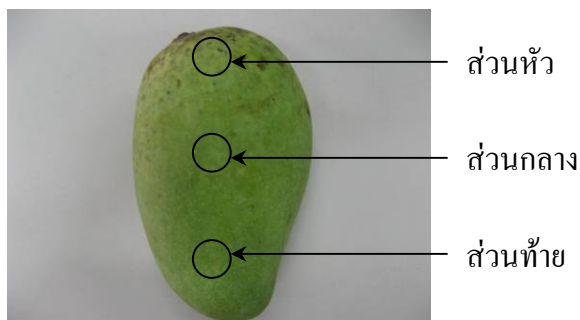


Figure 3.1: The area of mango for testing color

คุณสมบัติทางเคมี

1. ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี (A_w) ทำได้โดยการสุ่มตัวอย่างมะม่วงสุกมาจำนวน 9 ผล ทิ้งไว้ ณ อุณหภูมิห้องประมาณ 20 นาที เพื่อให้อุณหภูมิเกิดความสมดุล จากนั้นก็นำเนื้อมะม่วงไปทำการบดละเอียดโดยสุ่มวัดครั้งละ 3 ผล บรรจุลงในตลับใส่ตัวอย่าง นำไปวัดค่าวอเตอร์แอคทิวิตีด้วยเครื่องวัดค่าวอเตอร์แอคทิวิตี (รุ่น Thermoconstanter TH200, Switzerland) และอ่านค่าที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

2. ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total soluble solid, TSS) ทำได้โดยการสุ่มตัวอย่าง มะม่วงดิบและสุกมาอย่างละ 10 ผล จากนั้นนำแต่ละผลไปปั่นให้ละเอียด คั้นเอาแต่น้ำ จากนั้นนำน้ำมะม่วงที่ได้ไปทำการวัดด้วยเครื่อง Refractometer แบบ Digital (รุ่น pocket refractometer PAL-1, Japan)

3. ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ (Titratable acidity, TA) ทำได้โดยการสุ่มตัวอย่างมะม่วงดิบและสุกมาอย่างละ 10 ผล จากนั้นนำแต่ละผลไปปั่นให้ละเอียด ตักตัวอย่างมาครั้งละ 5 กรัม เติมน้ำกลั่นให้มีปริมาตรครบ 100 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล จนกระทั่งได้ค่าความเป็นกรดต่างเท่ากับ 8.1

4. การทำ pre-treatment มะม่วงก่อนการอบแห้ง หาสภาวะที่เหมาะสมในการ pre-treatment วัตถุดิบก่อนการอบแห้ง เช่นในกรณีของมะม่วง ศึกษาผลของการลวก (blanching) โดยแปรค่าที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ ที่สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดสีน้ำตาล เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่มีสีน้ำตาลน้อยที่สุด โดยมีขั้นตอนทั่วไปในการผลิตมะม่วงกึ่งอบแห้งดังนี้

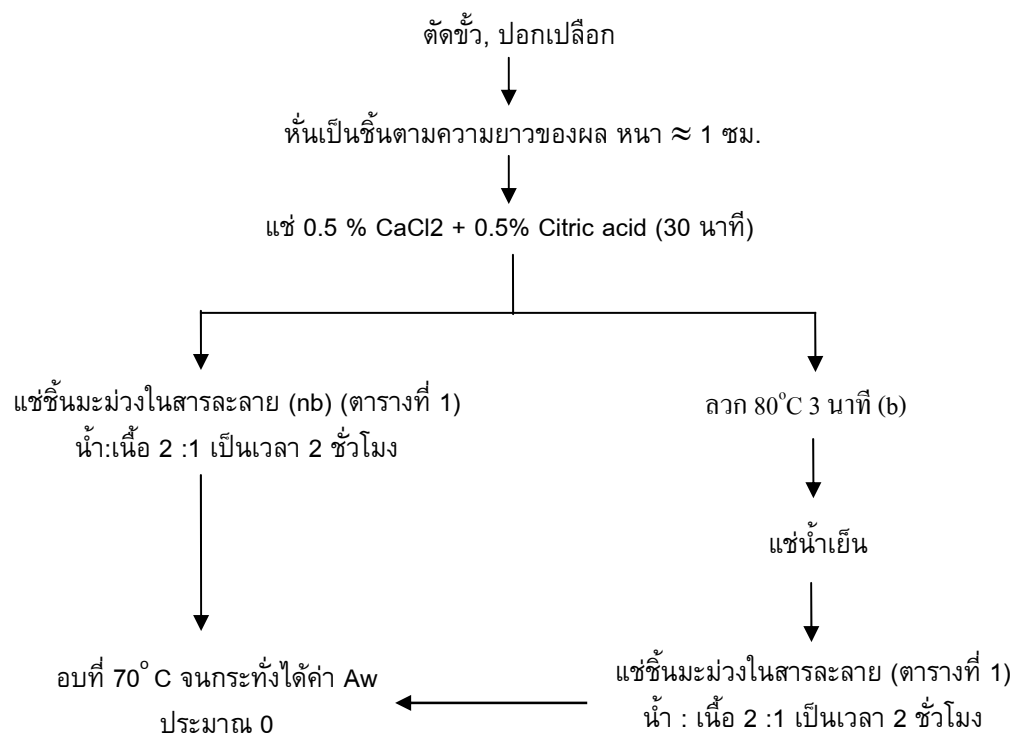


Figure 3.2: Diagram of mango process

Table 3.1 Pre-treatment condition before the production of semi-dried mango

สภาวะ	Sugar (°Brix)	Citric acid (%)	Sodium ascorbate (%)	Glycerol (%)	Trehalose (%)	β -cyclodextrin (%)
Control	-	-	-	-	-	-
G10nb	ปรับให้ได้ 25	ปรับให้ได้ pH 3.5	1	10	-	-
G10b	ปรับให้ได้ 25	ปรับให้ได้ pH 3.5	1	10	-	-
G+Tnb	ปรับให้ได้ 25	ปรับให้ได้ pH 3.5	1	10	5	-
G+Tb	ปรับให้ได้ 25	ปรับให้ได้ pH 3.5	1	10	5	-
G+ β -CDnb	ปรับให้ได้ 25	ปรับให้ได้ pH 3.5	1	10	-	1
G+ β -CDb	ปรับให้ได้ 25	ปรับให้ได้ pH 3.5	1	10	-	1

C = Control (ตัวอย่างที่ไม่ผ่าน pre-treatment ใดๆ เลย)

nb = non-blanching (ตัวอย่างที่ไม่ผ่านการลวก)

b = blanching (ตัวอย่างที่ผ่านการลวกที่ 80°C 3 นาที)

5. สภาวะที่ใช้ในการอบแห้งมะม่วง ทำการอบแห้งมะม่วงโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบถาด (Tray Dryer) โดยเครื่องอบแห้งแบบถาดที่ใช้ได้รับความอนุเคราะห์จากโครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา ในการทดลองจะอบมะม่วงแบบปอกเปลือกและหั่นเป็นชิ้นตามแนวยาวของผล โดยนำมะม่วงที่ผ่านการทำ pre-treatment แล้วไปจัดเรียงในถาดแบบชั้นเดียวแสดงดัง Fig. 3.3 เพื่อนำเข้าอบแห้ง ซึ่งอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งมะม่วงคือ 70 องศาเซลเซียสและทำการอบแห้งจนกระทั่งมะม่วงมีค่าวอเตอร์แอคทิวิตี (A_w) ประมาณ 0.75 ซึ่งใช้ระยะเวลาในการอบแห้งประมาณ 3.5 ชั่วโมง



Figure 3.3: The prearrangement of mango pieces before drying in the tray dryer

6. สภาวะที่ใช้ในการเก็บรักษามะม่วง 2 ลักษณะคือ

6.1 มะม่วงกิ่งอบแห้ง ($A_w \approx 0.78$) เก็บรักษาในถุงโพลีเอทิลีนสีฟ้า ที่อุณหภูมิห้อง 31 – 33 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 55 – 60 %) แล้วนำมาวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ทุก ๆ 0, 3, 5 และ 7 วัน

6.2 มะม่วงอบแห้ง ($A_w \approx 0.6$) เก็บรักษาในถุงโพลีเอทิลีนสีฟ้า ที่อุณหภูมิห้อง (31 – 33 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 55 – 60 %) แล้วนำมาวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและกายภาพทุก ๆ 0, 0.5, 1 และ 2 เดือน

7. การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและกายภาพในระหว่างการเก็บรักษา ศึกษาการเกิดสีน้ำตาลของมะม่วงอบแห้งระหว่างการเก็บรักษา โดยศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพและทางเคมีที่เกี่ยวข้องกับการเกิดสีน้ำตาล ทำการสุ่มตัวอย่างมาตรวจสอบคุณภาพทุก ๆ 0, 0.5, 1 และ 2 เดือน ดังนี้

7.1 คุณสมบัติทางกายภาพ

- สี การวัดสีทำได้โดยการสุ่มตัวอย่างมะม่วงอบแห้ง 10 ชิ้นต่อ 1 treatment จากนั้นก็ทำการวัดสีโดยใช้ระบบของ CIE $L^*a^*b^*$ ซึ่งเครื่องที่ใช้วัดคือ Hunter $L^*a^*b^*$ (MiniScan XE Plus, Hunter Associates Laboratory, Inc Reston, Va, USA) โดย L^* คือ ค่าความสว่างของสีซึ่งมีค่า 0-100 ที่ 0 แสดงถึงสีดำ และ 100 แสดงถึงสีขาว a^* และ b^* เป็นค่าที่บอกสีโดยแสดงในสองแกน a^* คือ สีแดง-เขียว และ b^* คือ สีเหลือง-น้ำเงิน ก่อนการวัดค่าสีตัวอย่างนั้น จะต้องทำการ calibrate เครื่องที่จะใช้ด้วย Standard white plate และ Standard black plate ก่อนการวัดทุกครั้ง

7.2 คุณสมบัติทางเคมี

- วอเตอร์แอคทีวิตี้ (A_w) ทำได้โดยการสุ่มตัวอย่างมะม่วงที่ผ่านการอบแห้งมา 4 ชิ้น จากนั้นก็นำเนื้อชิ้นไปปั่นให้มีขนาดเล็ก บรรจุลงในตลับใส่ตัวอย่างประมาณ 2 กรัม นำไปวัดค่าวอเตอร์แอคทีวิตี้ (A_w) ด้วยเครื่องวัดค่าวอเตอร์แอคทีวิตี้ (รุ่น Thermoconstanter TH200, Switzerland) และอ่านค่าที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

- ความชื้น นำตัวอย่างมะม่วงอบแห้ง 3 ผล มาหั่นให้มีขนาดเล็กลง แล้วนำไปปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นผสมจนเป็นเนื้อเดียวกัน แล้วเก็บใส่ในบีกเกอร์ที่ปิดด้วยพาราฟิล์ม แล้วนำไปหาปริมาณความชื้นด้วยเครื่อง Karl Fischer Titrator โดยใช้ตัวทำละลายคือ เมทานอลสัมบูรณ์และฟอร์มามายด์ประมาณ 2:1 ทำการไทเทรต 2 ซ้ำ

- ปริมาณการเกิดสีน้ำตาลทั้งหมด ชั่งตัวอย่าง 5 กรัม หั่นตัวอย่างให้ละเอียดใส่ลงในบีกเกอร์ 100 มิลลิลิตร เติม 2.0% acetic acid ปริมาณ 50 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 2 ชั่วโมง ปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นชนิด UltraTurrax T25 basic 1 นาที นำไป centrifuge ด้วยเครื่อง centrifuge ที่ความเร็วรอบ 8,000 rpm นาน 15 นาที นำส่วนใสมาวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง spectrophotometer โดยใช้ 2.0% acetic acid เป็น blank

- ปริมาณสาร 5-hydroxymethylfurfural (HMF) ชั่งตัวอย่างแห้ง 1 กรัม ใส่ลงในบีกเกอร์ 100 มิลลิลิตรแล้วเติม 95% ethyl alcohol 20 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 15 นาที Homogenized ด้วย UltraTurrax T25 basic เป็นเวลา 1 นาที หลังจากนั้นนำไป centrifuge ด้วยความเร็วรอบ 9,000 rpm นาน 40 นาที ดูดสารละลายส่วนที่ใสมา 2 มิลลิลิตร ใส่ใน screw cap tube ขนาด 16 มิลลิลิตร เติม 12% (w/w) trichloroacetic acid 2 มิลลิลิตร เติม 0.025 M thiobabitoric acid 2 มิลลิลิตร ผสมสารละลายโดยใช้ vortex

mixer นำ screw cap tube พร้อมสารละลายตัวอย่างไปวางใน water bath ที่อุณหภูมิ 40 ± 0.5 องศาเซลเซียส นาน 50 นาที ทำให้เย็นโดยนำหลอดทดลองไป tap water จากนั้นนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 443 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง spectrophotometer นำค่าที่วัดได้เทียบกับกราฟมาตรฐาน

7. การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้านความชอบต่อ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส รสชาติ และ การยอมรับโดยรวม โดยใช้เทคนิคการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธี Hedonic Scale

ลิ้นจี่

1. การเตรียมตัวอย่าง นำลิ้นจี่สดมาปอกเปลือก เอาเมล็ดออก และล้างด้วยน้ำสะอาด เนื้อลิ้นจี่จำนวน 60 ผล น้ำหนักประมาณ 470-600 กรัม ถูกนำมาแช่ในสารละลายออสโมติกต่างๆ

1.1 นำมาทำ treatment C คือสภาวะควบคุม โดยลิ้นจี่จะถูกนำมาแช่ในสารละลาย CaCl_2 ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 (w/v) นาน 20 นาที หลังจากนั้นนำไปล้างด้วยน้ำสะอาด ก่อนนำไปอบแห้ง จนกระทั่งได้ค่า AW ประมาณ 0.6

1.2 treatment A คือการแช่ลิ้นจี่ในสารละลายผสมระหว่าง CaCl_2 ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 (w/v), citric acid ความเข้มข้นร้อยละ 0.3 (w/v), malic acid ความเข้มข้นร้อยละ 0.3 (w/v) และ ascorbic acid ความเข้มข้นร้อยละ 0.3 (w/v) นาน 20 นาที หลังจากนั้นนำไปล้างด้วยน้ำสะอาด ก่อนนำไปอบแห้ง

1.3 treatment G, T, และ GT ลิ้นจี่จะถูกนำมาแช่ในสารละลาย CaCl_2 ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 (w/v) นาน 20 นาที หลังจากนั้นนำไปล้างด้วยน้ำสะอาด ก่อนนำไปแช่ในสารละลายผสมดัง Table 3.2 ที่อุณหภูมิ $60 \pm 2^\circ\text{C}$ นาน 60 นาที ล้างด้วยน้ำสะอาดอีกครั้ง ก่อนนำไปอบแห้ง

Table 3.2 The composition of osmotic solution in the pre-treatment of lychee before drying.

Treatments	Conditions					
	Citric acid (%)	Malic acid (%)	Ascorbic acid (%)	Sucrose (°Brix)	Glycerol (%)	Trehalose (%)
C	-	-	-	-	-	-
A	-	-	-	-	-	-
G	0.3	0.3	0.3	25	5	-
T	0.3	0.3	0.3	25	-	5
GT	0.3	0.3	0.3	25	5	5

2. สภาวะในการอบแห้ง ในการทดลองใช้เครื่องอบแห้งแบบถาด (tray dryer, model HT 15, Institute of Agricultural Engineering in the Tropics and subtropics, University of Hohenheim, Germany) ทำการอบแห้งที่อุณหภูมิ $70 \pm 1^\circ\text{C}$ และความเร็วลม 1m/s จนกระทั่งค่า AW อยู่ในช่วง 0.5-0.6 โดยชั่งน้ำหนักของลิ้นจี่จำนวน 60 ผล ก่อนนำมาเรียงบนถาดอลูมิเนียม แถวละ 5 ผล จำนวน 12 แถว ดังแสดงใน Fig. 3.4 บันทึกการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักระหว่างการอบแห้งทุกๆ ชั่วโมง เพื่อหา drying curve

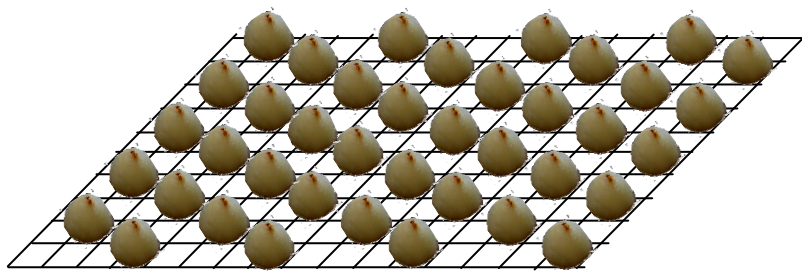


Figure 3.4: The placement of lychee on the aluminium tray.

3. สภาวะในการเก็บรักษา ลิ้นจี่อบแห้งประมาณ 100 กรัม ถูกนำมาบรรจุในถุงโพลีเอทิลีน ขนาด 75 mm × 100 mm ตัวอย่างทั้งหมดนำมาเก็บที่อุณหภูมิ $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ความชื้นสัมพัทธ์ 45-60% ก่อนนำไปวิเคราะห์คุณลักษณะทางเคมีกายภาพต่อไป

4. การวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพ

4.1 ขนาดและน้ำหนัก วัดขนาดของลิ้นจี่จำนวน 20 ผล ทั้งด้านหน้า และด้านข้าง จำนวน 6 ตำแหน่ง ดังแสดงใน Fig. 3.5 โดยใช้ดิจิทัลคาลิเปอร์ (Tchubo GmbH, Hamburg, Germany) และทำการวัดความหนาของเนื้อทั้งที่ส่วนบนและฐานของผลสุ่มลิ้นจี่ทั้งผลจำนวน 20 ผล มาชั่งน้ำหนัก ก่อนปอกเปลือก เพื่อหาน้ำหนักของเปลือก เนื้อ และเมล็ด

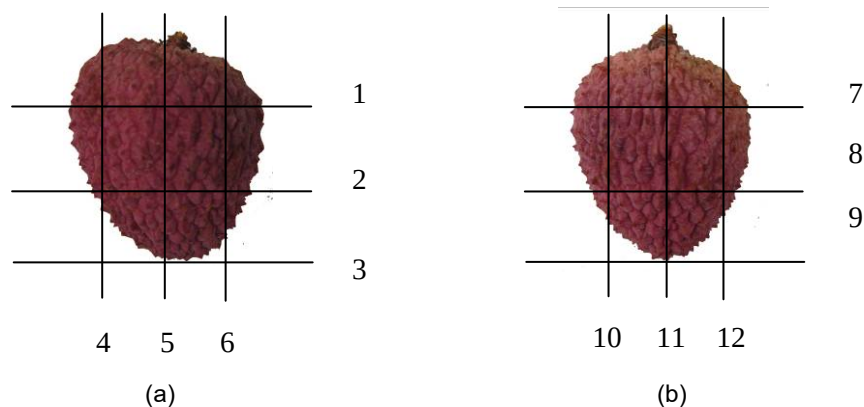


Figure 3.5: The positioning of fresh lychee measurement (a) front and (b) size.

4.2 สี วัดสีของลิ้นจี่จำนวน 10 ผล ต่อ treatment โดยระบบ $L^*a^*b^*$ ตามวิธี CIE (1997) ด้วยเครื่อง Chroma-Meter (model CR-100, Minolta Camera Co., Ltd., Japan) ก่อนการวัดทำการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องด้วย standard white plate D65 ($Y=85.8$, $x=0.314$ และ $y=0.331$) เมื่อ L^* อธิบายถึงค่าความสว่าง ($L^*=0$ สำหรับสีดำ และ $L^*=100$ สำหรับสีขาว) a^* อธิบายถึงค่าความเข้มของสีแดง-เขียว ($a^*>0$ สำหรับสีแดง และ $a^*<0$ สำหรับสีเขียว) b^* อธิบายถึงค่าความเข้มของสีเหลือง-น้ำเงิน ($b^*>0$ สำหรับสีเหลือง และ $b^*<0$ สำหรับสีน้ำเงิน)

สำหรับสีน้ำเงิน) คำนวณค่า Chroma จาก $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ และค่า Hue จาก $h^* = \tan^{-1} (b^*/a^*)$ ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ

5. การวิเคราะห์คุณลักษณะทางเคมี

5.1 ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ (Titratable acidity, TA) ซึ่งน้ำหนักเนื้อประมาณ 5 กรัม จากลิ้นจี่ 10 ผล นำมาปั่นด้วยน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร หลังจากนั้นนำมาไทเทรตด้วยสารละลาย NaOH ความเข้มข้น 0.1 M จนกระทั่งได้ pH เป็น 8.1 ด้วย pH meter (model 340, Wissenschaftlich-technische Werkstaetten GmbH, Weilheim, Germany) ทำการวัด 3 ซ้ำ

5.2 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total soluble solid, TSS) วัด TSS ของน้ำลิ้นจี่จากลิ้นจี่จำนวน 10 ผล ด้วย refractometer (model PR-201, ATAGO Co., Ltd., Japan) แสดงค่าในหน่วยของ °Brix ทำการวัด 3 ซ้ำ

5.3 ความชื้น นำตัวอย่างลิ้นจี่จากเนื้อลิ้นจี่จำนวน 10 ผล มาวัดค่าความชื้นด้วยเครื่อง Karl Fisher titration (model 758 KFD Titrimo, Metrohm GmbH and Co., Switzerland) ทำการวัด 3 ซ้ำ

5.4 วอเตอร์แอคทิวิตี (AW) นำตัวอย่างลิ้นจี่ผสมจากลิ้นจี่จำนวน 15 ผล มาใส่ใน thermostatic chamber นาน 20 นาที เพื่อให้ถึงอุณหภูมิสัมพัทธ์ และควบคุมอุณหภูมิเนื้อตัวอย่างที่ 25°C วัดค่า AW ของตัวอย่างด้วย Rotronic hygrometer (model AW-DIO, Rotronic®, Switzerland) อ่านค่าที่ได้ในรูปของค่าความชื้นสัมพัทธ์ (%RH) คำนวณผล AW จาก $AW = \%RH/100$

5.5 Degree of Browning (DB) ซึ่งน้ำหนักตัวอย่าง 5 กรัม จากลิ้นจี่จำนวน 15 ผล นำมาแช่ในสารละลาย acetic acid ความเข้มข้นร้อยละ 2 (v/v) ปริมาตร 50 มิลลิลิตร นาน 2 ชั่วโมง ต่อมาโฮโมจีไนซ์ให้เข้ากัน นาน 1 นาที ก่อนนำไปเหวี่ยงที่ 8,000 rpm นาน 20 นาที นำสารละลายส่วนใสที่สกัดได้มาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 nm ด้วยเครื่อง UV-Vis spectrophotometer (model UV mini 1240, Shimadzu Corporation, Japan) โดยใช้ acetic acid เป็น blank

5.6 5-hydroxymethylfurfural (HMF) ซึ่งน้ำหนักตัวอย่าง 1 กรัม จากลิ้นจี่จำนวน 15 ผล แล้วเติม ethanol ความเข้มข้นร้อยละ 90 ลงไป โฮโมจีไนซ์ให้เข้ากัน นาน 1 นาที ก่อนนำไปเหวี่ยงที่ 9,000 rpm นาน 1 นาที ปิเปตสารละลายส่วนใสที่ได้ปริมาตร 2 มิลลิลิตร มาผสมกับสารละลายกรด trichloroacetic acid ความเข้มข้นร้อยละ 12 (w/v) ปริมาตร 2 มิลลิลิตร และสารละลายกรด thiobarbituric acid ความเข้มข้น 0.025 M ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ผสมสารให้เข้ากัน แช่ไว้ที่อุณหภูมิ 40°C นาน 50 นาที หลังจากนั้นทำให้เย็น นำสารละลายมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 443 nm ด้วยเครื่อง UV-Vis spectrophotometer (model UV mini 1240, Shimadzu Corporation, Japan)

5.7 Total phenolic content ทำการสกัดตัวอย่างนำตัวอย่างแช่แข็งจำนวน 10 กรัม จากลิ้นจี่จำนวน 15 ผล มาปั่นและผสมกับ ethanol ความเข้มข้นร้อยละ 95 เขย่าให้เข้ากัน ทั้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง และเก็บในที่มืดนาน 3 ชั่วโมง นำตัวอย่างมากรองผ่านกระดาษ Whatman เบอร์ 4 ก่อนนำไประเหยเอา ethanol ออกด้วย rotary evaporator ที่อุณหภูมิ 50°C เก็บสารที่สกัดได้ที่อุณหภูมิ -20°C ก่อนนำไปทดลอง

6. การวิเคราะห์ตัวอย่าง นำตัวอย่างที่สกัดได้มาเจือจางให้ได้ความเข้มข้น 20 mg/ml ปิเปตตัวอย่างมา 200 μ l มาผสมกับ Folin-Ciocalteu reagent ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันอย่างต่อเนื่อง และทิ้งไว้เป็นเวลา 3 นาที ต่อมาเติมสารละลาย Na_2CO_3 ความเข้มข้นร้อยละ 7.5 ปริมาตร 0.8 มิลลิลิตร ลงไป และ

เก็บที่อุณหภูมิห้อง ในที่มีदनาน 2 ชั่วโมง นำสารละลายมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 nm ด้วยเครื่อง UV-Vis spectrophotometer (model UV mini 1240, Shimadzu Corporation, Japan) โดยใช้ gallic acid ในการสร้างกราฟมาตรฐาน

7. Polyphenoloxidase (PPO) activity สักตหา PPO โดยการโฮโมจีไนซ์ตัวอย่าง 2 กรัม จากตัวอย่าง 10 ผล ด้วย sodium thiosulfate buffer (pH 6.8) ความเข้มข้น 0.1 M ปริมาตร 10 มิลลิลิตร และ polyvinylpyrrolidone (insoluble) ปริมาณ 2 กรัม นำไปเหวี่ยงที่ 19,000 g นาน 20 นาที สารละลายส่วนใสที่ได้จะเก็บไว้เป็นสารสกัดของ crude enzyme

การประเมินกิจกรรมของเอนไซม์ทำได้โดยการนำ sodium thiosulfate buffer (pH 6.8) ความเข้มข้น 0.1 M ปริมาตร 1 มิลลิลิตร, 4-methylcatechol ความเข้มข้น 0.1 M ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร และ crude enzyme ที่ได้ 0.5 มิลลิลิตร วัดการเพิ่มขึ้นของค่าการดูดกลืนแสงที่ 410 nm ที่อุณหภูมิ 25°C บันทึก 5 นาที กิจกรรมของเอนไซม์ 1 หน่วย คำนวณจากการเพิ่มขึ้นของค่าการดูดกลืนแสง 0.01 Abs ต่อนาที

8. วิเคราะห์หา Sucrose/D-glucose/D-fructose

8.1 ทำการสกัดตัวอย่าง โดยนำตัวอย่างลิ้นจี่สด และอบแห้งจำนวน 15 และ 8 กรัม มาโฮโมจีไนซ์ และใส่ลงในขวดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร เติม redistilled water ปริมาตร 70 มิลลิลิตร ที่ผ่านการอุ่นที่อุณหภูมิ 60°C ลงในตัวอย่าง แซ่สารผสมที่อุณหภูมิ 60°C ในอ่างควบคุมอุณหภูมิ นาน 20 นาที หลังจากนั้นทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง ปรับปริมาตรของสารผสมให้ได้ 100 มิลลิลิตร ด้วย redistilled water เขย่าให้เข้ากัน และกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 597 ½ นำตัวอย่างที่กรองแล้ว 10 มิลลิลิตร มาใส่ในขวดปริมาตรขนาด 200 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้ได้ 200 มิลลิลิตร ด้วย redistilled water ที่อุณหภูมิห้อง เขย่าให้เข้ากัน

8.2 การวิเคราะห์ตัวอย่างของ Sucrose, D-glucose และ D-fructose โดยใช้วิธี enzymatic bioanalysis (Cat.Nr. 10 716 260 035, Boehringer Mannheim, R-Biopharm AG, Darmstad, Germany) ด้วยเครื่อง UV-Vis spectrophotometer (model UV mini 1240, Shimadzu Corporation, Japan) ที่ความยาวคลื่น 340 nm

9. การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส คัดเลือกตัวอย่างจากการทดลองจำนวน 4 ตัวอย่าง นำมาประเมินผลของการทำ pre-treatment ต่อคุณลักษณะด้านต่างๆ ของลิ้นจี่อบแห้ง ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 10 คน จาก Institute of Agricultural Engineering in the Tropics and Subtropics ที่มหาวิทยาลัย Hohenheim และภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร ประเมินด้วยวิธี 7-point hedonic scale ด้าน color, taste (sweetness, sourness, bitterness, aroma), texture (hardness, stickiness) และ overall acceptance แสดงผลการทดสอบในรูปของค่าเฉลี่ยระดับคุณภาพ

10. การวิเคราะห์ทางสถิติ ด้วยโปรแกรม General Linear Model (GLM) หาค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรม SAS (Ver 8.1, SAS Inst., Cary, NC, USA)

การทดลองที่ 2 การหาสภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งผลิตภัณฑ์ลีนจี

ลีนจี

1. ลีนจีพันธุ์ Mc Lean Red สดที่ใช้ในการทดลองซื้อจากตลาดในเมือง Stuttgart ประเทศเยอรมัน ระหว่างเดือนมีนาคม ปี 2008 และส่งมายัง Institute of Agricultural Engineering in the Tropics and Subtropics ที่มหาวิทยาลัย Hohenheim หลังจากนั้นทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°C จนกระทั่งทำการทดลอง

2. การเตรียมตัวอย่าง ลีนจีสดถูกนำมาปอกเปลือก เอาเมล็ดออก และล้างด้วยน้ำสะอาด เนื้อลีนจี จำนวน 60 ผล น้ำหนักประมาณ 470-600 กรัม ถูกนำมาแช่ในสารละลายออสโมติกต่างๆ ดังนี้

2.1 treatment C คือสภาวะควบคุม โดยลีนจีจะถูกนำมาแช่ในสารละลาย CaCl_2 ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 (w/v) นาน 20 นาที หลังจากนั้นนำไปล้างด้วยน้ำสะอาด ก่อนนำไปอบแห้ง จนกระทั่งได้ค่า AW ประมาณ 0.6

2.2 treatment A คือการแช่ลีนจีในสารละลายผสมระหว่าง CaCl_2 ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 (w/v), citric acid ความเข้มข้นร้อยละ 0.3 (w/v), malic acid ความเข้มข้นร้อยละ 0.3 (w/v) และ ascorbic acid ความเข้มข้นร้อยละ 0.3 (w/v) นาน 20 นาที หลังจากนั้นนำไปล้างด้วยน้ำสะอาด ก่อนนำไปอบแห้ง

2.3 treatment G และ T ลีนจีจะถูกนำมาแช่ในสารละลาย CaCl_2 ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 (w/v) นาน 20 นาที หลังจากนั้นนำไปล้างด้วยน้ำสะอาด ก่อนนำไปแช่ในสารละลายผสมดังตารางที่ 3.3.2 ที่อุณหภูมิ $60 \pm 2^{\circ}\text{C}$ นาน 60 นาที ล้างด้วยน้ำสะอาดอีกครั้ง ก่อนนำไปอบแห้ง

3. สภาวะในการอบแห้ง ในการทดลองใช้เครื่องอบแห้งแบบถาด (tray dryer, model HT 15, Institute of Agricultural Engineering in the Tropics and subtropics, University of Hohenheim, Germany) ทำการอบแห้งที่อุณหภูมิ 4 ระดับคือ (1) 80°C (2) step-wise 80°C นาน 2 ชั่วโมง และเปลี่ยนเป็น 70°C (3) 70°C และ (4) step-wise 70°C นาน 3 ชั่วโมง และเปลี่ยนเป็น 60°C ทั้งนี้ระยะเวลาที่ใช้ก่อนจะทำการเปลี่ยนระดับของอุณหภูมิในการอบแบบ step-wise จะพิจารณาจากค่า L^* , a^* , และ b^* ประมาณ 57.00, 0.35, และ 3.50 ตามลำดับ เนื่องจากหลังจากนี้ค่าของสีจะเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความเร็วลม 1m/s อบจนกระทั่งค่า AW ต่ำกว่า 0.5

โดยชั่งน้ำหนักของลีนจีจำนวน 60 ผล ก่อนนำมาเรียงบนถาดอลูมิเนียม แฉกละ 5 ผล จำนวน 12 แถว ดังแสดงในรูปที่ 3.3.2 บันทึกการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักระหว่างการอบแห้งทุกๆ ชั่วโมง เพื่อหา drying curve

4. สภาวะในการเก็บรักษา ลีนจีอบแห้งประมาณ 100 กรัม ถูกนำมาบรรจุในถุงโพลีเอทิลีน ขนาด $75\text{ mm} \times 100\text{ mm}$ ตัวอย่างทั้งหมดนำมาเก็บที่อุณหภูมิ $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ความชื้นสัมพัทธ์ 45-60% ทำการสุ่มตัวอย่างทุกๆ 1 เดือน เป็นระยะเวลา 5 เดือน เพื่อวิเคราะห์คุณลักษณะทางเคมีกายภาพ

5. การวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพ

5.1 ขนาดและน้ำหนัก วัดขนาดของลีนจีจำนวน 20 ผล ทั้งด้านหน้า และด้านข้าง จำนวน 6 ตำแหน่ง ดังแสดงในรูปที่ 3.3.3 โดยใช้ดิจิตอลคาลิเปอร์ (Tchubo GmbH, Hamburg, Germany) และทำการวัดความหนาของเนื้อทั้งที่ส่วนบน และฐานของผล สุ่มลีนจีทั้งผลจำนวน 20 ผล มาชั่งน้ำหนัก ก่อนปอกเปลือกเพื่อหาน้ำหนักของเปลือก เนื้อ และเมล็ด

5.2 สี วัดสีของลันจีจำนวน 10 ผล ต่อ treatment โดยระบบ $L^*a^*b^*$ ตามวิธี CIE (1997) ด้วยเครื่อง Chroma-Meter (model CR-100, Minolta Camera Co., Ltd., Japan) ก่อนการวัดทำการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องด้วย standard white plate D65 ($Y=85.8$, $x=0.314$ และ $y=0.331$) เมื่อ L^* อธิบายถึงค่าความสว่าง ($L^*=0$ สำหรับสีดำ และ $L^*=100$ สำหรับสีขาว) a^* อธิบายถึงค่าความเข้มของสีแดง-เขียว ($a^*>0$ สำหรับสีแดง และ $a^*<0$ สำหรับสีเขียว) b^* อธิบายถึงค่าความเข้มของสีเหลือง-น้ำเงิน ($b^*>0$ สำหรับสีเหลือง และ $b^*<0$ สำหรับสีน้ำเงิน) คำนวณค่า Chroma จาก $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ และค่า Hue จาก $h^* = \tan^{-1} (b^*/a^*)$ ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ

6. การวิเคราะห์คุณลักษณะทางเคมี

6.1 ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเตรตได้ (Titratable acidity, TA) ชั่งน้ำหนักเนื้อประมาณ 5 กรัม จากลันจี 10 ผล นำมาปั่นด้วยน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร หลังจากนั้นนำมาไตเตรทด้วยสารละลาย NaOH ความเข้มข้น 0.1 M จนกระทั่งได้ pH เป็น 8.1 ด้วย pH meter (model 340, Wissenschaftlich-technische Werkstaetten GmbH, Weilheim, Germany) ทำการวัด 3 ซ้ำ

5.2 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total soluble solid, TSS) วัด TSS ของน้ำลันจีจากลันจีจำนวน 10 ผล ด้วย refractometer (model PR-201, ATAGO Co., Ltd., Japan) แสดงค่าในหน่วยของ $^{\circ}\text{Brix}$ ทำการวัด 3 ซ้ำ

5.3 ความชื้น นำตัวอย่างลันจีจากเนื้อลันจีจำนวน 10 ผล มาวัดค่าความชื้นด้วยเครื่อง Karl Fisher titration (model 758 KFD Titrimo, Metrohm GmbH and Co., Switzerland) ทำการวัด 3 ซ้ำ

5.4 วอเตอร์แอคทีวิตี้ (AW) นำตัวอย่างลันจีผสมจากลันจีจำนวน 15 ผล มาใส่ใน thermostatic chamber นาน 20 นาที เพื่อให้ถึงอุณหภูมิสัมพัทธ์ และควบคุมอุณหภูมิเหนือตัวอย่างที่ 25°C วัดค่า AW ของตัวอย่างด้วย Rotronic hygrometer (model AW-DIO, Rotronic®, Switzerland) อ่านค่าที่ได้ในรูปของค่าความชื้นสัมพัทธ์ (%RH) คำนวณผล AW จาก $AW = \%RH/100$

5.5 Degree of Browning (DB) ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 5 กรัม จากลันจีจำนวน 15 ผล นำมาแช่ในสารละลาย acetic acid ความเข้มข้นร้อยละ 2 (v/v) ปริมาตร 50 มิลลิลิตร นาน 2 ชั่วโมง ต่อมาโฮโมจีไนซ์ให้เข้ากัน นาน 1 นาที ก่อนนำไปเหวี่ยงที่ 8,000 rpm นาน 20 นาที นำสารละลายส่วนใสที่สกัดได้มาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 nm ด้วยเครื่อง UV-Vis spectrophotometer (model UV mini 1240, Shimadzu Corporation, Japan) โดยใช้ acetic acid เป็น blank

5.6 5-hydroxymethylfurfural (HMF) ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 1 กรัม จากลันจีจำนวน 15 ผล แล้วเติม ethanol ความเข้มข้นร้อยละ 90 ลงไป โฮโมจีไนซ์ให้เข้ากัน นาน 1 นาที ก่อนนำไปเหวี่ยงที่ 9,000 rpm นาน 1 นาที ปิเปตสารละลายส่วนใสที่ได้ปริมาตร 2 มิลลิลิตร มาผสมกับสารละลายกรด trichloroacetic acid ความเข้มข้นร้อยละ 12 (w/v) ปริมาตร 2 มิลลิลิตร และสารละลายกรด thiobarbituric acid ความเข้มข้น 0.025 M ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ผสมสารให้เข้ากัน แช่ไว้ที่อุณหภูมิ 40°C นาน 50 นาที หลังจากนั้นทำให้เย็น นำสารละลายมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 443 nm ด้วยเครื่อง UV-Vis spectrophotometer (model UV mini 1240, Shimadzu Corporation, Japan)

5.7 Total phenolic content เตรียมการสกัดตัวอย่างแช่แข็งจำนวน 10 กรัม จากลันจีจำนวน 15 ผล มาปั่นและผสมกับ ethanol ความเข้มข้นร้อยละ 95 เขย่าให้เข้ากัน ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง และเก็บ

ในที่มืดนาน 3 ชั่วโมง นำตัวอย่างมากรองผ่านกระดาษ Whatman เบอร์ 4 ก่อนนำไประเหยเอา ethanol ออกด้วย rotary evaporator ที่อุณหภูมิ 50°C เก็บสารที่สกัดได้ที่อุณหภูมิ -20°C ก่อนนำไปทดลอง

6. วิเคราะห์ตัวอย่าง ที่สกัดได้มาเจือจางให้ได้ความเข้มข้น 20 mg/ml ปิเปตตัวอย่างมา 200 μ l มาผสมกับ Folin-Ciocalteu reagent ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันอย่างต่อเนื่อง และทิ้งไว้เป็นเวลา 3 นาที ต่อมาเติมสารละลาย Na_2CO_3 ความเข้มข้นร้อยละ 7.5 ปริมาตร 0.8 มิลลิลิตร ลงไป และเก็บที่อุณหภูมิห้อง ในที่มืดนาน 2 ชั่วโมง นำสารละลายมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 nm ด้วยเครื่อง UV-Vis spectrophotometer (model UV mini 1240, Shimadzu Corporation, Japan) โดยใช้ gallic acid ในการสร้างกราฟมาตรฐาน

7. Polyphenoloxidase (PPO) activity สกัดหา PPO โดยการโฮโมจีไนซ์ตัวอย่าง 2 กรัม จากตัวอย่าง 10 ผล ด้วย sodium thiosulfate buffer (pH 6.8) ความเข้มข้น 0.1 M ปริมาตร 10 มิลลิลิตร และ polyvinylpyrrolidone (insoluble) ปริมาณ 2 กรัม นำไปเหวี่ยงที่ 19,000 g นาน 20 นาที สารละลายส่วนใสที่ได้จะเก็บไว้เป็นสารสกัดของ crude enzyme

8. การประเมินกิจกรรมของเอนไซม์ทำได้โดยการนำ sodium thiosulfate buffer (pH 6.8) ความเข้มข้น 0.1 M ปริมาตร 1 มิลลิลิตร, 4-methylcatechol ความเข้มข้น 0.1 M ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร และ crude enzyme ที่ได้ 0.5 มิลลิลิตร วัดการเพิ่มขึ้นของค่าการดูดกลืนแสงที่ 410 nm ที่อุณหภูมิ 25°C บันทึก 5 นาที กิจกรรมของเอนไซม์ 1 หน่วย คำนวณจากการเพิ่มขึ้นของค่าการดูดกลืนแสง 0.01 Abs ต่อนาที

9. Sucrose/D-glucose/D-fructose เตรียมการสกัดตัวอย่าง โดยนำตัวอย่างลีนจีสด และอบแห้งจำนวน 15 และ 8 กรัม มาโฮโมจีไนซ์ และใส่ลงในขวดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น redistilled water ปริมาตร 70 มิลลิลิตร ที่ผ่านการอุ่นที่อุณหภูมิ 60°C ลงในตัวอย่าง แซ่สารผสมที่อุณหภูมิ 60°C ในอ่างควบคุมอุณหภูมิ นาน 20 นาที หลังจากนั้นทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง ปรับปริมาตรของสารผสมให้ได้ 100 มิลลิลิตร ด้วย redistilled water เขย่าให้เข้ากัน และกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 597 1/2 นำตัวอย่างที่กรองแล้ว 10 มิลลิลิตร มาใส่ในขวดปริมาตรขนาด 200 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้ได้ 200 มิลลิลิตร ด้วย redistilled water ที่อุณหภูมิห้อง เขย่าให้เข้ากัน

10. การวิเคราะห์ตัวอย่าง Sucrose, D-glucose และ D-fructose โดยใช้วิธี enzymatic bioanalysis (Cat. Nr. 10 716 260 035, Boehringer Mannheim, R-Biopharm AG, Darmstad, Germany) ด้วยเครื่อง UV-Vis spectrophotometer (model UV mini 1240, Shimadzu Corporation, Japan) ที่ความยาวคลื่น 340 nm

11. การวิเคราะห์ทางสถิติ ด้วยโปรแกรม General Linear Model (GLM) หาค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรม SAS (Ver 8.1, SAS Inst., Cary, NC, USA)

บทที่ 3 วิธีการศึกษาทดลอง
การทำผลิตภัณฑ์ มะม่วง ลิ้นจี่ และลำไยผง โดยใช้เทคนิค
ลดขนาดที่อุณหภูมิต่ำมาก

วัตถุดิบ	1) มะม่วงพันธุ์โชคอนันต์จากโครงการวิจัยการใช้ที่ดินและพัฒนาชนบทที่สูงอย่างยั่งยืน 2) ลิ้นจี่พันธุ์ฮวงฮวยจากโครงการวิจัยการใช้ที่ดินและพัฒนาชนบทที่สูงอย่างยั่งยืน 3) ลำไยพันธุ์ฮวดจากโครงการวิจัยการใช้ที่ดินและพัฒนาชนบทที่สูงอย่างยั่งยืน
อุปกรณ์	- ถาดตะแกรงร่อน (sieve tray, Endecotts, ASTM E11) - เครื่องร่อน (Cinderella, Model Octagon 200) - อลูมิเนียมฟอยล์ - เครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง - เครื่องบด hammer mill (Armfield Hammer Mill FT2-A, UK) - เครื่องหมุนเหวี่ยง (Nuve, Turkey) - ตู้แช่เยือกแข็ง -20 องศาเซลเซียส - ถังเก็บไนโตรเจนเหลวขนาด 20 ลิตร - เครื่องอบแห้งแบบถาด (Armfield tray dryer) - เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง (Scout Pro, USA) - เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Oertling, UK) - เครื่องวัดค่า water activity, aW (Novasina MS1-Set-Aw, Switzerland) - กระบอกตวงขนาด 100 มิลลิลิตร - เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (PerkinElmer Instruments, Shelton, USA, Model No.Lambda 25 UV/VIS Spectrometer) - เครื่องวัดค่าสีระบบ Hunter (Minolta, Model CR 300, Japan) - เครื่องวัดระดับความชื้น (moisture content, Sartorius AG, Model MA35, Germany) - ไมโครปิเปตขนาด 5000, 200 และ 20 ไมโครลิตร พร้อมปิเปตทิป
สารเคมี	- ไนโตรเจนเหลว (บริษัทลานนาอินดัสเตรียลแก๊ส อำเภอสารภี จังหวัดเชียงใหม่) - Calcium carbide (CaC₂, ร้านดำรงชีพ อำเภอสารภี จังหวัดเชียงใหม่) - Potassium dihydrogen phosphate (KH₂PO₄, Ajax, Cat. No. A391) - Dipotassium hydrogen phosphate (K₂HPO₄, Merck, Cat No. 1.05104.1000) - Sodium hydroxide (NaOH, Lab Scan, Cat. No. K2001) - Pyrocatechol (Sigma, Cat. No. C9510) - L-Ascorbic acid (Prolabo, Cat. No. 20 150.231) - Ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA, Ajax, Cat. No. A180)

- Tyrosinase (polyphenol oxidase, catechol oxidase, Sigma, Cat. No. T3824)
- Guaiacol (Merck, Cat. No. 1.04212.0250)
- Peroxidase (POD, Sigma, Cat. No. P8250)
- Hydrogen peroxide (H₂O₂, Merck, Cat. No. 8.22287.1000)

วิธีการทดลอง

1. วิธีการเตรียมตัวอย่างก่อนผ่านกระบวนการแปรรูป ทำการล้างล้นจี ลำไย และมะม่วง จากโครงการวิจัยการใช้ที่ดินและพัฒนาชนบทที่สูงอย่างยั่งยืน ดัง Fig. 3.1 ในกรณีของล้นจีและลำไย ทำการล้างวัตถุดิบให้สะอาด สะเด็ดน้ำให้แห้ง แล้วปอกเปลือกออก แยกเนื้อ เปลือก และเมล็ดออกจากกัน ดัง Fig. 3.2 – 3.3 ในกรณีของมะม่วง ซึ่งยังเป็นมะม่วงดิบ ทำการแบ่งมะม่วงออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละประมาณ 6 กิโลกรัม แล้ววางเรียงเป็นชั้นในภาชนะปิด จำนวน 3 ชั้น ทำการคั่นระหว่างชั้นด้วยผ้า ในแต่ละชั้นทำการบรรจุแก๊สก่อน (แคลเซียมคาร์ไบด์) 3 กิโลกรัม เพื่อปลดปล่อยก๊าซอะเซทิลีน ช่วยเร่งการสุกของผลมะม่วง ดัง Fig. 3.4 เป็นระยะเวลา 12 วัน เมื่อมะม่วงสุกแล้ว ทำการแช่แข็งผลมะม่วงทั้งผลในตู้แช่ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมง ก่อนนำมาละลายที่อุณหภูมิห้อง เพื่อให้แยกเปลือกและเมล็ด ออกจากเนื้อมะม่วงได้โดยสะดวก ดัง Fig. 3.5 ทำการแช่แข็งเนื้อผลไม้ทั้งสามชนิดในตู้แช่ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ก่อนนำมาผ่านกระบวนการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ผลไม้ผง โดยการใช้เทคนิคการลดขนาดที่อุณหภูมิต่ำมากด้วยการผสมผสานขั้นตอนการเติมไนโตรเจนเหลว และเครื่องบด hammer mill ที่มีขนาดรูเปิดของตะแกรงคัดขนาดเท่ากับ 3 มิลลิเมตร ดัง Fig. 3.6 เข้ากับวิธีการทำแห้งแบบถาด และวิธีการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง



Figure 3.1: Lychee (a), longan (b), and mango fruits (c) obtained from Sustainable Land Use and Rural Development in Mountainous Area (Stage 3) Project.



Figure 3.2: Lychee flesh was separated from peel and seed prior to storage at -20°C . The flesh was subsequently used in the fruit powder production.



Figure 3.3: Longan flesh was separated from peel and seed prior to storage at -20°C . The flesh was subsequently used in the fruit powder production.

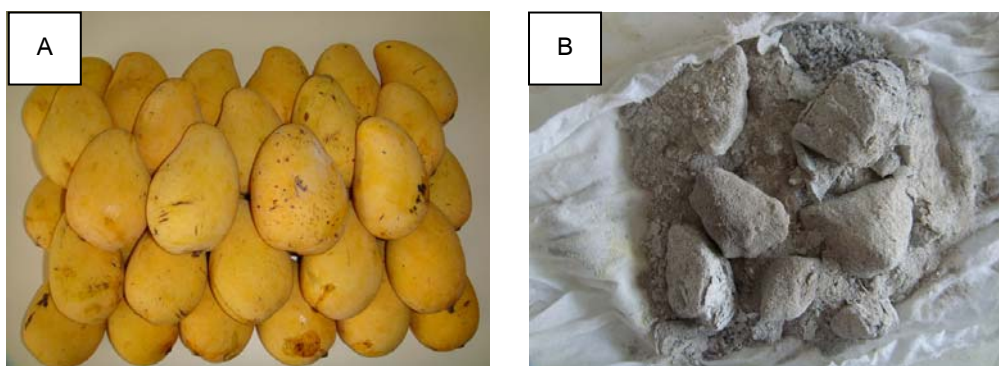


Figure 3.4: Riped mango (a) after incubation with calcium carbide (b) for 12 days.

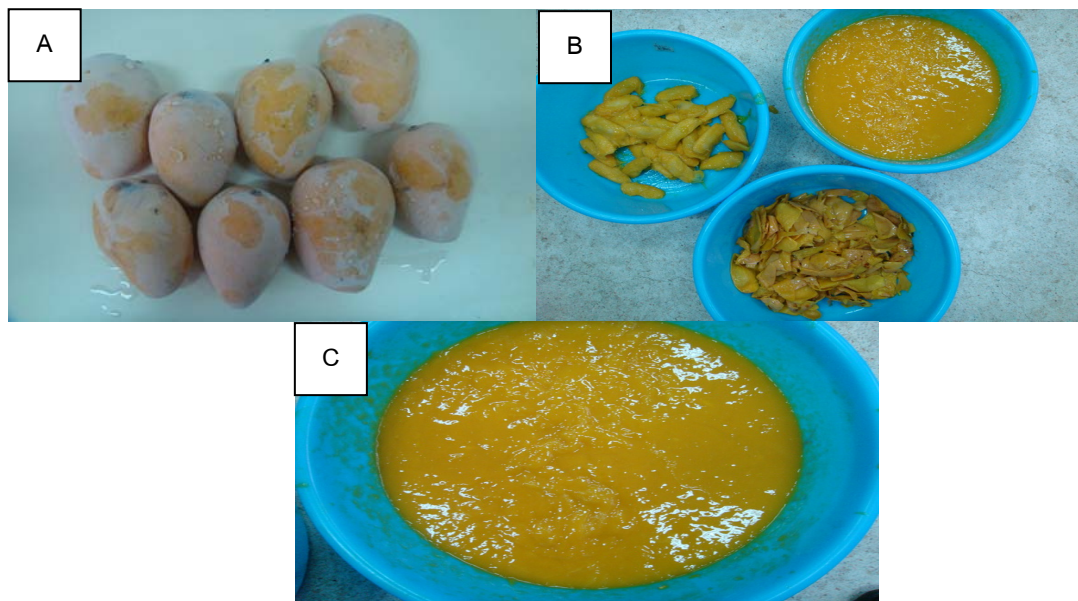


Figure 3.5: The freezing of riped mango whole fruit at -20°C (a) which was followed by thawing at room temperature resulted in the convenient separation of peel, pericarp and puree (b). The mango puree (c) was then used in the later stage for production of mango powder.

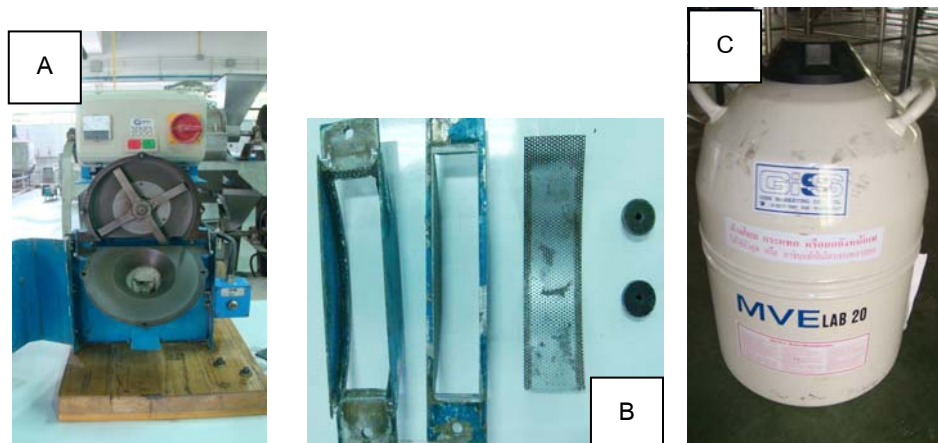


Figure 3.6: Hammer mill (a), sieve tray assembly (b), and liquid nitrogen tank used in the experiment.

2. วิธีการแปรรูปผลิตภัณฑ์ผลไม้ผง นำเนื้อผลไม้ทั้งสามชนิดมาละลายที่อุณหภูมิห้อง แล้วแบ่งผลไม้แต่ละชนิดออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่หนึ่งปริมาณ 100 กรัม จำนวน 3 ซ้ำ สำหรับการวิเคราะห์ค่าสี ค่า water activity (aw) ค่าปริมาณความชื้น ค่ากิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ peroxidase และ polyphenol oxidase ส่วนที่สองปริมาณ 200 กรัม สำหรับวิธีการแปรรูปผลิตภัณฑ์ผลไม้ผง 3 วิธีการ ดัง Fig. 3.7 วิธีการละ 3 ซ้ำ

2.1 วิธีการแรก (1) นำเนื้อผลไม้แต่ละชนิดไปแช่ไนโตรเจนเหลวเป็นเวลา 2 นาที ก่อนที่จะ (2) นำตัวอย่างที่ได้ไปบดในเครื่องบด hammer mill ที่มีการเติมไนโตรเจนเหลวอย่างต่อเนื่องเพื่อลดความร้อน

ที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการบด ดัง Fig. 3.8 จากนั้น (3) นำตัวอย่างที่ได้ไปทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งเป็นเวลา 48 ชั่วโมง ดัง Fig. 3.9 แล้วจึงนำไปบดในเครื่องบด hammer mill ที่มีการเติมไนโตรเจนเหลวอย่างต่อเนื่องอีกครั้งหนึ่ง จนกระทั่งได้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงรูปลักษณะ ดัง Fig. 3.10

2.2 วิธีการที่สอง (1) นำเนื้อผลไม้แต่ละชนิดไปแช่ไนโตรเจนเหลวเป็นเวลา 2 นาที ดัง Fig. 3.11 ก่อนที่จะ (2) นำตัวอย่างที่ได้ไปทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งเป็นเวลา 48 ชั่วโมง ดัง Fig. 3.12 แล้วจึง (3) นำตัวอย่างที่ได้ไปบดในเครื่องบด hammer mill ที่มีการเติมไนโตรเจนเหลวอย่างต่อเนื่อง ทำซ้ำ 2 ครั้ง จนกระทั่งได้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงรูปลักษณะ ดัง Fig. 3.13

2.3 วิธีการที่สาม (1) นำเนื้อผลไม้แต่ละชนิดไปอบแห้งในเครื่องทำแห้งแบบถาดที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ดัง Fig. 3.14 ก่อนที่จะ (2) นำตัวอย่างที่ได้ไปแช่ไนโตรเจนเหลวเป็นเวลา 2 นาที แล้วจึง (3) นำตัวอย่างที่ได้ไปบดในเครื่องบด hammer mill ที่มีการเติมไนโตรเจนเหลวอย่างต่อเนื่อง ทำซ้ำ 2 ครั้ง จนกระทั่งได้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงรูปลักษณะ ดัง Fig. 3.15 – 3.16

นำตัวอย่างผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ได้จากแต่ละวิธีการแปรรูปไปวิเคราะห์ค่าสี (L a b) ค่า water activity (aw) ค่าปริมาณความชื้น ค่ากิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ peroxidase และ polyphenol oxidase และในกรณีที่ได้ผลิตภัณฑ์เป็นผง นำไปผ่านตะแกรงร่อนแล้วคำนวณขนาดและการกระจายตัวของอนุภาค

3 วิธีการวิเคราะห์ค่ากิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ peroxidase (POD) ดัดแปลงมาจากวิธีการของ Maehly (1955), Bergmeyer (1974) และ Tijssen และ Kurstak (1984) หลักการวิเคราะห์ค่ากิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ peroxidase อาศัยหลักการที่โมเลกุลของ guaiacol ถูกออกซิไดซ์ด้วย hydrogen peroxide โดยการเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์ peroxidase ให้กลายเป็นโมเลกุลสีส้มของ tetraguaiacol และน้ำ อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะขึ้นอยู่กับปริมาณของเอนไซม์ peroxidase ที่มีอยู่ในตัวอย่างผลไม้แต่ละชนิด การตรวจวัดปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นสามารถทำได้โดยใช้ spectrophotometer ที่มีการควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 25 องศาเซลเซียส ตรวจวัดระดับการเปลี่ยนแปลงของการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 436 นาโนเมตรต่อนาที ในช่วงที่จลนพลศาสตร์ของการดูดกลืนแสงเป็นเส้นตรง โดยรายงานในรูปของค่ากิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ peroxidase ต่อปริมาตรตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร วิธีการวิเคราะห์ทำดังนี้

3.1 ทำการเตรียมสารละลายโปแตสเซียมฟอสเฟตบัฟเฟอร์เข้มข้น 100 มิลลิโมลาร์ โดยชั่งสาร KH_2PO_4 จำนวน 6.80 กรัม ละลายในน้ำกลั่น ปรับระดับ pH เท่ากับ 7.0 ด้วย KOH เข้มข้น 1 โมลาร์ ปริมาตรสุดท้าย 500 มิลลิลิตร

3.2 ทำการเตรียมสารละลาย guaiacol เข้มข้น 18 มิลลิโมลาร์ โดยชั่งสาร guaiacol 22.3 มิลลิกรัม เติมน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร

3.3 ทำการเตรียมสารละลาย H_2O_2 โดยการเจือจางสารละลาย H_2O_2 เข้มข้น 30% ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่นให้ปริมาตรสุดท้ายเท่ากับ 120 มิลลิลิตร

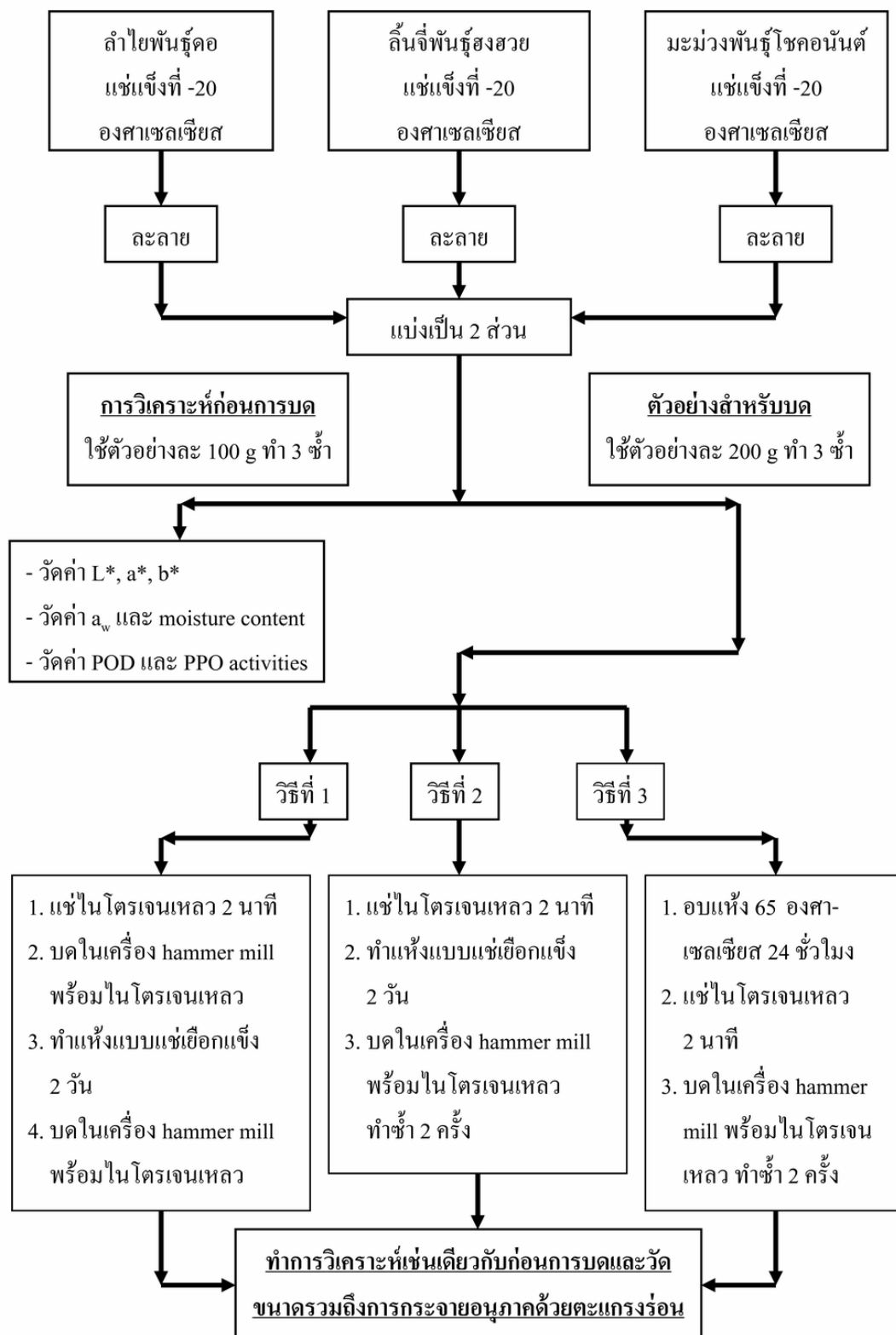


Figure 3.7: Experimental plan of cryogenic size reduction and corresponding analysis methods.

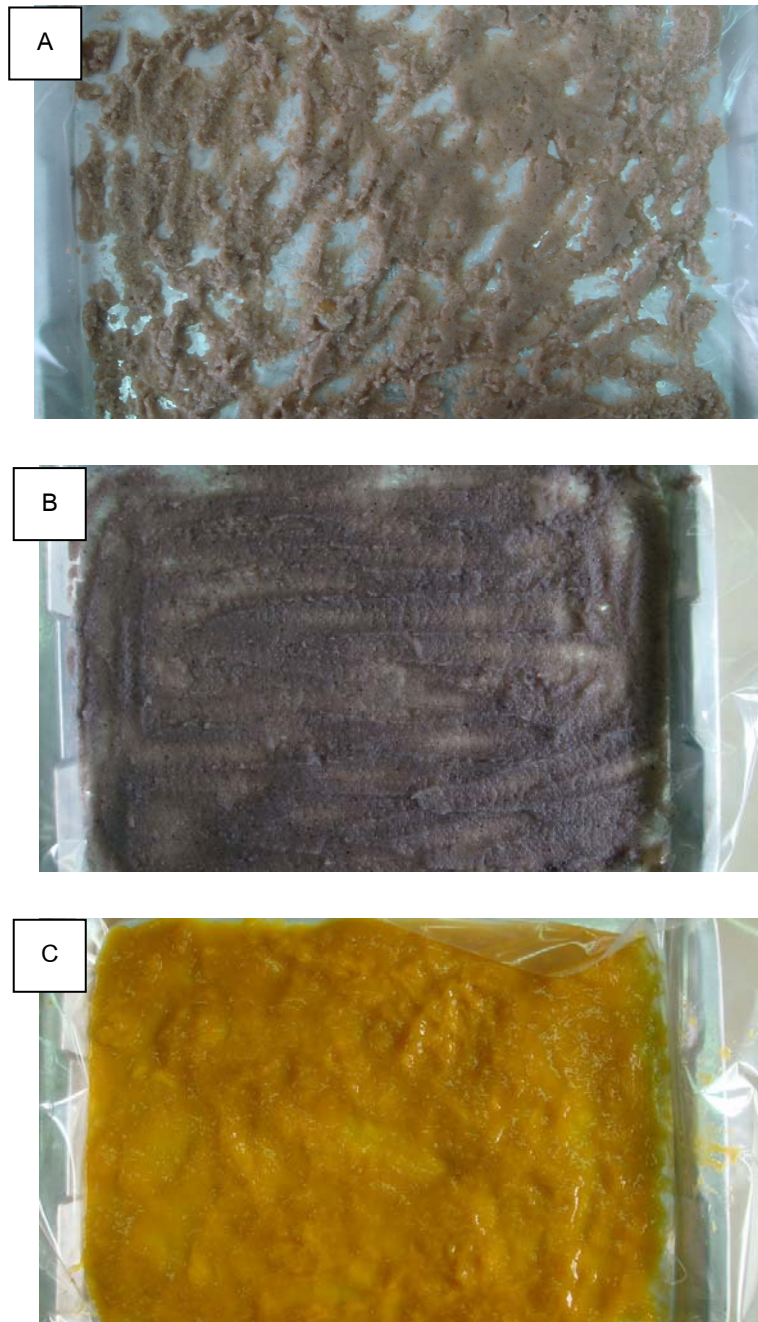


Figure 3.8: The flesh of lychee (a), longan (b), and mango (c) fruits which were frozen in the liquid nitrogen for 2 min and ground in the hammer mill with addition of liquid nitrogen (after second step of method 1).



Figure 3.9: The flesh of lychee (a), longan (b), and mango (c) fruits which were frozen in the liquid nitrogen for 2 min, ground in the hammer mill with addition of liquid nitrogen, and freeze dried for 48 h (after third step of method 1). The samples were later packed in vacuum bags.

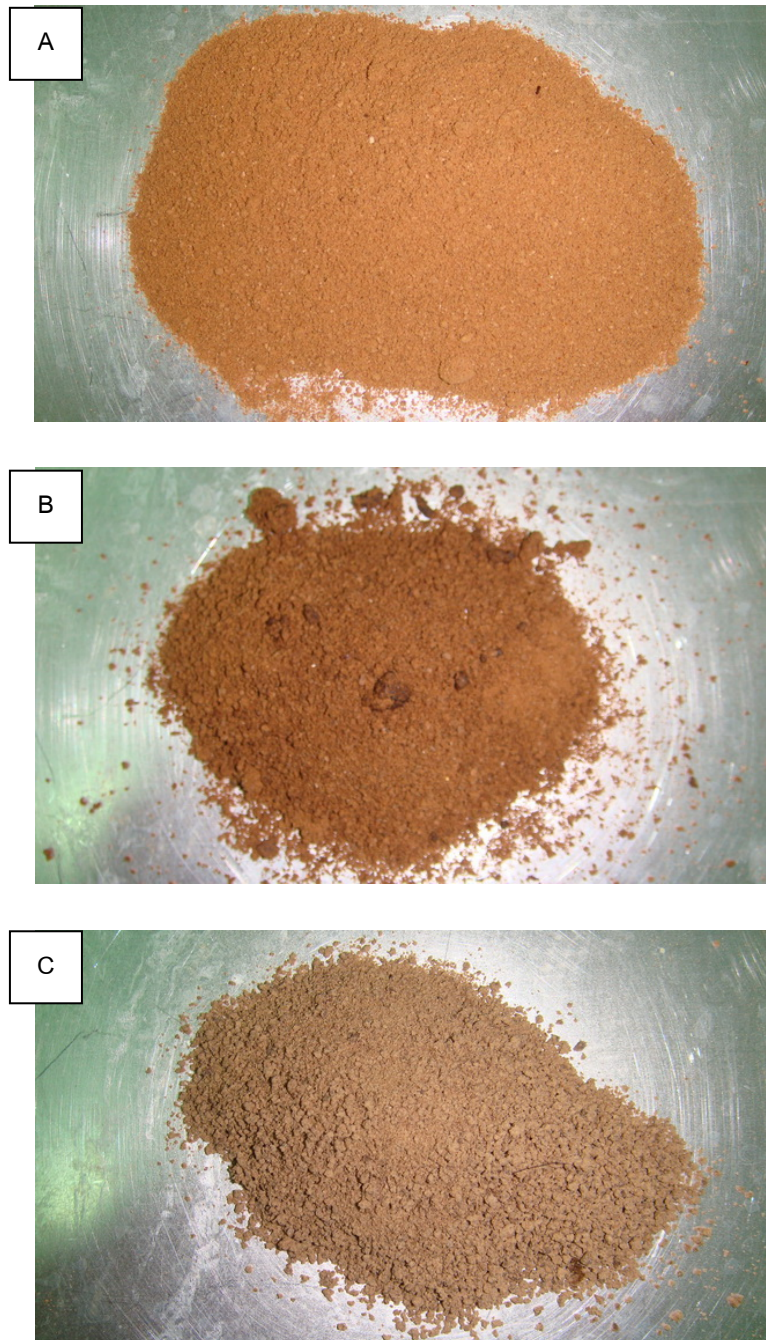


Figure 3.10: The comparative appearance of lychee powder (a), longan powder (b), and mango powder (c) which were obtained from the immersion of fruit flesh in liquid nitrogen for 2 min, grinding in a hammer mill with continuous addition of nitrogen, freeze dried for 48 h, and subsequently grinding in the hammer mill again with continuous addition of liquid nitrogen (after the final step of method 1).

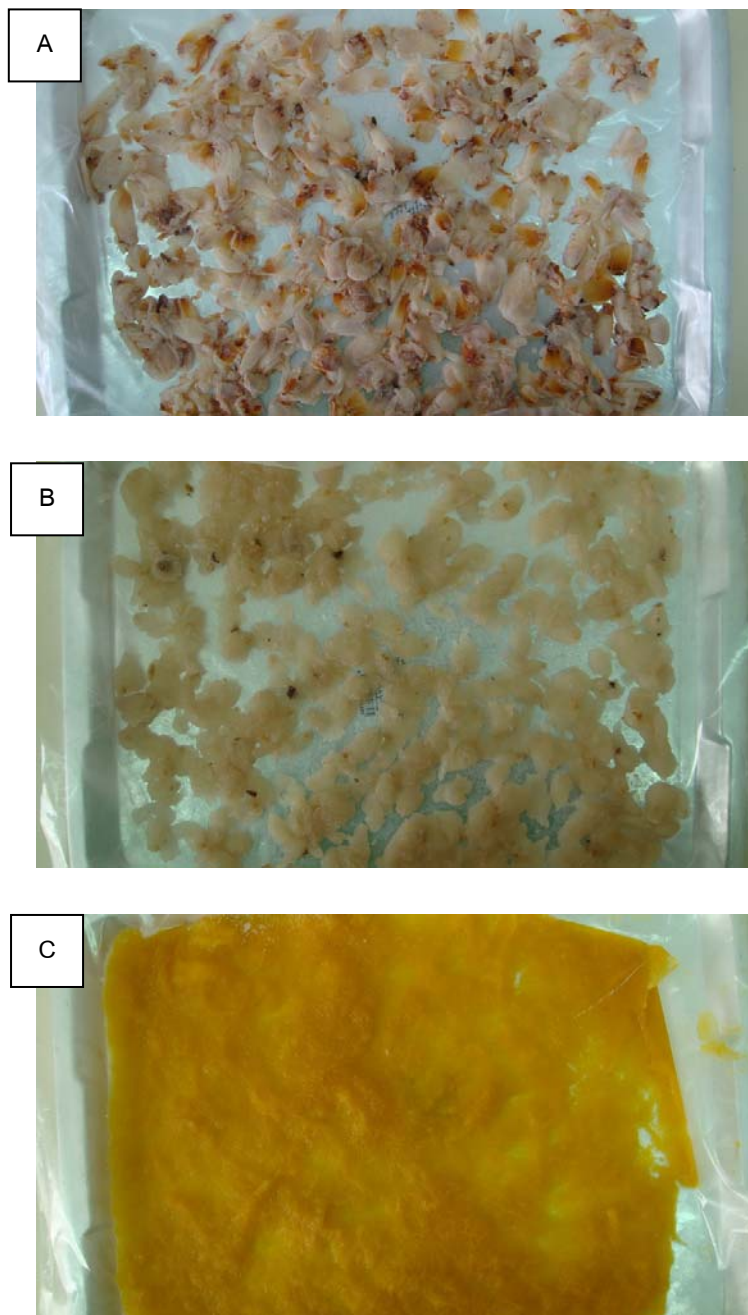


Figure 3.11: The flesh of lychee (a), longan (b), and mango (c) fruits which were frozen in the liquid nitrogen for 2 min prior to freeze drying (after first step of method 2).

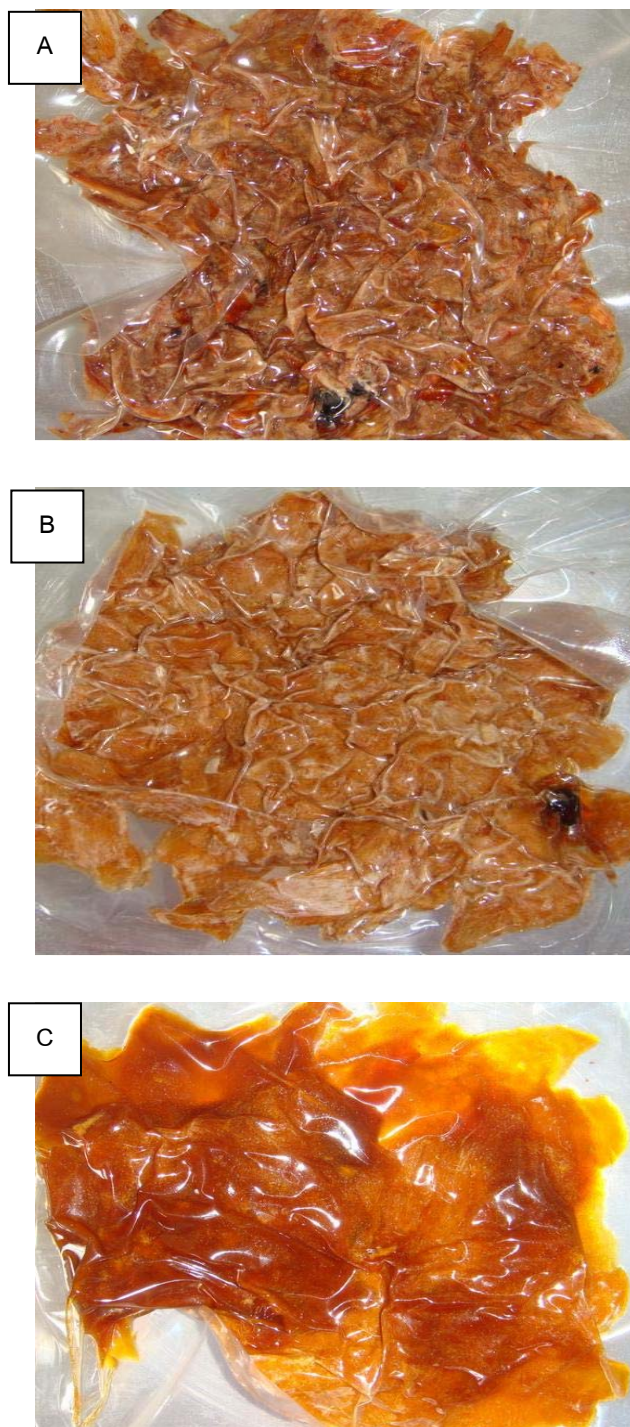


Figure 3.12: The flesh of lychee (a), longan (b), and mango (c) fruits which were frozen in the liquid nitrogen for 2 min and freeze dried for 48 h (after second step of method 2). The samples were later packed in vacuum bags.



Figure 3.13: The comparative appearance of lychee powder (a), clumped longan product (b), and mango powder (c) which were obtained from the immersion of fruit flesh in liquid nitrogen for 2 min, freeze dried for 48 h, and subsequently ground twice with hammer mill during which liquid nitrogen was added in continuously (after the final step of method 2).

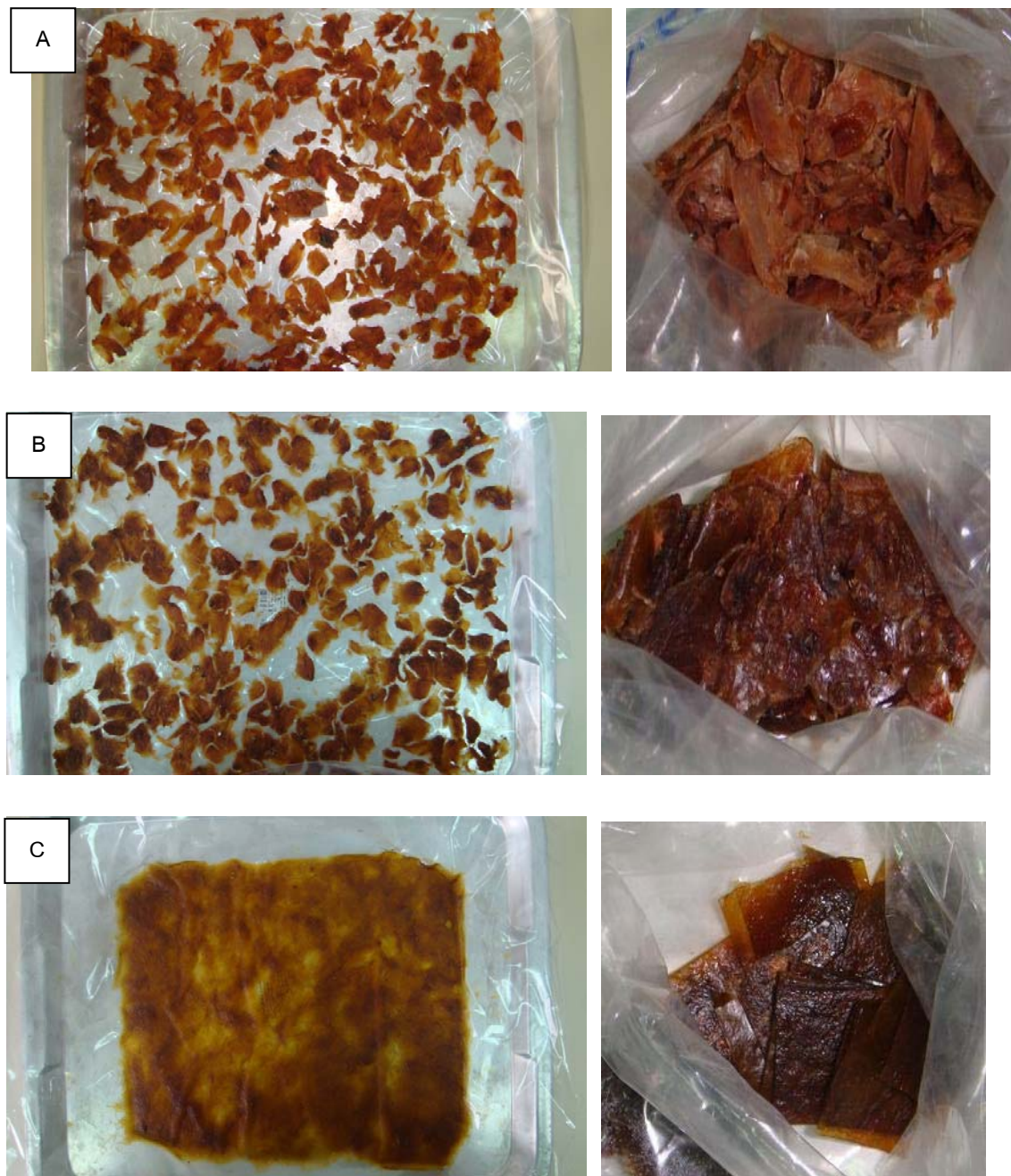


Figure 3.14: The flesh of lychee (a), longan (b), and mango (c) fruits which were dried at 65oC for 24 h (after first step of method 3).



Figure 3.15: The comparative appearance of lychee powder (a) and clumped longan product (b) which were firstly dried at 65oC for 24 h, immersed in liquid nitrogen for 2 min, and and subsequently ground twice with hammer mill during which liquid nitrogen was added in continuously (after the final step of method 3).



Figure 3.16: The characteristics of clumped mango product which were firstly dried at 65oC for 24 h, immersed in liquid nitrogen for 2 min, and and subsequently ground twice with hammer mill during which liquid nitrogen was added in continuously (after the final step of method 3).

วิธีการทดลอง ปิเปตสารละลายโปแตสเซียมฟอสเฟตบัฟเฟอร์ปริมาตร 2.8 มิลลิลิตร แล้วเติมสารละลาย guaiacol และ H₂O₂ ปริมาตรอย่างละ 50 ไมโครลิตร ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เติมสารละลายตัวอย่าง 0.1 มิลลิลิตร วัดการเปลี่ยนแปลงของค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 436 นาโนเมตรต่อนาที สำหรับ blank ให้เติมสารละลายโปแตสเซียมฟอสเฟตแทนสารละลายตัวอย่าง นิยามค่ากิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ peroxidase 1 หน่วย หมายถึง ปริมาณของเอนไซม์ที่ทำให้การออกซิไดซ์ guaiacol ในอัตรา 1 ไมโครโมลต่อนาที ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และ pH 7.0

4. วิธีการวิเคราะห์ค่ากิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ polyphenol oxidase (PPO) ดัดแปลงมาจากวิธีการของ Dawson และ Magee (1955) และ Marumo และ Waite (1986) หลักการวิเคราะห์ค่ากิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ polyphenol oxidase อาศัยหลักการที่โมเลกุลของ pyrocatechol ถูกออกซิไดซ์ด้วยออกซิเจน โดยการเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์ polyphenol oxidase ให้กลายเป็นโมเลกุลสีน้ำตาลของ O-benzoquinone และน้ำ ก่อนที่ O-benzoquinone จะทำปฏิกิริยากับกรด ascorbic ทำให้เกิด catechol อีกครั้ง รวมถึง dehydro-ascorbic acid อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะขึ้นอยู่กับปริมาณของเอนไซม์ polyphenol oxidase ที่มีอยู่ในตัวอย่าง ผลไม้แต่ละชนิด การตรวจวัดปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นสามารถทำได้โดยใช้ spectrophotometer ที่มีการควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 25 องศาเซลเซียส ตรวจวัดระดับการเปลี่ยนแปลงของค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 265 นาโนเมตรต่อนาที ในช่วงที่จลนพลศาสตร์ของค่าการดูดกลืนแสงเป็นเส้นตรง โดยรายงานในรูปของค่ากิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ polyphenol oxidase ต่อปริมาตรตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร วิธีการวิเคราะห์ทำดังนี้

4.1 ทำการเตรียมสารละลายโปแตสเซียมฟอสเฟตบัฟเฟอร์เข้มข้น 50 มิลลิโมลาร์ โดยชั่งสาร KH₂PO₄ จำนวน 3.40 กรัม ละลายในน้ำกลั่น ปรับระดับ pH เท่ากับ 6.5 ด้วย NaOH เข้มข้น 1 โมลาร์ ปริมาตรสุดท้าย 500 มิลลิลิตร

4.2 ทำการเตรียมสารละลาย pyrocatechol เข้มข้น 5 มิลลิโมลาร์ โดยชั่งสาร catechol 55 มิลลิกรัม เติมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

4.3 ทำการเตรียมสารละลายกรด L-ascorbic เข้มข้น 2.1 มิลลิโมลาร์ โดยชั่งกรด L-ascorbic 37 มิลลิกรัม เติมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

4.4 ทำการเตรียมสารละลาย EDTA เข้มข้น 0.065 มิลลิโมลาร์ โดยชั่ง EDTA 2.4 มิลลิกรัม เติมน้ำ-กลั่น 100 มิลลิลิตร

วิธีการทดลอง ปิเปตสารละลายโปแตสเซียมฟอสเฟตบัฟเฟอร์ปริมาตร 2.6 มิลลิลิตร แล้วเติมสารละลาย catechol, ascorbic acid และ EDTA ปริมาตรอย่างละ 100 ไมโครลิตร ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เติมสารละลายตัวอย่าง 100 ไมโครลิตร วัดการเปลี่ยนแปลงของค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 265 นาโนเมตรต่อนาที สำหรับ blank ให้เติมสารละลายโปแตสเซียมฟอสเฟตแทนสารละลายตัวอย่าง นิยามค่ากิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ polyphenol oxidase 1 หน่วย หมายถึง ปริมาณของเอนไซม์ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 265 นาโนเมตรที่ระดับ 0.001 หน่วยต่อนาที ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และ pH 6.5

5. การวิเคราะห์ค่าสี (AOAC, 2002) โดยใช้ Minolta, Model CR 300, Japan ทำการบันทึกผลซึ่งจะทำการวิเคราะห์ทั้งหมด 3 ซ้ำ แล้ว นำไปหาค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ดัง Fig. 3.17

6. การวิเคราะห์ค่า water activity (aw) และปริมาณความชื้น (AOAC, 2002) โดยใช้ Novasina MS1-Set-Aw, Switzerland และ Sartorius AG, Model MA35, Germany ทำการบันทึกผล ซึ่งจะทำการวิเคราะห์ทั้งหมด 3 ซ้ำ แล้วนำไปหาค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ดัง Fig. 3.17

7. การวิเคราะห์ขนาดและการกระจายตัวของอนุภาคจากผลิตภัณฑ์ผงที่ได้หลังจากการบด ทำการเรียงชั้นถาดตะแกรงร่อน จากล่างขึ้นบน ตามขนาดของ aperture (ไมครอน) ดังต่อไปนี้ 75, 106, 150, 212, 300, 425, 600 และ 1700 และใช้ชุดถาดตะแกรงร่อนดังกล่าววัดขนาดอนุภาคก่อนบด หลังบดและหลังผสม โดยนำไปติดตั้งกับเครื่องร่อน ใช้ระดับความถี่ 6 เวลา 20 นาที ทำซ้ำตัวอย่างละ 3 ครั้ง คำนวณการกระจายตัวของอนุภาคจากสัดส่วนโดยมวลและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย (Dpi) ของอนุภาคที่เหลืออยู่ในแต่ละถาดตะแกรงร่อนจากค่าเฉลี่ยขนาด aperture ระหว่างถาดชั้นบนกับชั้นที่กำลังพิจารณาคำนวณขนาดอนุภาคเชิงมวล (Dw) ปริมาตร (DV) และพื้นที่ผิว (DS) ตามสมการที่ (1) – (3) (Smith, 2001)

$$\overline{D_w} = \sum_{i=1}^n (x_i \overline{D_{pi}})$$

สมการที่ (1)

$$\overline{D_v} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{x_i}{\overline{D_{pi}}^3}} \right)^{\frac{1}{3}}$$

สมการที่ (2)

$$\overline{D_s} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{x_i}{\overline{D_{pi}}}}$$

สมการที่ (3)

8. แผนการทดลอง ออกแบบการทดลองแบบ factorial design ขนาด 3 × 3 ใน CRD (Completely Randomized Design) และ 1 ชุดการทดลองควบคุม (ผลไม่สดที่ยังไม่ผ่านการแปรรูป) โดยใช้ผลไม้ 3 ชนิด (ลิ้นจี่ ลำไย มะม่วง) และวิธีการแปรรูปผลิตภัณฑ์ผลไม้ผง 3 แบบ รวม 9 สิ่งทดลอง ๆ ละ 3 ซ้ำ

8.1 การวัดค่า

8.2 วัดค่าสี ค่า water activity (aw) ค่าปริมาณความชื้น

8.3 วัดค่ากิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ peroxidase และ polyphenol oxidase

8.4 วัดขนาดและการกระจายตัวของอนุภาคที่ได้หลังจากการบด (เฉพาะสิ่งทดลองที่ได้ผลิตภัณฑ์เป็นผง ไม่เกาะกลุ่มเป็นก้อน)

8.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ ใช้วิธีทดสอบสมมติฐานทางสถิติ (statistical hypothesis testing) ด้วยวิธี t-test ของ Skoog et al. (1996)

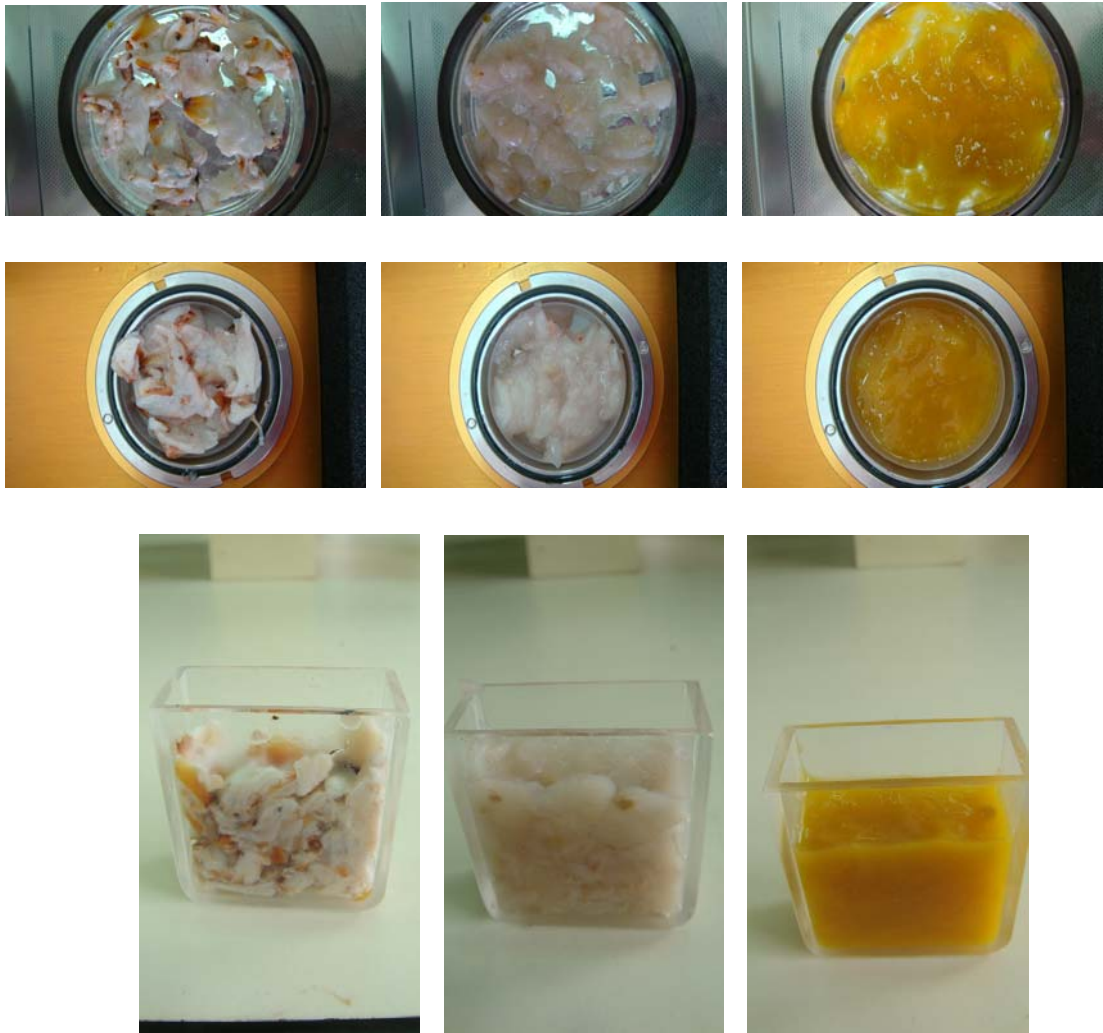


Figure 3.17: Samples in the measuring chambers/cells prior to the analyses of moisture content (a), water activity or aw (b), and color (c) of the specific analytical machines. These samples were the flesh of unprocessed lychee (#.1), longan (#.2), and mango (#.3) where # denotes the type of measurement (a-c).

บทที่ 3 วิธีการศึกษาทดลอง

การพัฒนากระบวนการแช่แข็งเนื้อมะม่วงและลิ้นจี่

วัตถุประสงค์	ลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย (<i>Lychee chinensis</i> Sonn. cv. Hong Huay) ซึ่งจากพื้นที่ปลูกในจังหวัดเชียงใหม่ ขนส่งจากแหล่งปลูกมายังห้องปฏิบัติการ และเก็บรักษาไว้ในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส มะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ (<i>Mangifera indica</i> L. cv. Chok Anan) จากพื้นที่ปลูกในจังหวัดเชียงใหม่ บ่มด้วยแก๊สแคลเซียมคาร์ไบด์ 100 กรัมต่อมะม่วง 15 กิโลกรัม ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 วัน
สารเคมี	- กลีเซอรอล (food grade) - กรดซิตริก (food grade) - แคลเซียมคลอไรด์ (food grade) - โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) (AR grade, Ajax Chemicals, Australia)
อุปกรณ์	- เครื่องชั่งแบบดิจิทัล ทศนิยม 2 ตำแหน่ง (Mettler-Toledo รุ่น PB3002-S และรุ่น PB1502-S, Greifensee, Switzerland) - เครื่องชั่งแบบดิจิทัล ทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Sartorius รุ่น EA35EDE-I, Goettingen, Germany) - เครื่องวัดสี (HunterLab, รุ่น ColorQuestXE, Virginia, USA) - เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Stable Micro Systems รุ่น TA – XTi /50, Surrey, UK) - เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ (Hand Refractometer Atago 0-32°Brix, Tokyo, Japan) - เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter) (CONSORT รุ่น C831T Turnhout, Belgium) - ตู้อบลมร้อน (MEMMERT รุ่น UFB 500 และรุ่น UM 500, Frankfurt, Germany) - เครื่องบดสับอาหาร (Moulinex รุ่น AT71R1F, Paris, France) - เครื่องอบแห้งแบบถาด - เครื่องแช่แข็งแบบ air blast - Transfer pipette - เครื่องแก้วชนิดต่างๆ - กระดาษกรอง (Whatman, Kent, UK)

การทดลองที่ 1 ศึกษากระบวนการดึงน้ำออกจากลิ้นจี่ และมะม่วงบางส่วนโดยแช่ในสารละลายออสโมติก

ลิ้นจี่

1. การเตรียมเนื้อลิ้นจี่ เลือกลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยที่มีขนาดและความสุกสม่ำเสมอ ล้างลิ้นจี่ด้วยน้ำสะอาด คว้านเอาเมล็ดออก จนได้ปริมาณมากเพียงพอสำหรับการทดลองจึงแกะเปลือกออก แช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์เข้มข้น 1% เป็นเวลา 20 นาที ซ่อนขึ้น ล้างน้ำ และปล่อยให้สะเด็ดน้ำ

2. การเตรียมสารละลายออสโมติก เตรียมจากสารละลายซูโครสความหวาน 55 องศาบริกซ์ ต้มจนเดือด เติมกรดซิตริก 0.3% คนให้เข้ากัน ต้มจนเดือดอีกครั้ง (รัตนา และคณะ, 2548)

3. การแช่ในสารละลายออสโมติก แช่เนื้อลิ้นจี่ที่ผ่านขั้นตอนการเตรียม ในสารละลายออสโมติกที่อุณหภูมิห้อง สุ่มตัวอย่างเนื้อลิ้นจี่เมื่อแช่ในสารละลายเป็นระยะเวลา 2, 4, 6, 12 และ 24 ชั่วโมง วิเคราะห์สมบัติต่างๆ ของเนื้อลิ้นจี่ดังนี้

3.1 การสูญเสียน้ำหนัก (weight loss)

3.2 ปริมาณความชื้น โดยการอบในตู้อบลมร้อน (AOAC, 2000)

3.3 ปริมาณของแข็งทั้งหมด (%Total Solid, %TS)

3.4 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (Total Soluble Solids, TSS; °Brix) โดยใช้ hand refractometer ช่วง 0-32°Brix

3.5 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ในรูปของกรดมาลิก (%Titratable Acidity, %TA) โดยวิธี AOAC (2000)

3.6 สี โดยใช้เครื่องวัดสี

4. วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ หาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นในลิ้นจี่และระยะเวลาแช่ในสารละลายออสโมติก เลือกเวลาแช่สารละลายที่ให้ความชื้นในลิ้นจี่ 70% 75% และ 80% เพื่อใช้เป็นตัวอย่างสำหรับนำไปแช่แข็งต่อไป โดยเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ไม่ได้แช่ในสารละลาย

มะม่วง

1. การเตรียมเนื้อมะม่วง เลือกผลมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ (*Mangifera indica* L., cv. Chok-Anan) ดิบที่มีขนาดสม่ำเสมอ จากนั้นนำมาล้างด้วยน้ำเปล่าให้สะอาด 2 ครั้ง ผึ่งให้ผิวของผลมะม่วงแห้ง แล้วนำมาปมในกล่องกระดาษด้วยแคลเซียมคาร์ไบด์ (CaC_2) ในอัตราส่วน 100 กรัม ต่อมะม่วง 15 กิโลกรัมที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 2-3 วัน (จริงแท้, 2538) โดยจะคัดเลือกเฉพาะผลมะม่วงที่สุก ผิวเปลือกมีสีเหลืองทั้งผล นำมะม่วงที่คัดเลือกแล้วมาล้าง ปอกเปลือกด้วยมีด แล้วหั่นเป็นชิ้นขนาด $1 \times 1 \times 1 \text{ cm}^3$ แช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์เข้มข้น 1% และสารละลายกรดซิตริกเข้มข้น 0.5% นาน 10 นาที

2. การเตรียมสารละลายออสโมติก ที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย น้ำตาลซูโครส 55 กรัม กลีเซอรอล 45 กรัม โซเดียมคลอไรด์ 1.5 กรัม แคลเซียมคลอไรด์ 0.15 กรัม และกรดซิตริก 0.5 กรัมต่อน้ำ 100 กรัม ตามลำดับ ดัดแปลงจากวิธีของ ไพโรจน์ และคณะ (2544)

3. การแช่ในสารละลายออสโมติก นำเนื้อมะม่วงแช่ในสารละลายออสโมติก เป็นเวลา 2, 4, 6, 12 และ 24 ชั่วโมง สุ่มตัวอย่างเนื้อมะม่วงตามเวลาดังกล่าว วิเคราะห์ค่าต่างๆ ดังนี้

- 3.1 การสูญเสียน้ำหนัก (weight loss)
- 3.2 ปริมาณความชื้น
- 3.3 ปริมาณของแข็งทั้งหมด (%TS)
- 3.4 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (TSS, °Brix)
- 3.5 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ในรูปของกรดซิตริก (%TA) (AOAC, 2000)
- 3.6 สี โดยใช้เครื่องวัดสี

4. วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ หาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นในเนื้อมะม่วงและระยะเวลาแช่ในสารละลายออสโมติก เลือกเวลาแช่สารละลายที่ทำให้ความชื้นในเนื้อมะม่วงเท่ากับ 65, 70%, 75% และ 80% เพื่อใช้เป็นตัวอย่างสำหรับนำไปแช่แข็งต่อไป โดยเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ไม่ได้แช่ในสารละลาย

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของปริมาณความชื้นในเนื้อที่มีต่อคุณภาพของลิ้นจี่ และมะม่วงแช่แข็ง

ลิ้นจี่

1. แช่เนื้อลิ้นจี่ในสารละลายออสโมติกจนปริมาณความชื้นในลิ้นจี่ลดลงเหลือ 80%, 75% และ 70% นำตัวอย่างลิ้นจี่แช่ในเครื่องแช่แข็งแบบอากาศเย็นที่อุณหภูมิ -35°C จนอุณหภูมิที่จุดกึ่งกลางของลิ้นจี่เท่ากับ -18°C เก็บในห้องแช่แข็งเป็นเวลา 24 ชั่วโมง สุ่มตัวอย่างมาละลายน้ำแข็งวิเคราะห์สมบัติต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ได้แก่

1.1 ปริมาณของเหลวที่ไหลออกจากผลิตภัณฑ์ภายหลังการละลายน้ำแข็ง (drip loss) โดยวิธีใน AOAC (2000)

- 1.2 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (TSS, °Brix)
- 1.3 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ในรูปกรดมาลิก (%TA)
- 1.4 สี โดยใช้เครื่องวัดสี
- 1.6 ความแน่นเนื้อ โดยใช้เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส
- 1.7 การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 50 คน

2. วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ส่วนการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองแบบ Randomized Completely Block Design (RCBD)

มะม่วง

1. แช่เนื้อมะม่วงในสารละลายออสโมติกจนปริมาณความชื้นในลิ้นจี่ลดลงเหลือ 80%, 75% 70% และ 65% นำตัวอย่างมะม่วงแช่ในเครื่องแช่แข็งแบบอากาศเย็นที่อุณหภูมิ -35°C จนอุณหภูมิที่จุดกึ่งกลางของ

ลันจีเท่ากับ -18°C เก็บในห้องแช่แข็งเป็นเวลา 24 ชั่วโมง สุ่มตัวอย่างมาละลายน้ำแข็ง วิเคราะห์สมบัติต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ ได้แก่

1.1 ปริมาณของเหลวที่ไหลออกจากผลิตภัณฑ์ภายหลังการละลายน้ำแข็ง (drip loss) โดยวิธีใน AOAC (2000)

1.2 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (TSS, °Brix)

1.3 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ในรูปกรดซิตริก (%TA)

1.4 สี โดยใช้เครื่องวัดสี

1.5 ความแน่นเนื้อ โดยใช้เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส

1.6 การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 50 คน

2. วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ส่วนการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองแบบ Randomized Completely Block Design (RCBD)

การทดลองที่ 3 ศึกษาการลดความชื้นของลันจี และมะม่วง โดยการอบแห้ง

1. นำลันจีที่เตรียมไว้ใน การทดลองที่ 1 มาอบแห้งในเครื่องอบลมร้อนแบบถาดที่อุณหภูมิ 70°C ติดตามน้ำหนักของตัวอย่างเมื่ออบแห้งไปเป็นเวลาต่างๆ กัน นำข้อมูลที่ได้มาสร้างเส้นกราฟของการอบแห้ง ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

2. นำมะม่วงที่เตรียมด้วยวิธีในข้อ 3.5.2.1.1 มาอบแห้งในเครื่องอบลมร้อนแบบถาดที่อุณหภูมิ 70°C ติดตามน้ำหนักของตัวอย่างเมื่ออบแห้งไปเป็นเวลาต่างๆ กัน นำข้อมูลที่ได้มาสร้างเส้นกราฟของการอบแห้ง ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

การทดลองที่ 4 เปรียบเทียบคุณภาพของเนื้อลันจี และมะม่วงแช่แข็งที่ผ่านการดองน้ำออกบางส่วนด้วยการออสโมซิส และการอบแห้ง

ลันจี

1. นำเนื้อลันจีมาลดปริมาณน้ำโดยวิธีการตามการทดลองที่ 2 และ 3 จากนั้นนำไปแช่แข็งจนอุณหภูมิที่จุดกึ่งกลางเท่ากับ -18°C เก็บในห้องแช่แข็งเป็นเวลา 24 ชั่วโมง สุ่มตัวอย่างมาละลายน้ำแข็ง วิเคราะห์สมบัติต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ ได้แก่

1.1 ปริมาณของเหลวที่ไหลออกจากผลิตภัณฑ์ภายหลังการละลายน้ำแข็ง (drip loss)

1.2 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (TSS, °Brix)

1.3 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ในรูปกรดมาลิก (%TA)

1.4 สี โดยใช้เครื่องวัดสี

1.5 ความแน่นเนื้อ โดยใช้เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส

1.6 การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส

2. วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ส่วนการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองแบบ Randomized Completely Block Design (RCBD)

มะม่วง

1. นำเนื้อมะม่วงมาลดปริมาณน้ำโดยวิธีตามข้อ 3.5.2.2 และ 3.5.2.3 จากนั้นนำไปแช่แข็งจนอุณหภูมิที่จุดกึ่งกลางเท่ากับ -18°C เก็บในห้องแช่แข็งเป็นเวลา 24 ชั่วโมง สุ่มตัวอย่างมาละลายน้ำแข็ง วิเคราะห์สมบัติต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ ได้แก่

- 1.1 ปริมาณของเหลวที่ไหลออกจากผลิตภัณฑ์ภายหลังการละลายน้ำแข็ง (drip loss)
- 1.2 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (TSS, °Brix)
- 1.3 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ในรูปกรดซิตริก (%TA)
- 1.4 สี โดยใช้เครื่องวัดสี
- 1.5 ความแน่นเนื้อ โดยใช้เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส
- 1.6 การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส

2. วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ส่วนการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองแบบ Randomized Completely Block Design (RCBD)

การทดลองที่ 5 ศึกษาผลของการเก็บรักษาต่อคุณภาพของเนื้อลิ้นจี่ และมะม่วงแช่แข็ง

ลิ้นจี่

1. เตรียมเนื้อลิ้นจี่แช่แข็งที่ผ่านการดองน้ำออกบางส่วนตามวิธีที่ดีที่สุดที่ในข้อ ตามข้อ 3.5.1.2 และ 3.5.1.3 นำไปแช่แข็งจนอุณหภูมิที่จุดกึ่งกลางเท่ากับ -18°C บรรจุผลิตภัณฑ์แช่แข็งในถุงพลาสติก เก็บในห้องแช่แข็งอุณหภูมิ -18°C สุ่มตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์คุณภาพทุก 2 สัปดาห์ จนกระทั่งครบ 24 สัปดาห์ โดยวิเคราะห์สมบัติต่างๆ ได้แก่

- 1.1 ปริมาณของเหลวที่ไหลออกจากผลิตภัณฑ์ภายหลังการละลายน้ำแข็ง (drip loss)
- 1.2 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (TSS, °Brix)
- 1.3 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ในรูปกรดมาลิก (%TA)
- 1.4 สี โดยใช้เครื่องวัดสี
- 1.5 ความแน่นเนื้อ โดยใช้เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส
- 1.6 การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส

มะม่วง

1. เตรียมเนื้อมะม่วงแช่แข็งที่ผ่านการดองน้ำออกบางส่วนตามวิธีที่ดีที่สุดในข้อ ตามข้อ 3.5.2.2 และ 3.5.2.3 นำไปแช่แข็งจนอุณหภูมิที่จุดกึ่งกลางเท่ากับ -18°C บรรจุผลิตภัณฑ์แช่แข็งในถุงพลาสติก เก็บในห้องแช่แข็งอุณหภูมิ -18°C สุ่มตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์คุณภาพทุก 2 สัปดาห์ จนกระทั่งครบ 18 สัปดาห์ โดยวิเคราะห์สมบัติต่างๆ ได้แก่

- 1.1 ปริมาณของเหลวที่ไหลออกจากผลิตภัณฑ์ภายหลังการละลายน้ำแข็ง (drip loss)
- 1.2 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (TSS, °Brix)
- 1.3 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ในรูปกรดซิตริก (%TA)
- 1.4 สี โดยใช้เครื่องวัดสี
- 1.5 ความแน่นเนื้อ โดยใช้เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส
- 1.6 การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส

บทที่ 4 ผล และวิจารณ์ผลการทดลอง
เปรียบเทียบปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในส่วนต่างๆ
ของลำไย มะม่วง และลิ้นจี่ แบบสด และแปรรูป

1. การศึกษาหาชนิด และความเข้มข้นของตัวทำละลายที่เหมาะสมต่อการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระ

จากการศึกษาตัวทำละลาย 2 ชนิด ได้แก่ เมทานอล และเอทานอล ที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน 50, 70 และ 90% ตามลำดับ ในการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระ โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) ได้สิ่งทดลองทั้งหมดรวม 6 สิ่งทดลอง ผลการทดลอง พบว่า การใช้สารละลายเอทานอลความเข้มข้น 70% (v/v) สามารถสกัดสารต้านอนุมูลอิสระได้ปริมาณมากที่สุดเมื่อพิจารณาจากการใช้วิธี ABTS ($\lambda = 734 \text{ nm}$) และปริมาณ total phenolic compounds ($\lambda = 725 \text{ nm}$) ดัง Fig. 4.1 และ 3.2 ผลที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Rangkadilok et al (2005) ในการจำแนกและวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลในส่วนต่างๆ ของผลลำไย โดยการใช้สารละลายเมทานอลความเข้มข้น 70% เป็นตัวสกัด ในขณะที่การวิเคราะห์ความสามารถการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในผลไม้เมืองร้อนหลายชนิดในรัฐฟลอริดา เช่น ฝรั่งสีแดง-สีขาว แก้วมังกรสีแดง-สีขาว รวมทั้งมะม่วง ลิ้นจี่ ลำไย และมะละกอ ได้ใช้สารละลายเมทานอลความเข้มข้น 100% เป็นสารสกัดดังกล่าวเช่นกัน (Mahattanatawee et al., 2006) การใช้สารละลายเอทานอลและเมทานอลในการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระ นิยมใช้กันมากเนื่องจาก มีผลรบกวนต่อการเกิดปฏิกิริยาน้อยกว่าสารละลายชนิดอื่น เช่น อะซิโตน ซึ่งจะให้ค่าวิเคราะห์ที่ได้ต่ำกว่าความเป็นจริง (Gao et al., 2001) สรุปได้ว่า การใช้สารละลายเมทานอลเข้มข้น 70% เป็นสารสกัดสารต้านอนุมูลอิสระ รวมทั้งสารประกอบฟีนอลทั้งหมดที่เป็นองค์ประกอบในมะม่วง ลิ้นจี่ และลำไย ให้ผลดีที่สุด ซึ่งไม่ต่างจากการใช้สารละลายเอทานอลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

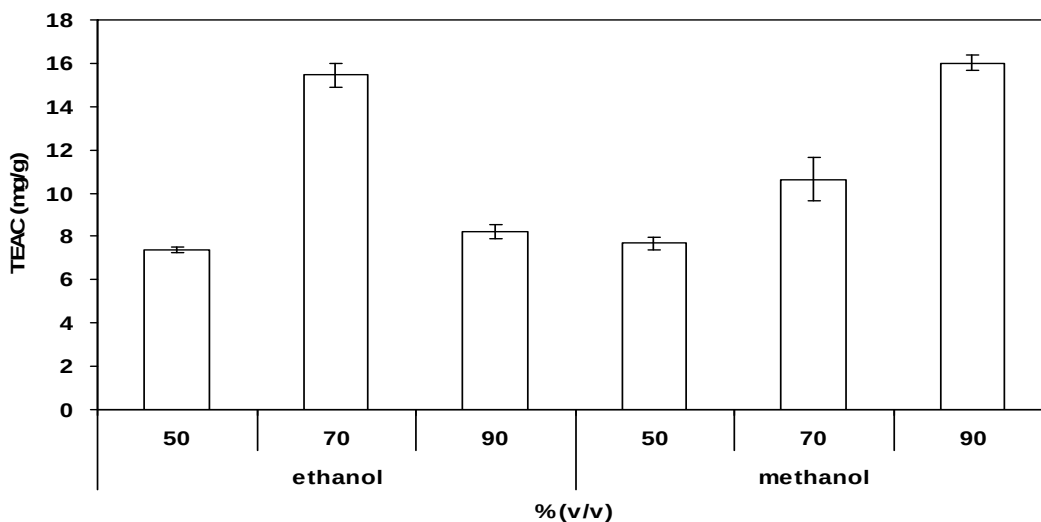


Figure 4.1: The effects of concentration of ethanol and methanol on the trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC).

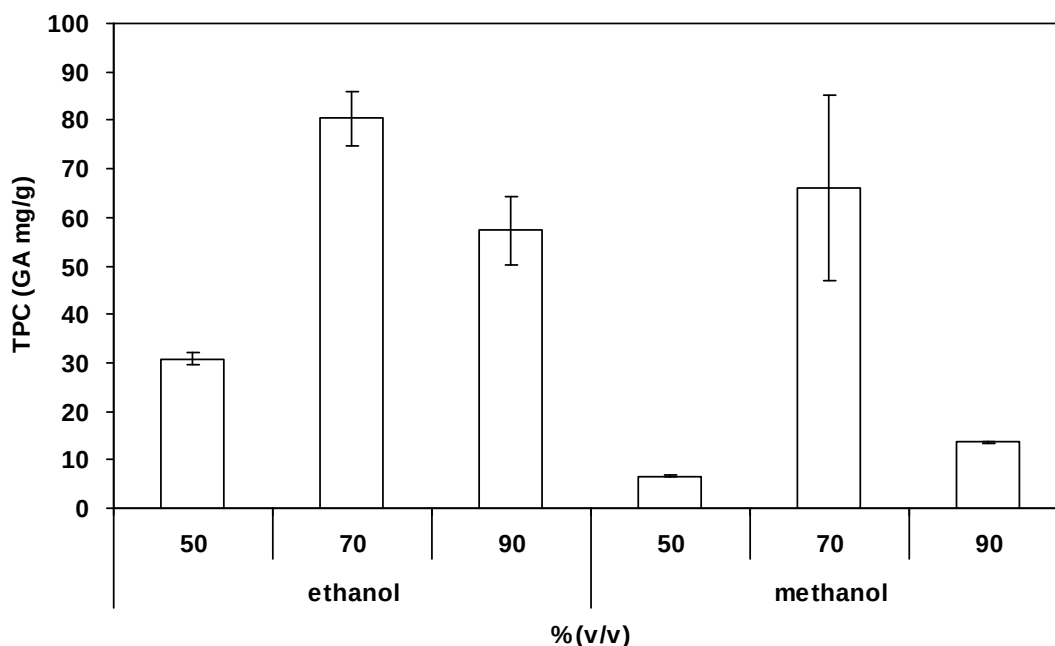


Figure 4.2: The effects of concentration of ethanol and methanol on the total phenolic compounds content.

2. การศึกษาจลนพลศาสตร์ของการวัดสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS, การวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และการวัดสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH

เวลาที่ปฏิกิริยาเกิดขึ้นสมบูรณ์มีความสำคัญเป็นอย่างมาก ต่อค่าการดูดกลืนแสงสุดท้ายที่วัดได้ และ ดังนั้นส่งผลกระทบโดยตรงต่อปริมาณของสารต้านอนุมูลอิสระที่วัดได้ การศึกษาทางจลนพลศาสตร์ของการวัดแต่ละวิธีจึงมีความสำคัญเป็นอย่างมาก เพราะเวลาดังกล่าวอาจเป็นไปได้ตั้งแต่ 10-20 นาที จนถึง 6 ชั่วโมง (Brand-Williams et al., 1995; Gil et al., 2000; Parejo et al., 2002; Singh et al., 2002) ดัง Fig. 4.3 ถึง 3.5 พบว่า เวลาที่ปฏิกิริยาระหว่าง ABTS และสารต้านอนุมูลอิสระอย่าง Trolox และกรดแอสคอร์บิก เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์เมื่อเวลาผ่านไป 6 นาที ส่วนการวิเคราะห์ปริมาณ Total phenolic compounds ใช้เวลานานถึง 2 ชั่วโมง ถึงจะทำให้สารประกอบฟีนอลบางชนิด เช่น กรดแกลลิก (gallic acid) สามารถทำปฏิกิริยากับสารละลาย Folin-Ciocalteu ได้อย่างสมบูรณ์ ทั้งนี้ขึ้นกับปริมาณความเข้มข้นของสารประกอบ phenolic ด้วย ถ้าตัวอย่างมีสารประกอบดังกล่าวมาก อาจต้องใช้เวลาในการเกิดปฏิกิริยานานกว่าสองชั่วโมงก็ได้

อัตราการเกิดปฏิกิริยาของสารต้านอนุมูลอิสระที่สกัดได้ มีความแตกต่างกันตามชนิดของสารต้านอนุมูลอิสระที่เป็นองค์ประกอบ และลักษณะของอนุมูลอิสระหรือสารตั้งต้นสำหรับที่ใช้ในการตรวจวิเคราะห์ ซึ่งจะมีผลอย่างมากต่อความสามารถการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของตัวอย่างที่สกัดได้

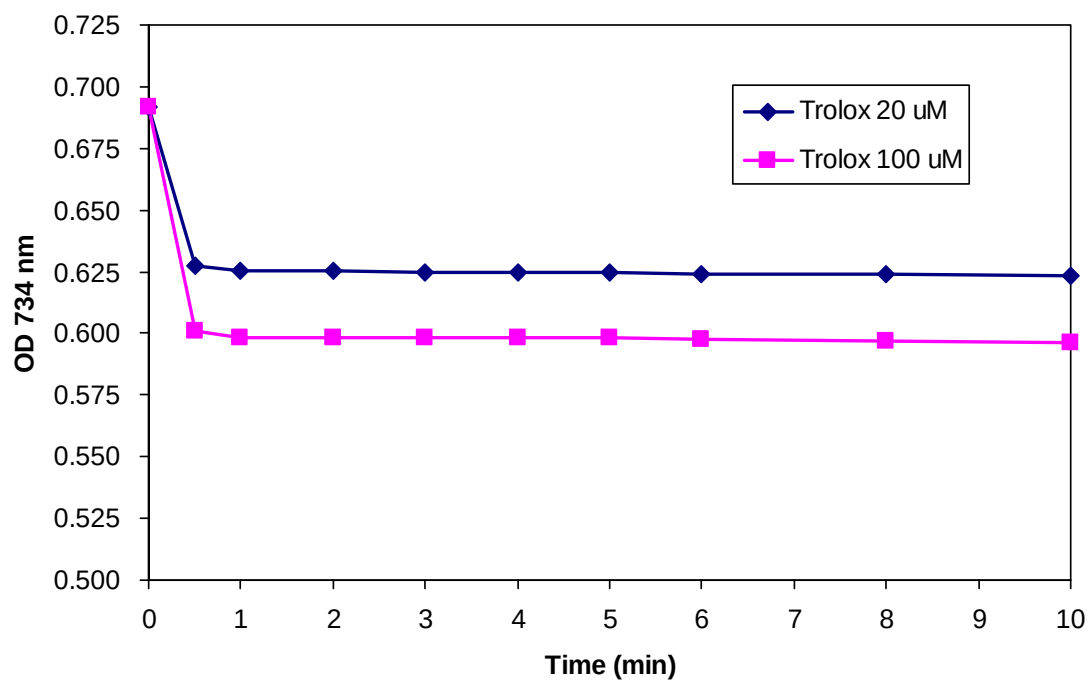


Figure 4.3: ABTS.+ bleaching kinetics in the presence of different concentrations of Trolox.

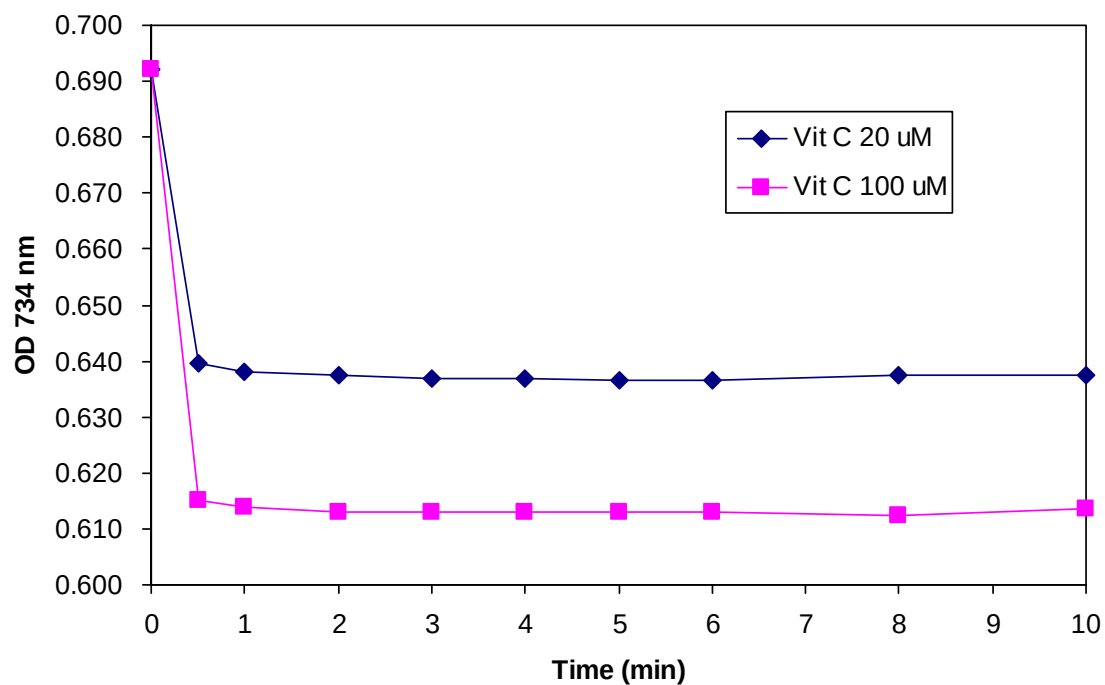


Figure 4.4: ABTS.+ bleaching kinetics in the presence of different concentrations of ascorbic acid.

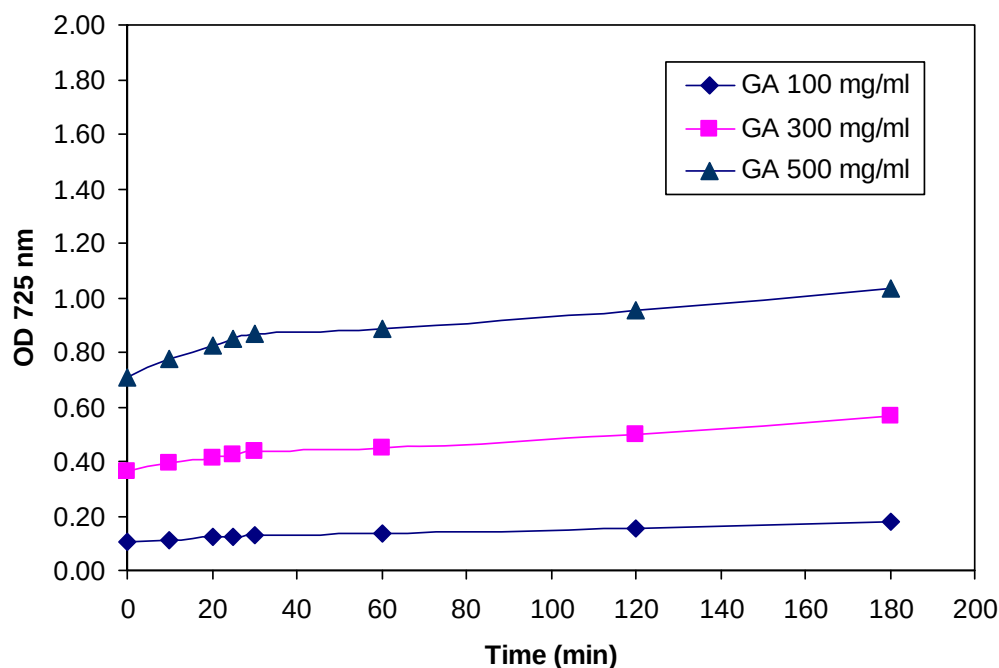


Figure 4.5: The effect of time on the absorbance elevation of the different concentrations of gallic acid.

3. การศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในส่วนต่าง ๆ ของมะม่วง, ลิ้นจี่ และลำไย

จากการศึกษาความสามารถการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในส่วนต่างๆ ของมะม่วง ลิ้นจี่ และลำไย โดยเปรียบเทียบระหว่างวิธี DPPH (2, 2'-diphenyl-1-picrylhydrazyl) ในรูปของกรดแกลลิก แคทเทชิน กรดเฟอรูลิก และกรดแอสคอร์บิก แสดงดัง Fig. 4.6 - 3.29 และวิธี ABTS (2, 2'-Azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) ในรูปของ Trolox equivalent antioxidant capacity; TEAC แสดงดัง Fig. 4.30 - 3.41 ทำการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด (Total phenolic compounds) ในรูปของกรดแกลลิก และกรดเฟอรูลิก ดัง Fig. 4.42 - 3.50 รวมทั้งหาปริมาณเบต้า-แคโรทีน และวิตามินซี ที่เป็นองค์ประกอบในส่วนต่างๆ ของผลไม้ทั้งสามชนิด ดัง Fig. 4.51 - 3.62 และองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญ ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total soluble solid; TSS) ปริมาณกรดที่ไตเตรตได้ทั้งหมด (Total titratable acidity; TA) ในรูปของกรดซิตริก และอัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดกับปริมาณกรดทั้งหมด แสดงดัง Fig. 4.63 - 3.74

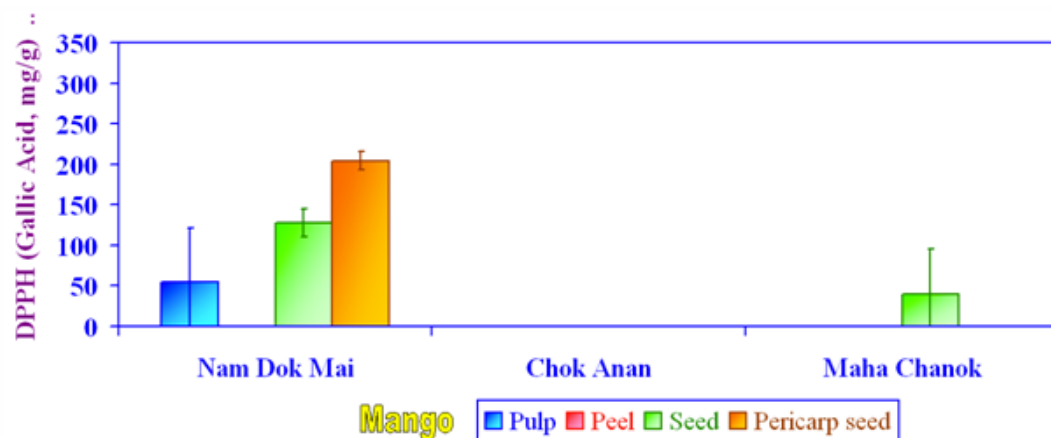


Figure 4.6: DPPH (Gallic acid, mg/g) in different parts of three mango varieties

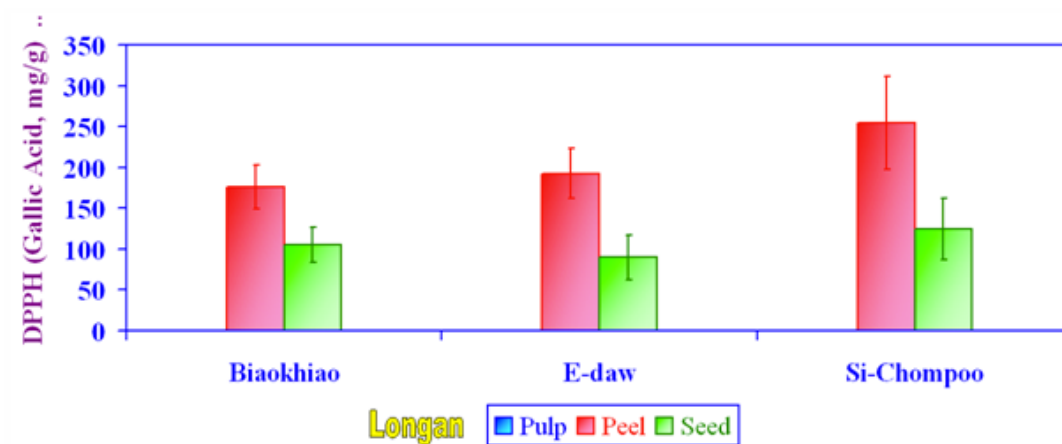


Figure 4.7: DPPH (Gallic acid, mg/g) in different parts of three longan varieties

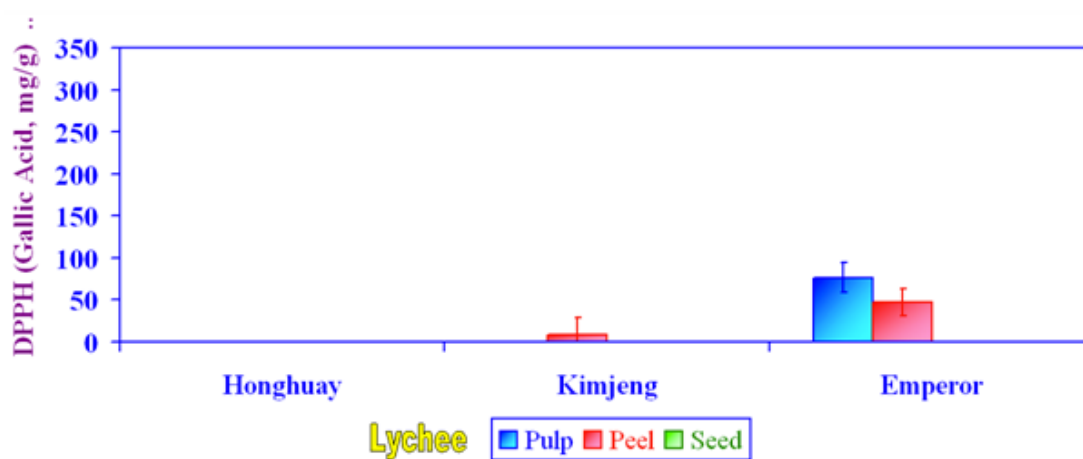


Figure 4.8: DPPH (Gallic acid, mg/g) in different parts of three lychee varieties

Mango: Nam Dok Mai

DPPH (Gallic Acid, mg/g)

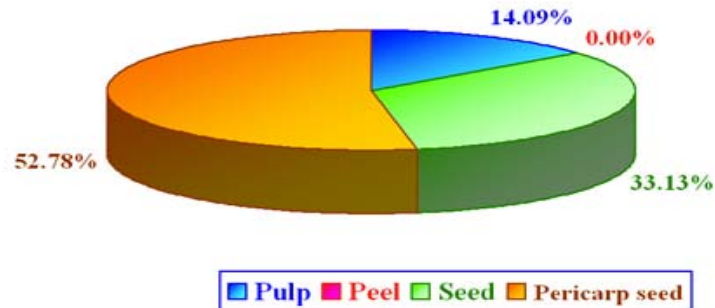


Figure 4.9: Proportion of DPPH (Gallic acid, mg/g) in different parts of Nam Dok Mai mango variety (chosen from the overall maximum summation value of all parts)

Longan: Si-Chompoo

DPPH (Gallic Acid, mg/g)

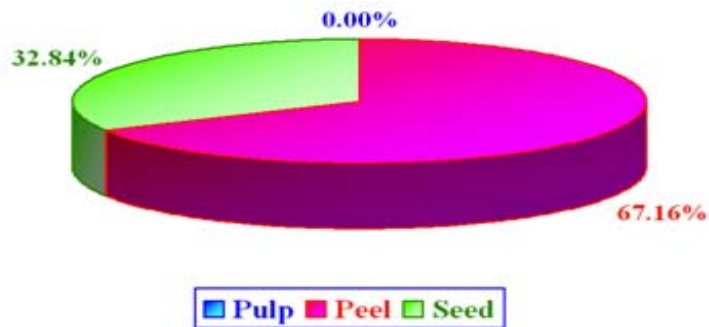


Figure 4.10: Proportion of DPPH (Gallic acid, mg/g) in different parts of Si-chompoo Longan variety (chosen from the overall maximum summation value of all parts)

Lychee: Emperor

DPPH (Gallic Acid, mg/g)

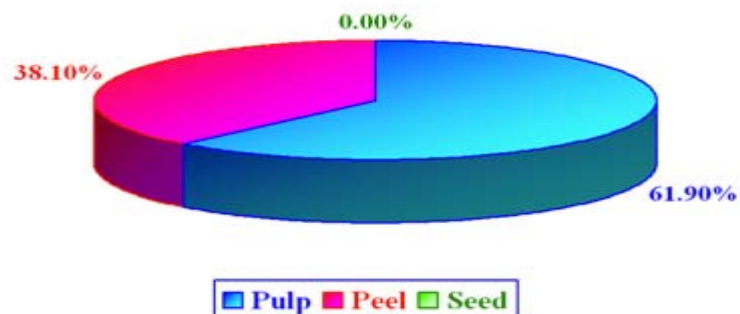


Figure 4.11: Proportion of DPPH (Gallic acid, mg/g) in different parts of Emperor lychee variety (chosen from the overall maximum summation value of all parts)

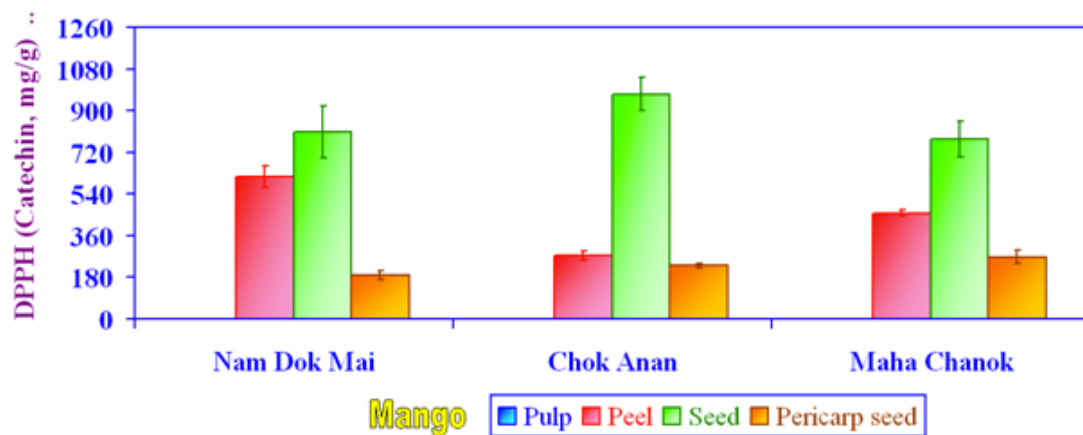


Figure 4.12: DPPH (Catechin, mg/g) in different parts of three mango varieties

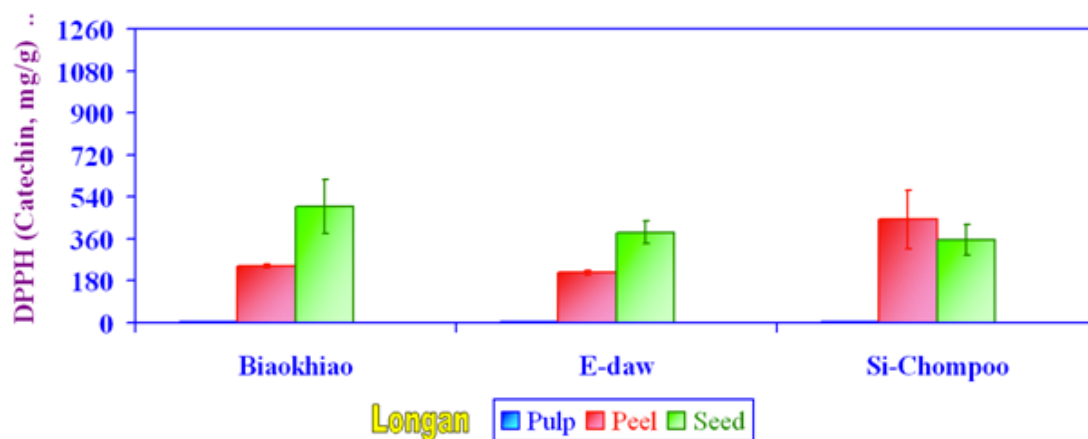


Figure 4.13: DPPH (Catechin, mg/g) in different parts of three longan varieties

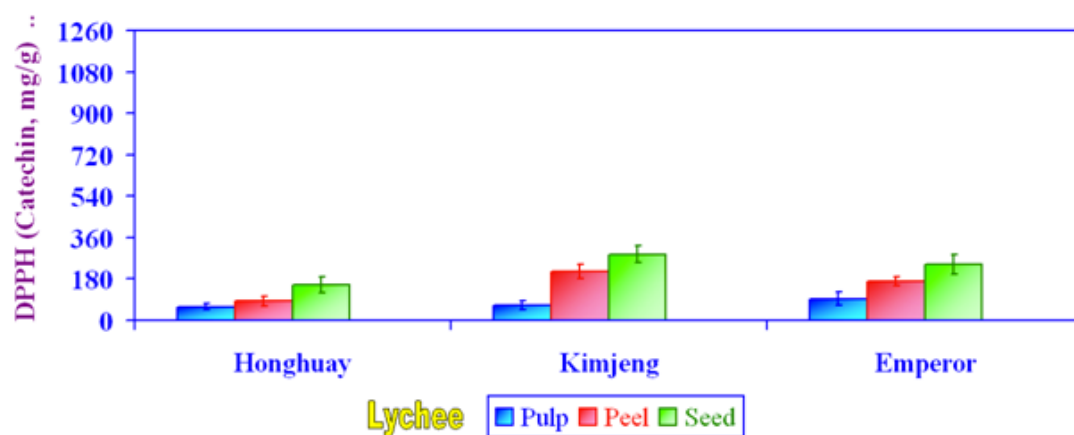


Figure 4.14: DPPH (Catechin, mg/g) in different parts of three lychee varieties

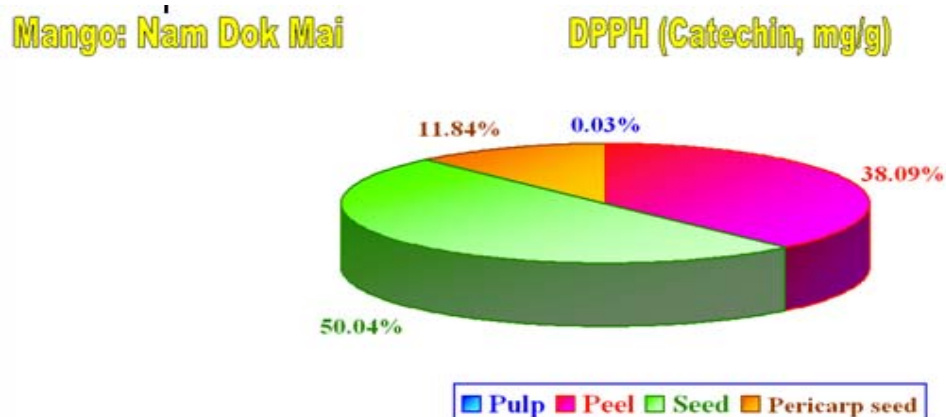


Figure 4.15: Proportion of DPPH (Catechin, mg/g) in different parts of Nam Dok Mai mango variety (chosen from the overall maximum summation value of all parts)

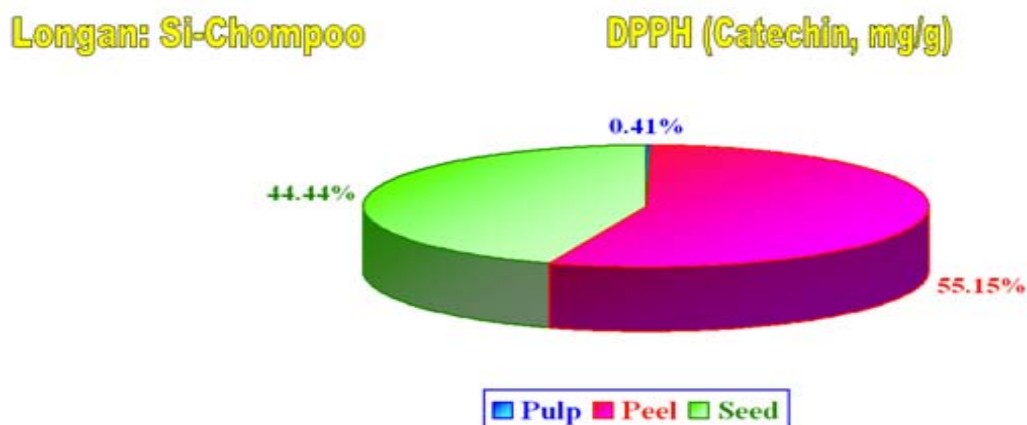


Figure 4.16: Proportion of DPPH (Catechin, mg/g) in different parts of Si-chompoo longan variety (chosen from the overall maximum summation value of all parts)

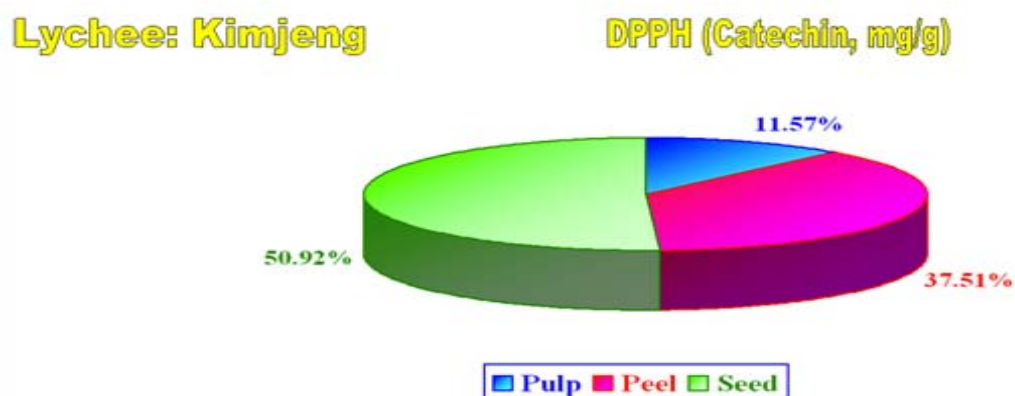


Figure 4.17: Proportion of DPPH (Catechin, mg/g) in different parts of Kimjeng lychee variety (chosen from the overall maximum summation value of all parts)

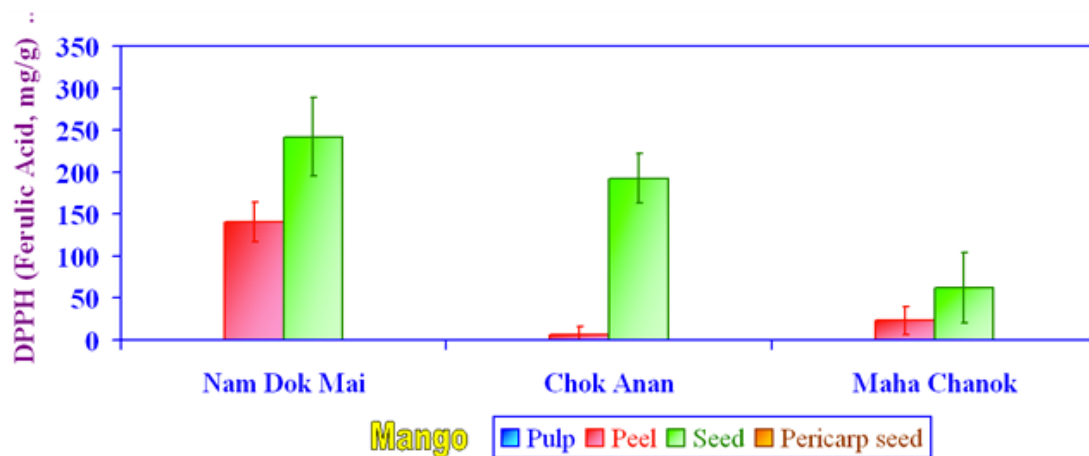


Figure 4.18: DPPH (Ferulic acid, mg/g) in different parts of three mango varieties

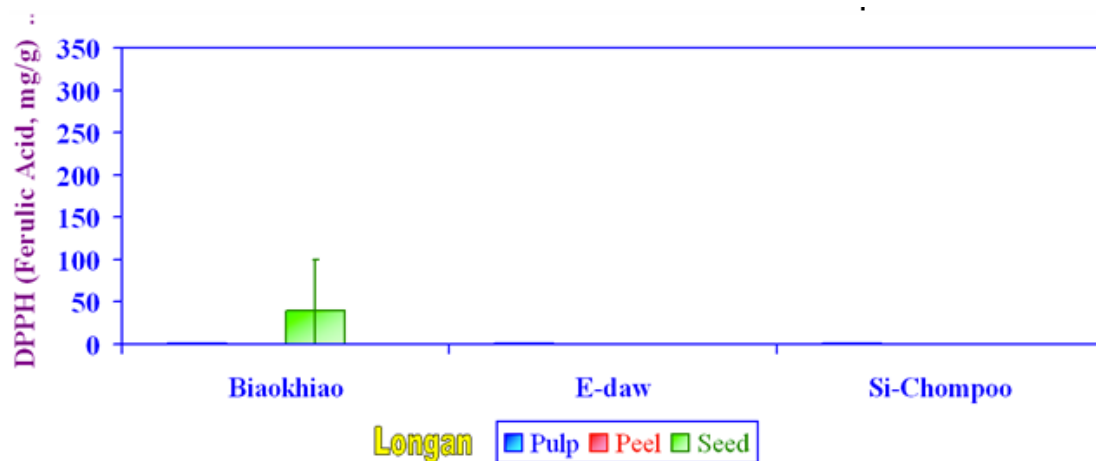


Figure 4.19: DPPH (Ferulic acid, mg/g) in different parts of three longan varieties

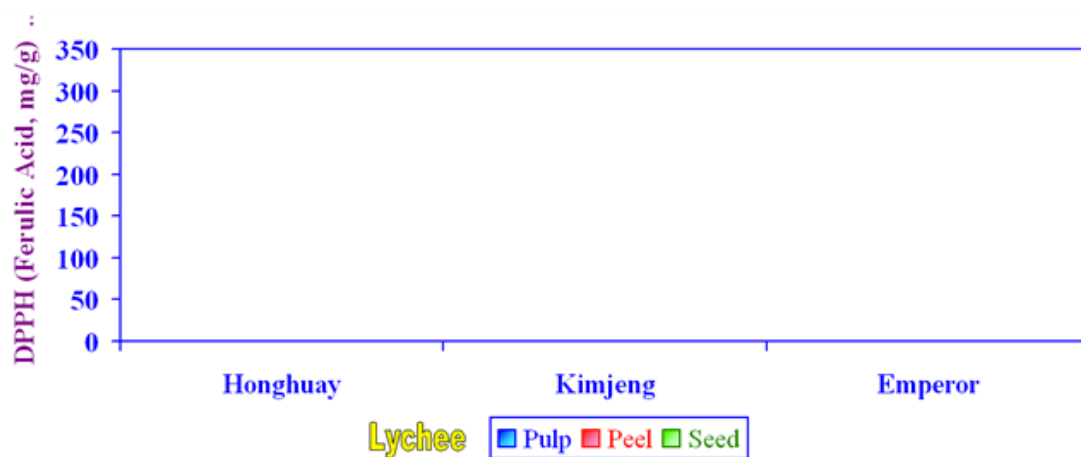


Figure 4.20: DPPH (Ferulic acid, mg/g) in different parts of three lychee varieties

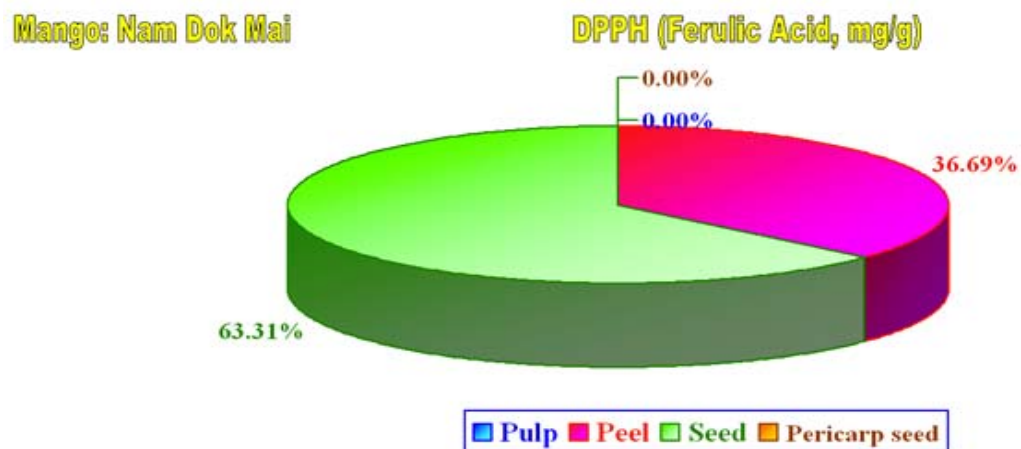


Figure 4.21: Proportion of DPPH (Ferulic acid, mg/g) in different parts of Nam Dok Mai mango variety (chosen from the overall maximum summation value of all parts)

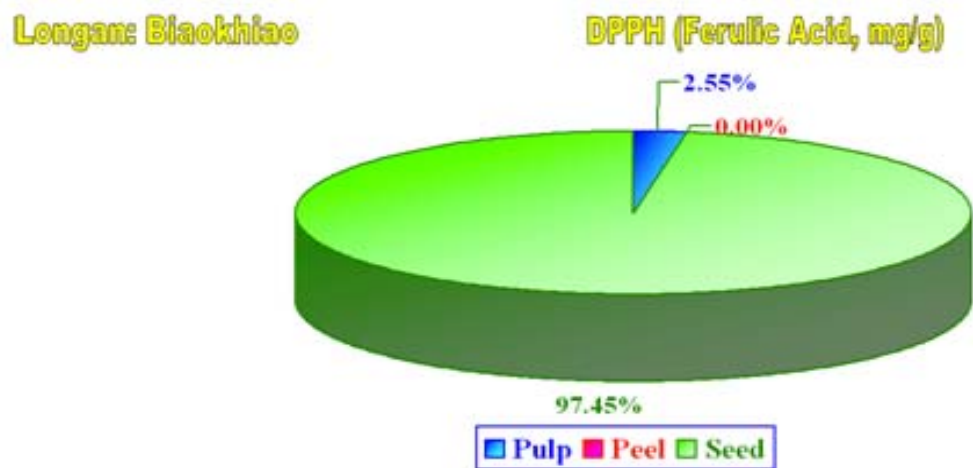


Figure 4.22: Proportion of DPPH (Ferulic acid, mg/g) in different parts of Biaokhiao longan variety (chosen from the overall maximum summation value of all parts)



Figure 4.23: Proportion of DPPH (Ferulic acid, mg/g) in different parts of Honghuay lychee variety (chosen from the overall maximum summation value of all parts)

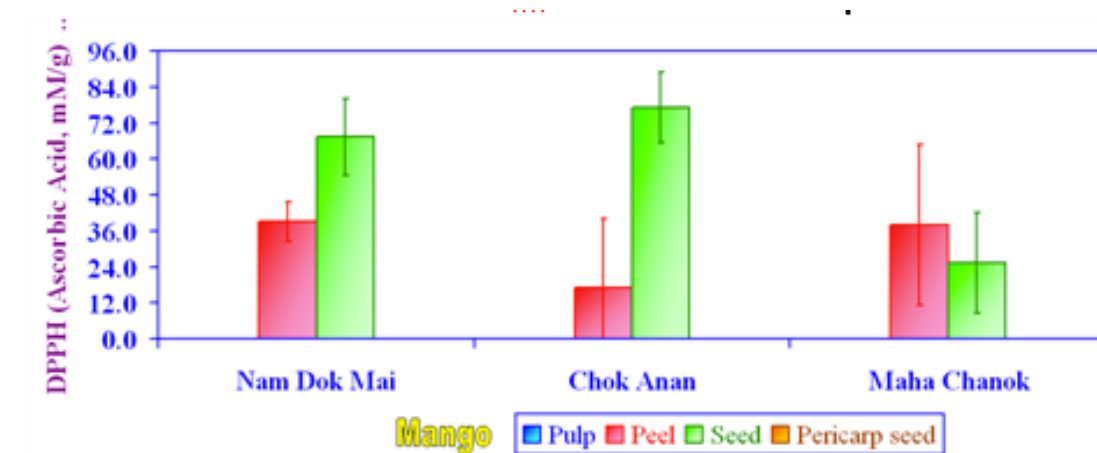


Figure 4.24: DPPH (Ascorbic acid mM/g) in different parts of mango varieties

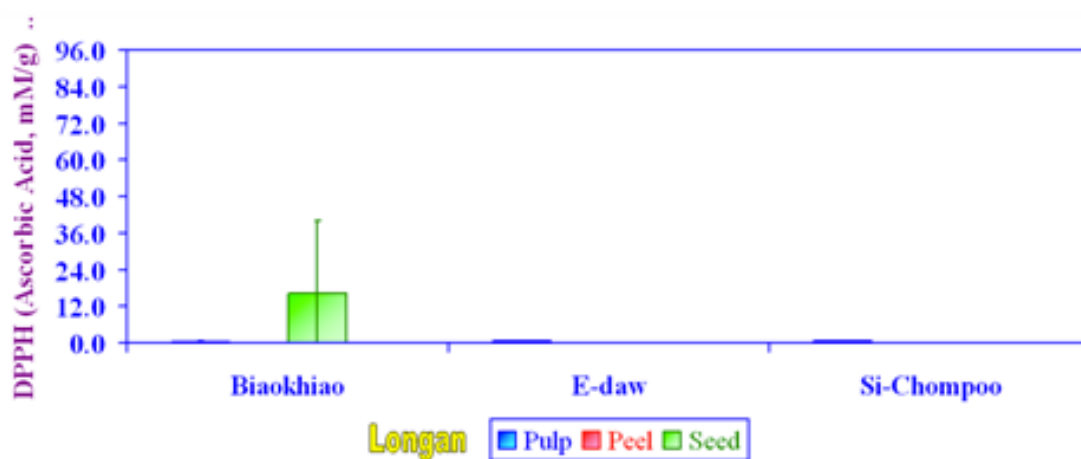


Figure 4.25: DPPH (Ascorbic acid mM/g) in different parts of longan varieties

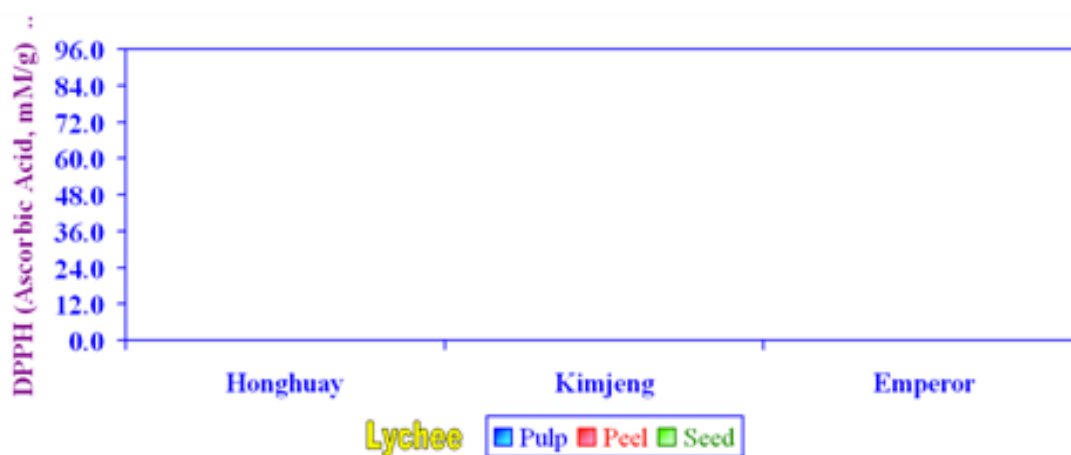


Figure 4.26: DPPH (Ascorbic acid mM/g) in different parts of lychee varieties

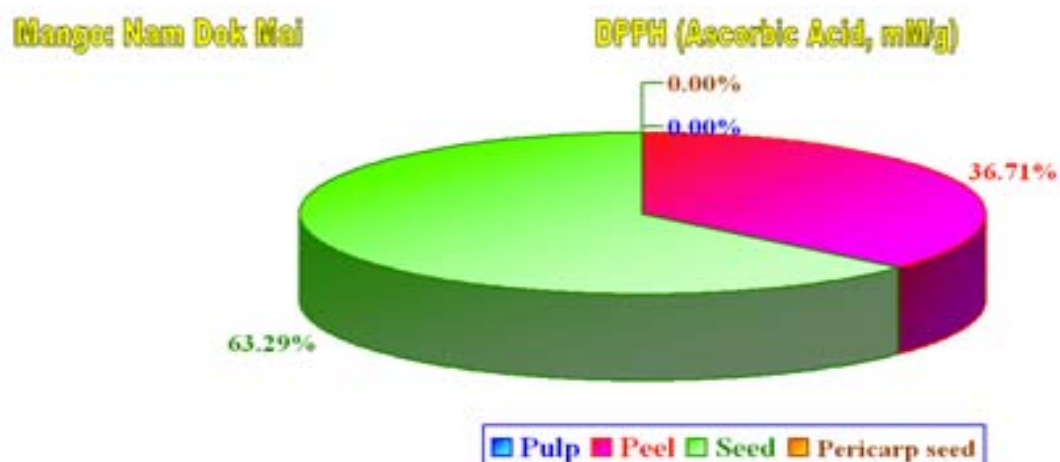


Figure 4.27: Proportion of DPPH (Ascorbic acid, mM/g) in different parts of Nam Dok Mai mango variety (chosen from the overall maximum summation value of all parts)

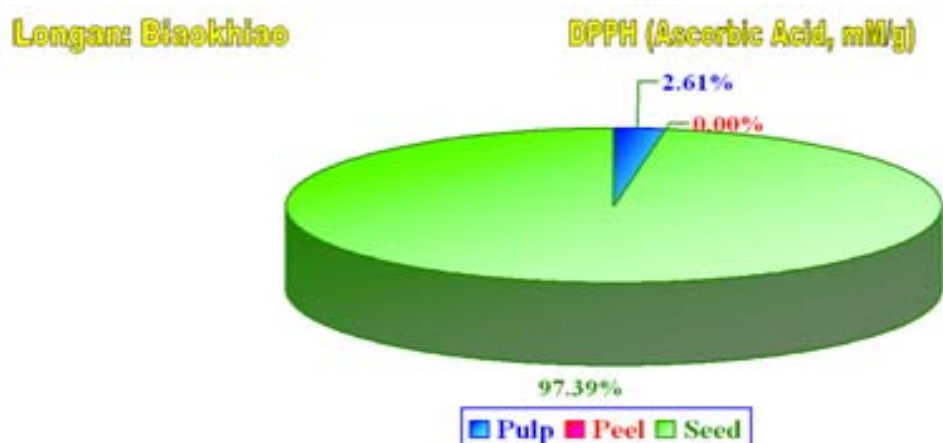


Figure 4.28: Proportion of DPPH (Ascorbic acid, mM/g) in different parts of Biaokhiaie longan variety (chosen from the overall maximum summation value of all parts)



Figure 4.29: Proportion of DPPH (Ascorbic acid, mM/g) in different parts of Honghuay lychee variety (chosen from the overall maximum summation value of all parts)

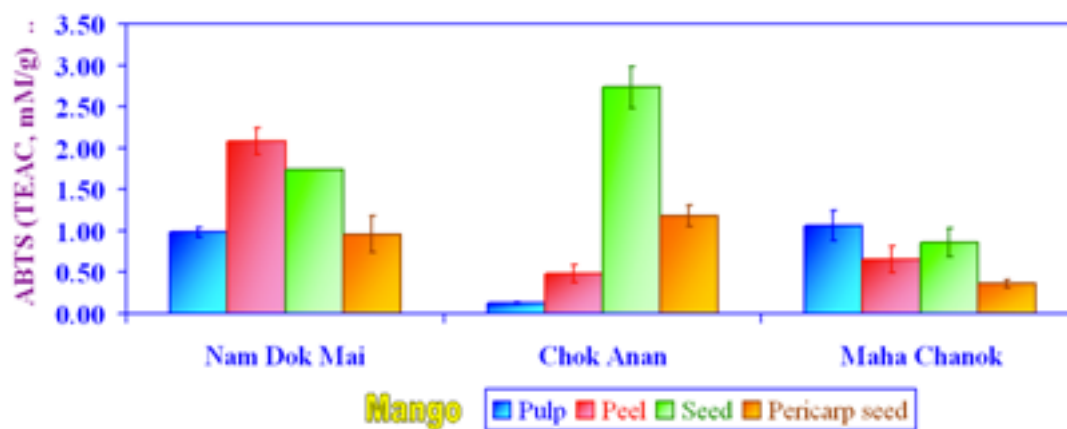


Figure 4.30: ABTS (TEAC, mM/g) in different parts of three mango varieties

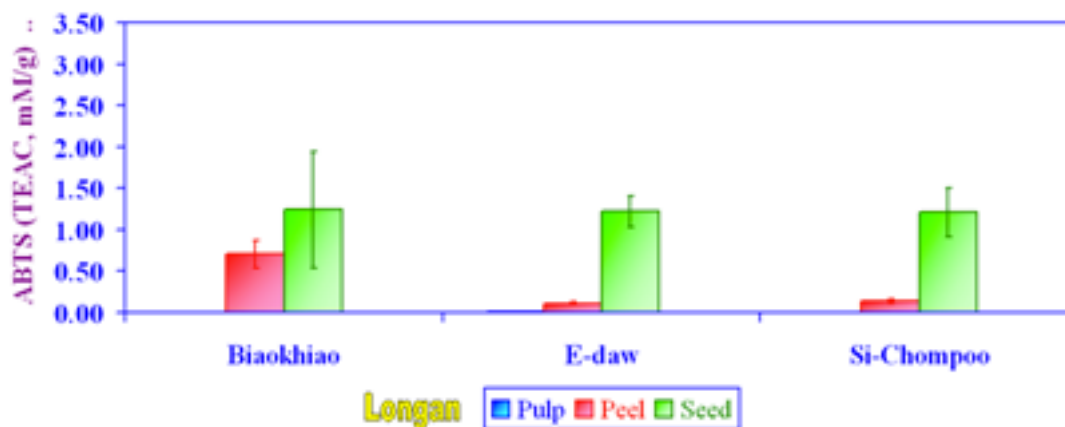


Figure 4.31: ABTS (TEAC, mM/g) in different parts of three longan varieties

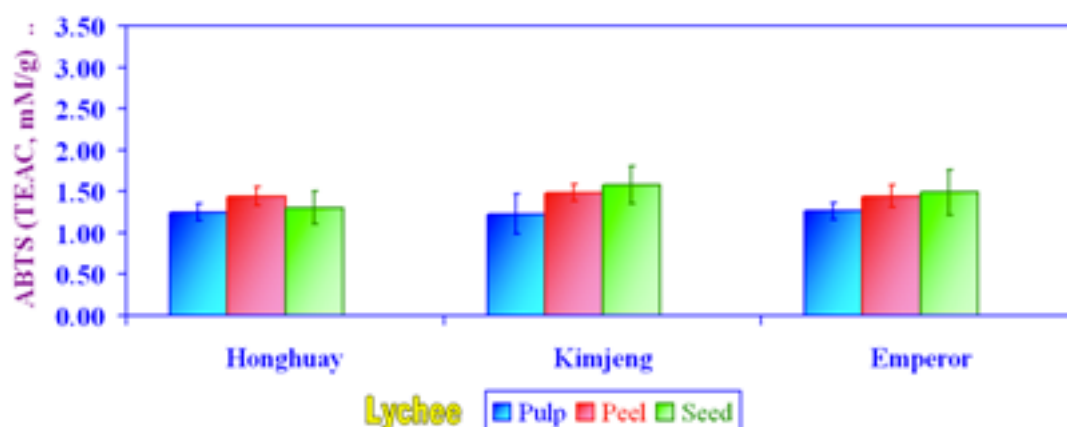


Figure 4.32: ABTS (TEAC, mM/g) in different parts of three lychee varieties

Mango: Nam Dok Mai

ABTS (TEAC, mM/g)

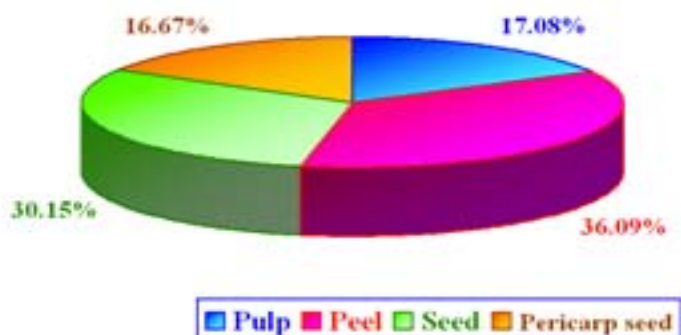


Figure 4.33: Proportion of ABTS (TEAC, mM/g) in different parts of Nam Dok Mai mango variety (chosen from the overall maximum summation value of all parts)

Longan: Biaokhiao

ABTS (TEAC, mM/g)



Figure 4.34: Proportion of ABTS (TEAC, mM/g) in different parts of Nam Dok Mai mango variety (chosen from the overall maximum summation value of all parts)

Lychee: Kimjeng

ABTS (TEAC, mM/g)

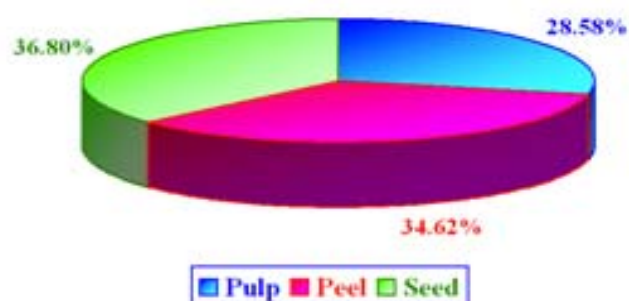


Figure 4.35: Proportion of ABTS (TEAC, mM/g) in different parts of Nam Dok Mai mango variety (chosen from the overall maximum summation value of all parts)

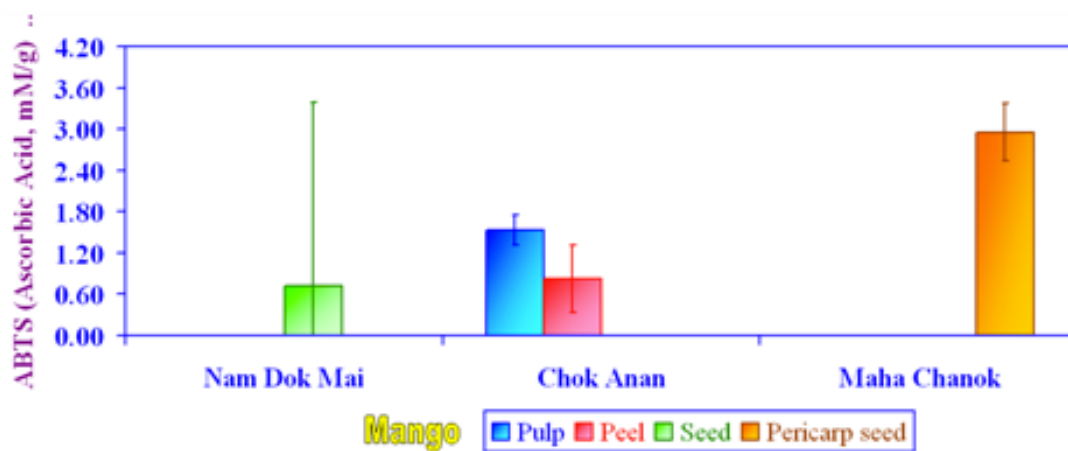


Figure 4.36: ABTS (Ascorbic acid, mM/g) in different parts of three mango varieties

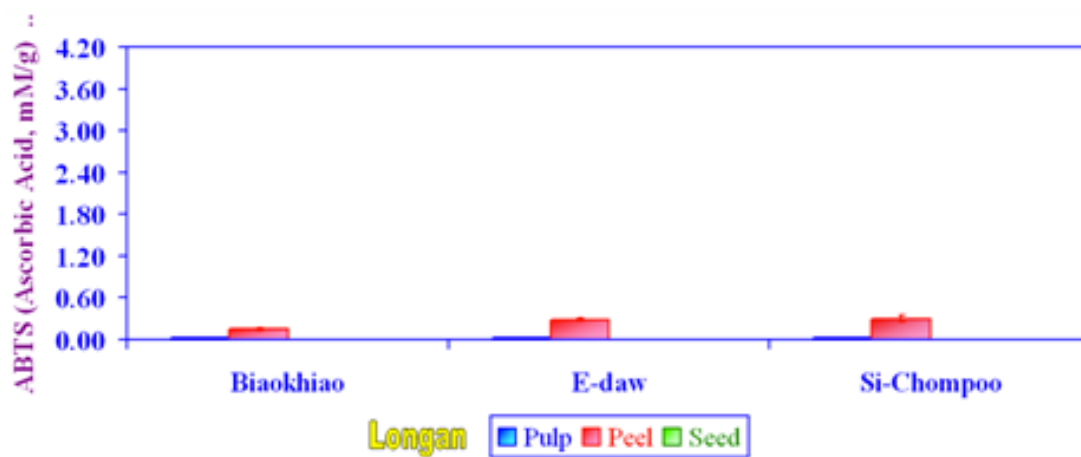


Figure 4.37: ABTS (Ascorbic acid, mM/g) in different parts of three longan varieties

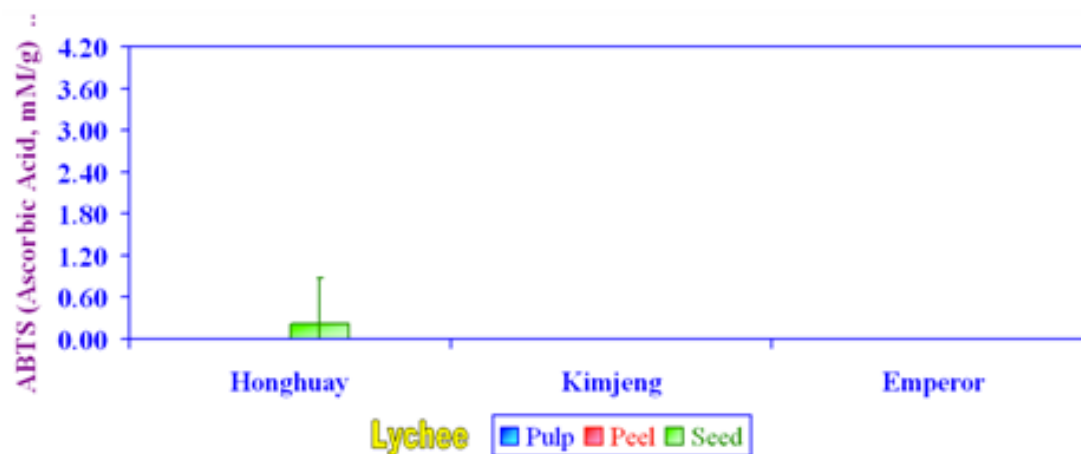


Figure 4.38: ABTS (Ascorbic acid, mM/g) in different parts of three lychee varieties

Mango: Maha Chanok

ABTS (Ascorbic Acid, mM/g)

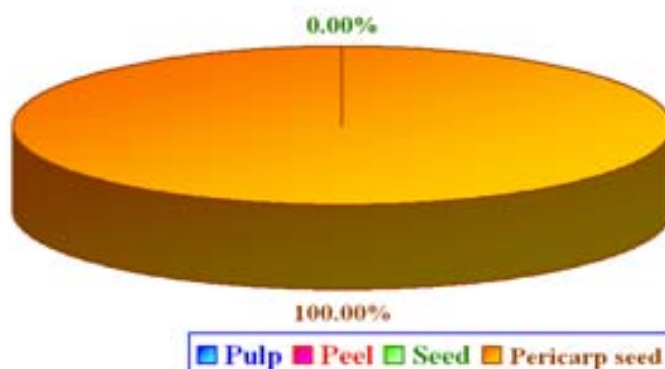


Figure 4.39: Proportion of ABTS (Ascorbic acid, mM/g) in different parts of Maha Chanok mango variety (chosen from the overall maximum summation value of all parts)

Lemon: Si-Chompee

ABTS (Ascorbic Acid, mM/g)

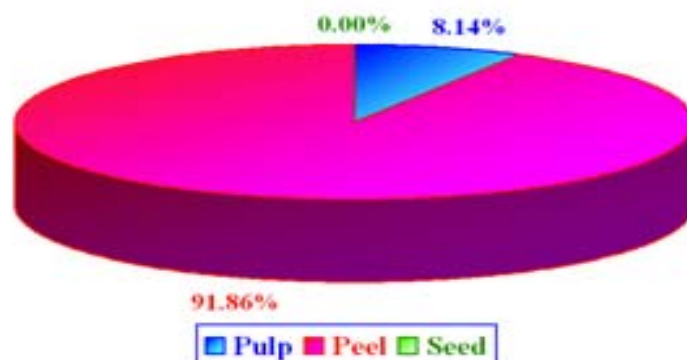


Figure 4.40: Proportion of ABTS (Ascorbic acid, mM/g) in different parts of Maha Chanok mango variety (chosen from the overall maximum summation value of all parts)

Lychee: Honghuay

ABTS (Ascorbic Acid, mM/g)

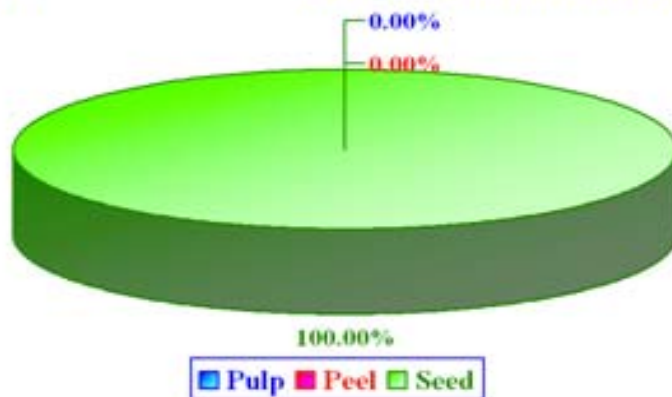


Figure 4.41: Proportion of ABTS (Ascorbic acid, mM/g) in different parts of Maha Chanok mango variety (chosen from the overall maximum summation value of all parts)

Mango: Nam Dok Mai

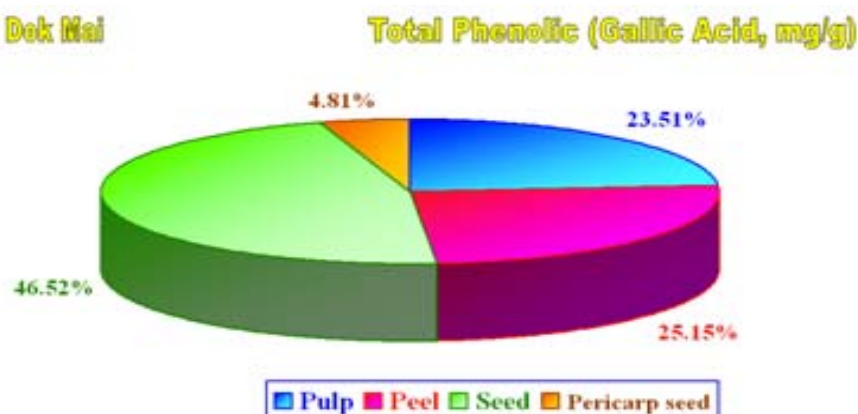


Figure 4.42: Proportion of Total Phenolic (Gallic acid, mg/g) in different parts of Nam Dok Mai mango variety (chosen from the overall maximum summation value of all parts)

Longan: Si-Chompoo

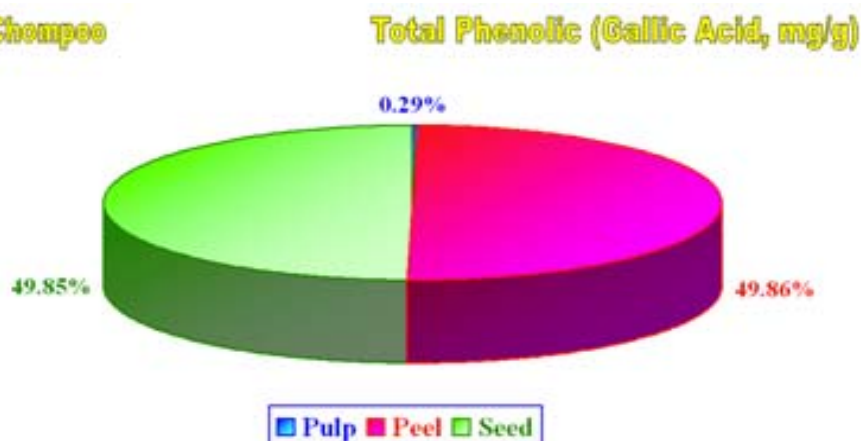


Figure 4.43: Proportion of Total Phenolic (Gallic acid, mg/g) in different parts of Si-Chompoo longan variety (chosen from the overall maximum summation value of all parts)

Lychee: Kimjeng

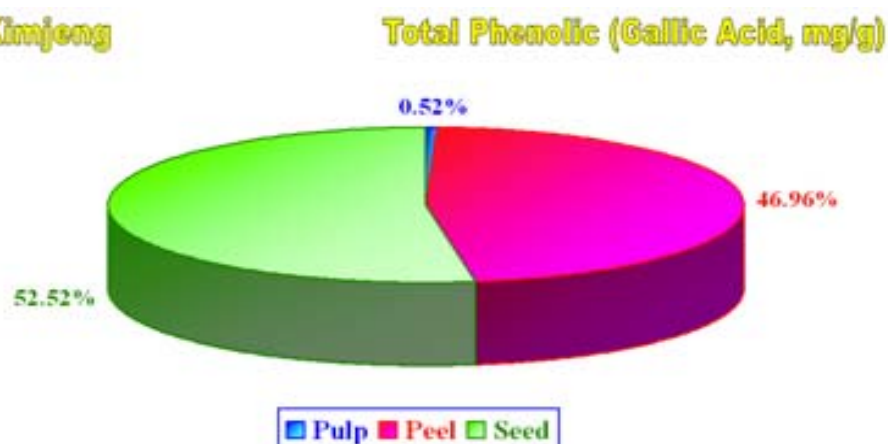


Figure 4.44: Proportion of Total Phenolic (Gallic acid, mg/g) in different parts of Kimjeng lychee variety (chosen from the overall maximum summation value of all parts)

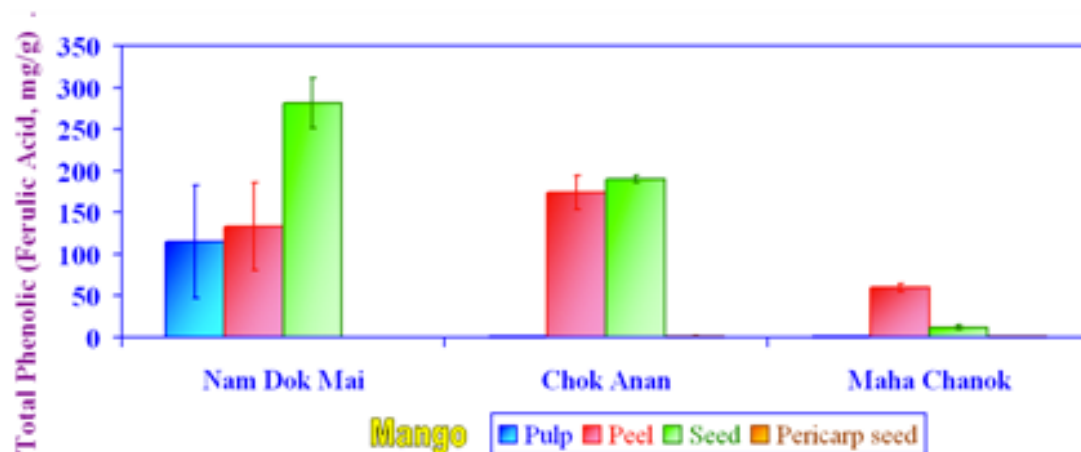


Figure 4.45: Total Phenolic (Ferulic acid, mg/g) in different parts of three mango varieties

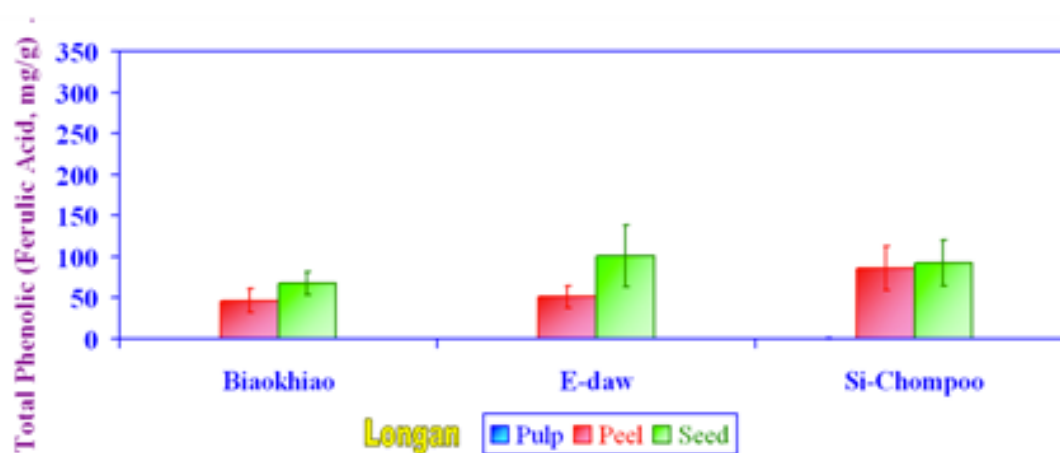


Figure 4.46: Total Phenolic (Ferulic acid, mg/g) in different parts of three longan varieties

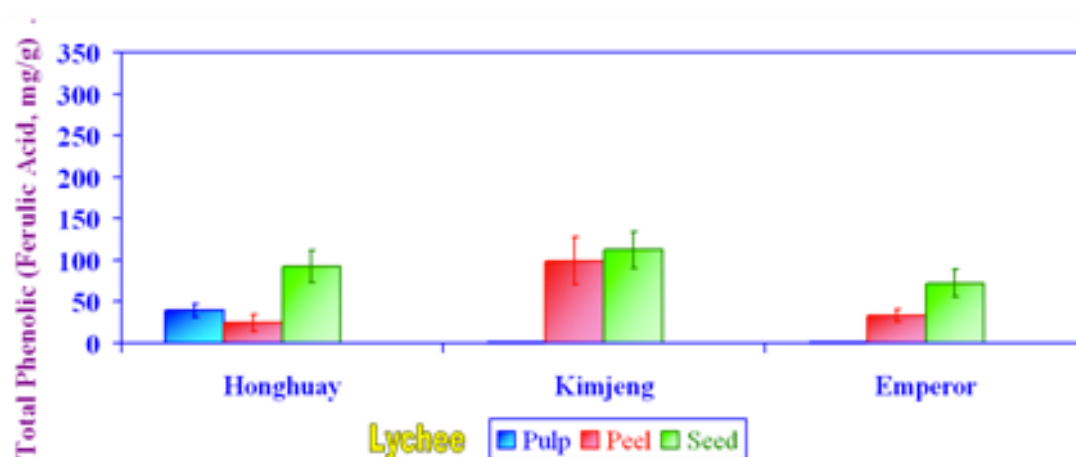


Figure 4.47: Total Phenolic (Ferulic acid, mg/g) in different parts of three lychee varieties

Mango: Nam Dok Mai

Total Phenolic (Ferulic Acid, mg/g)

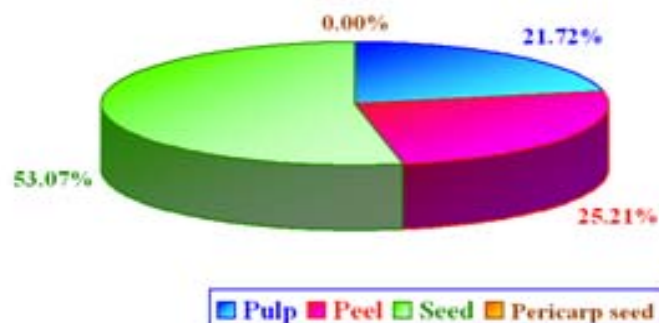


Figure 4.48: Proportion of Total Phenolic (Ferulic acid, mg/g) in different parts of Nam Dok Mai mango varieties (chosen from the overall maximum summation value of all parts)

Longan: Si-Chompoo

Total Phenolic (Ferulic Acid, mg/g)

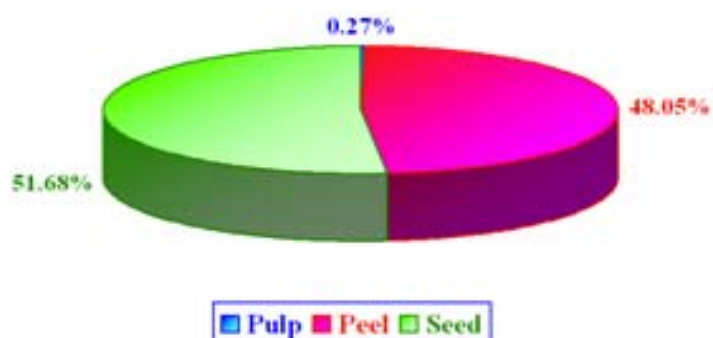


Figure 4.49: Proportion of Total Phenolic (Ferulic acid, mg/g) in different parts of Si-Chompoo longan varieties (chosen from the overall maximum summation value of all parts)

Lychee: Kimjeng

Total Phenolic (Ferulic Acid, mg/g)



Figure 4.50: Proportion of Total Phenolic (Ferulic acid, mg/g) in different parts of Kimjeng lychee varieties (chosen from the overall maximum summation value of all parts)

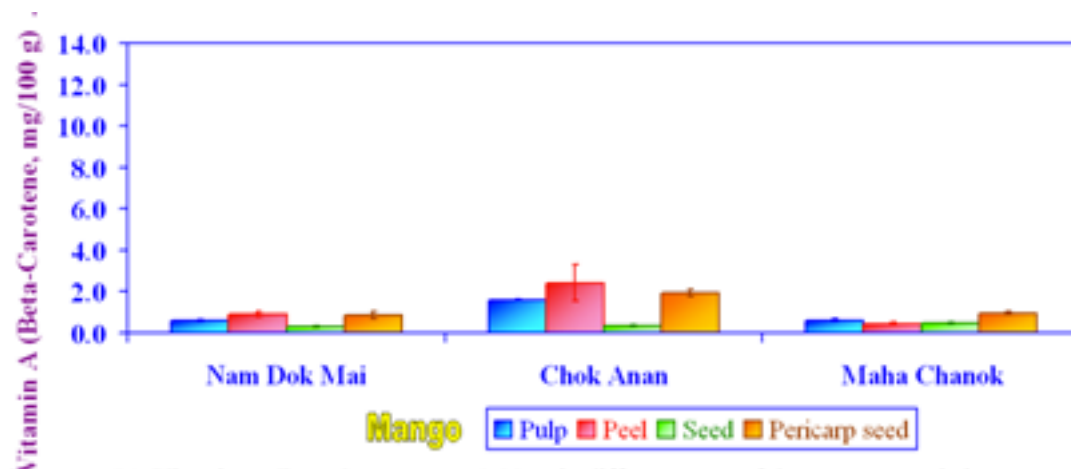


Figure 4.51: Vitamin A (Beta-Carotene, mg/100 g) in different parts of three mango varieties

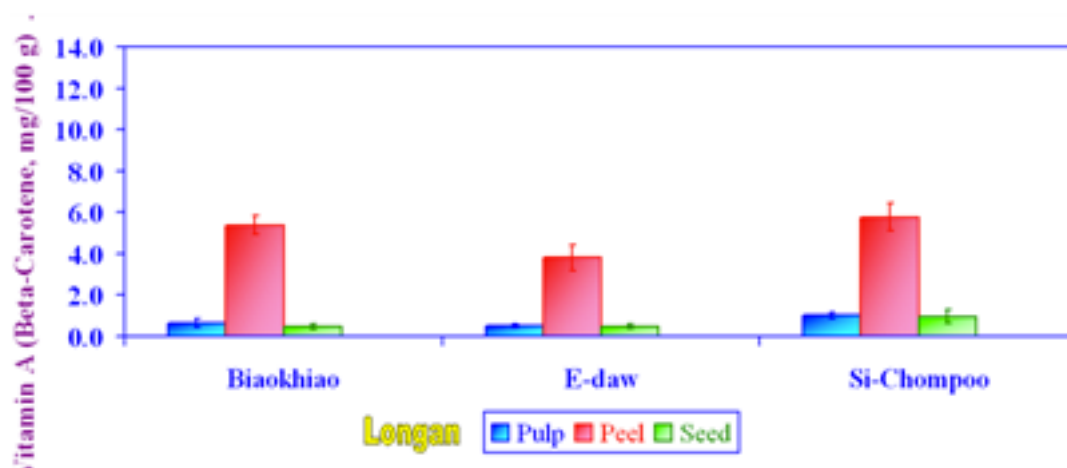


Figure 4.52: Vitamin A (Beta-Carotene, mg/100 g) in different parts of three longan varieties

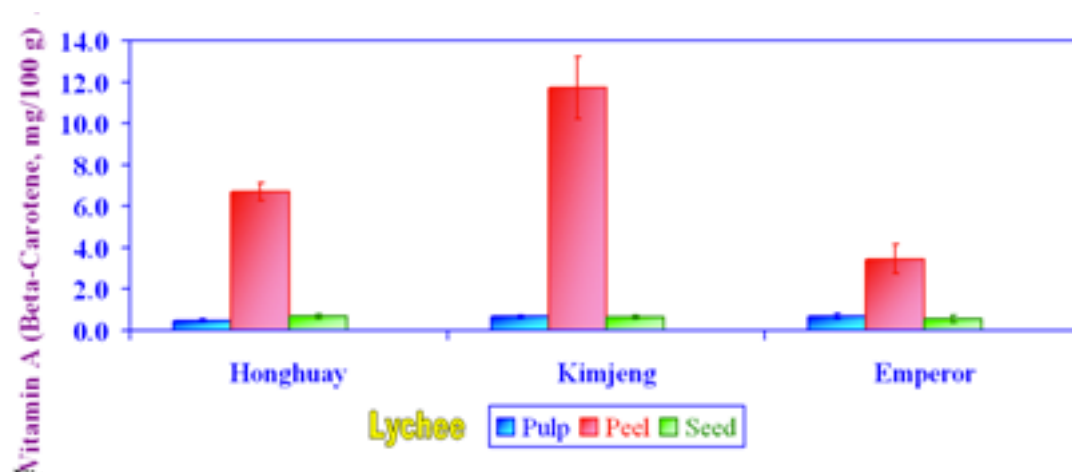


Figure 4.53: Vitamin A (Beta-Carotene, mg/100 g) in different parts of three lychee varieties

Mango: Chok Anan

Vitamin A (Beta-Carotene, mg/100 g)

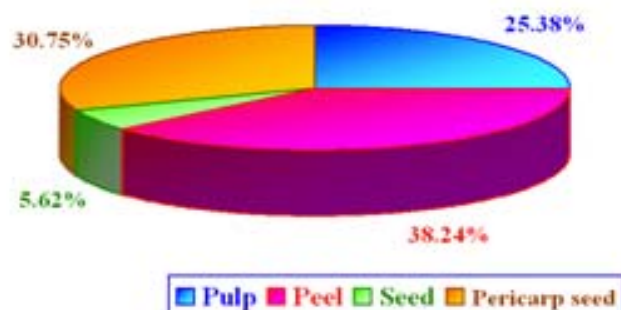


Figure 4.54: Proportion of Vitamin A (Beta-Carotene, mg/100 g) in different parts of Chok Anan mango variety (chosen from the overall maximum summation value of all parts)

Longan: Si-Chompoo

Vitamin A (Beta-Carotene, mg/100 g)

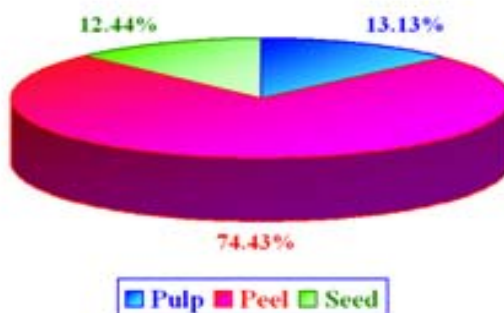


Figure 4.55: Proportion of Vitamin A (Beta-Carotene, mg/100 g) in different parts of Si-Chompoo longan variety (chosen from the overall maximum summation value of all parts)

Lychee: Kimjeng

Vitamin A (Beta-Carotene, mg/100 g)



Figure 4.56: Proportion of Vitamin A (Beta-Carotene, mg/100 g) in different parts of Kimjeng lychee variety (chosen from the overall maximum summation value of all parts)

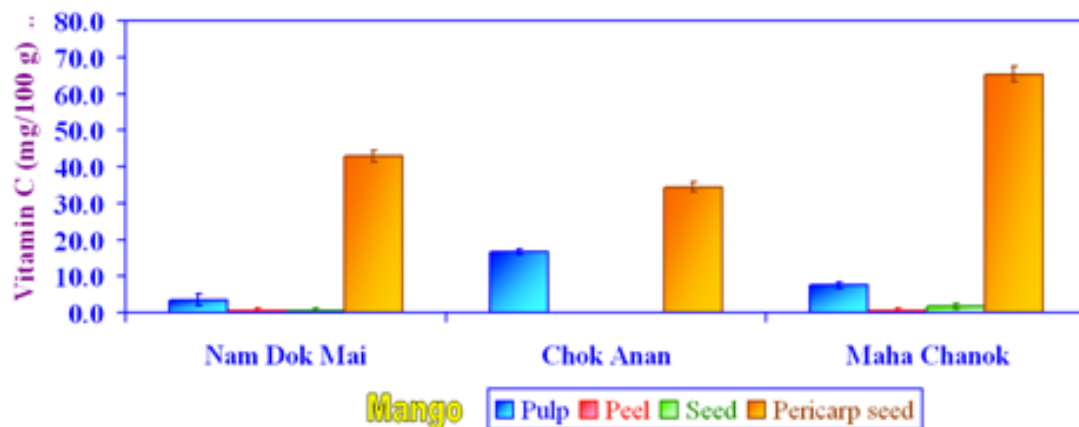


Figure 4.57: Vitamin C (mg/100 g) in different parts of three mango varieties

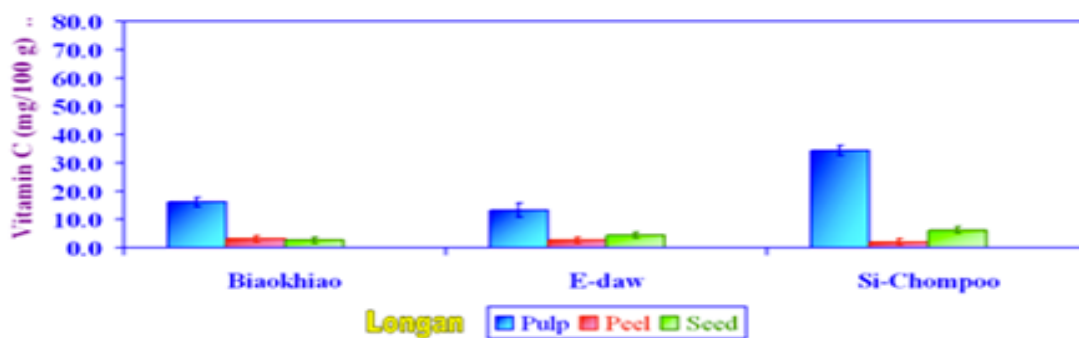


Figure 4.58: Vitamin C (mg/100 g) in different parts of three longan varieties

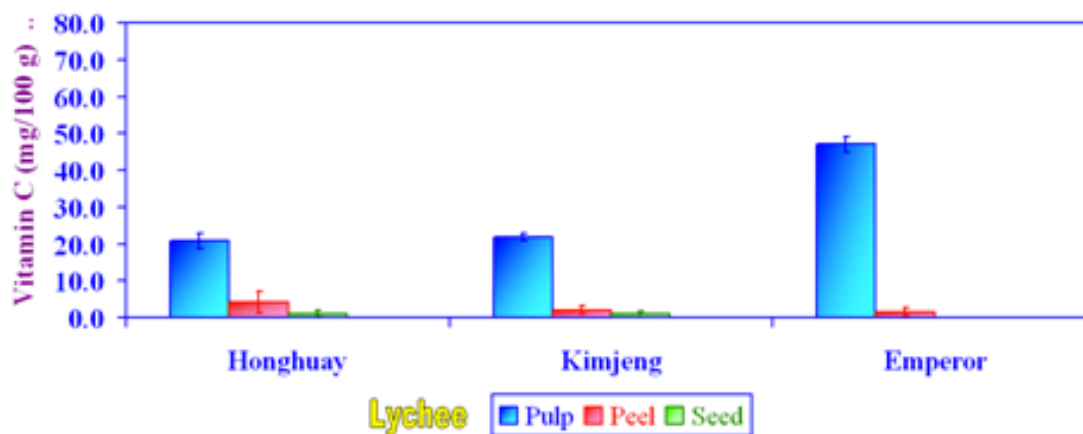


Figure 4.59: Vitamin C (mg/100 g) in different parts of three lychee varieties

Mango: Maha Chanok

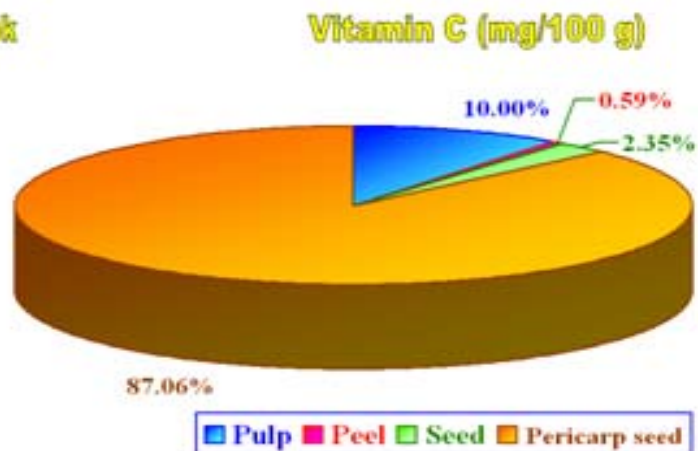


Figure 4.60: Proportion of Vitamin C (mg/100 g) in different parts of Maha Chanok mango variety (chosen from the overall maximum summation value of all parts)

Longan: Si-Chompoo

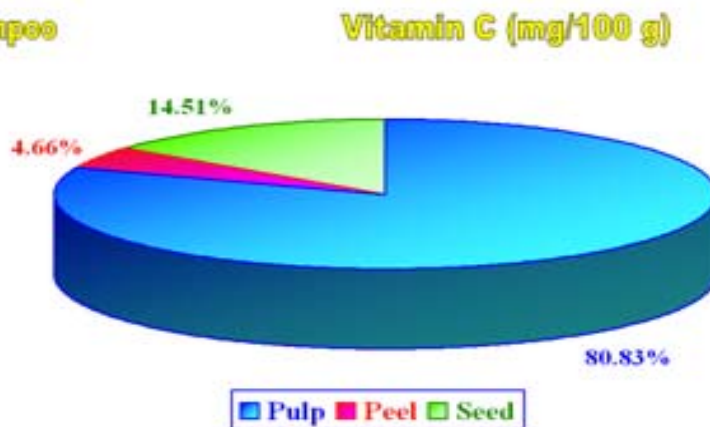


Figure 4.61: Proportion of Vitamin C (mg/100 g) in different parts of Si-Chompoo longan variety (chosen from the overall maximum summation value of all parts)

Lychee: Emperor

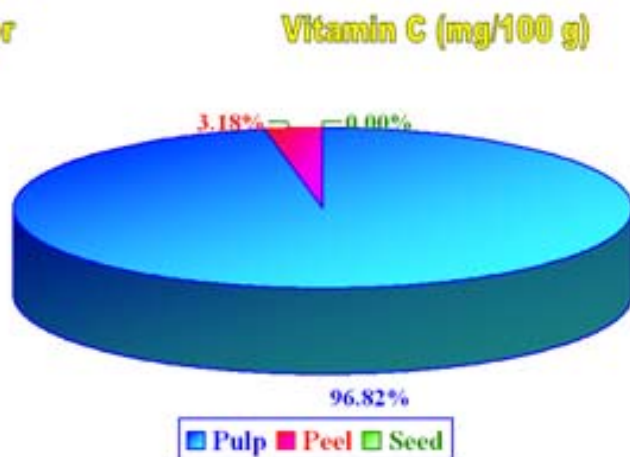


Figure 4.62: Proportion of Vitamin C (mg/100 g) in different parts of Emperor lychee variety (chosen from the overall maximum summation value of all parts)

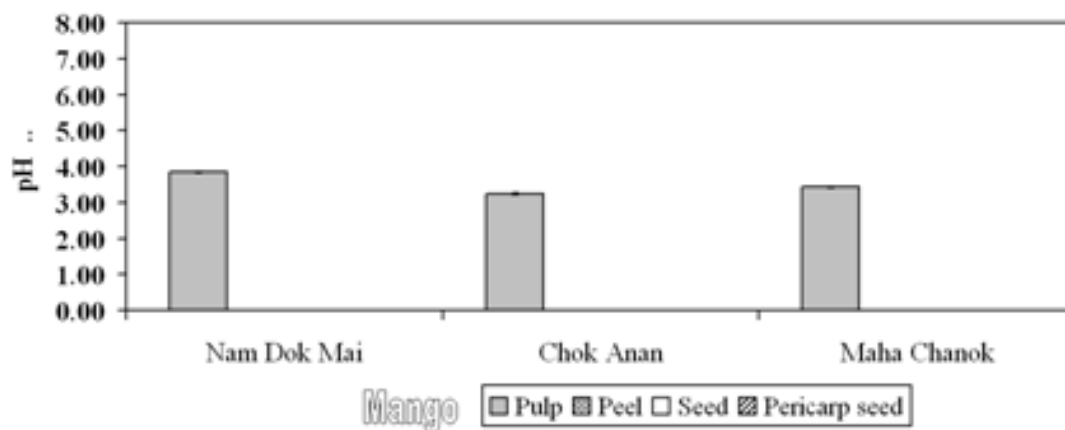


Figure 4.63: pH in different parts of three mango varieties

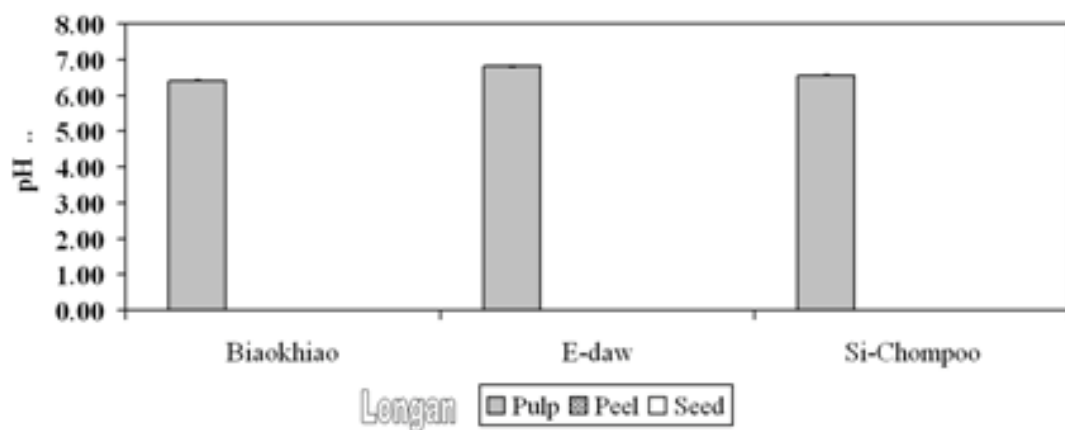


Figure 4.64: pH in different parts of three longan varieties

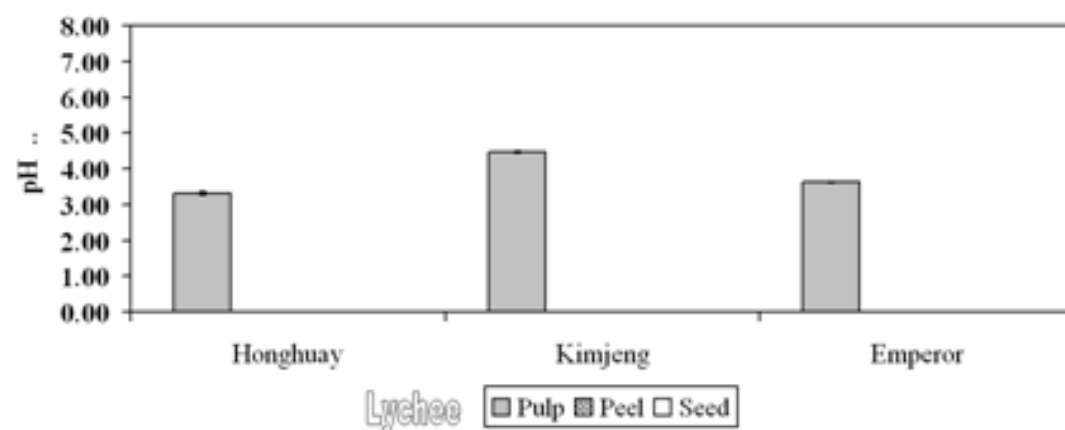


Figure 4.65: pH in different parts of three lychee varieties

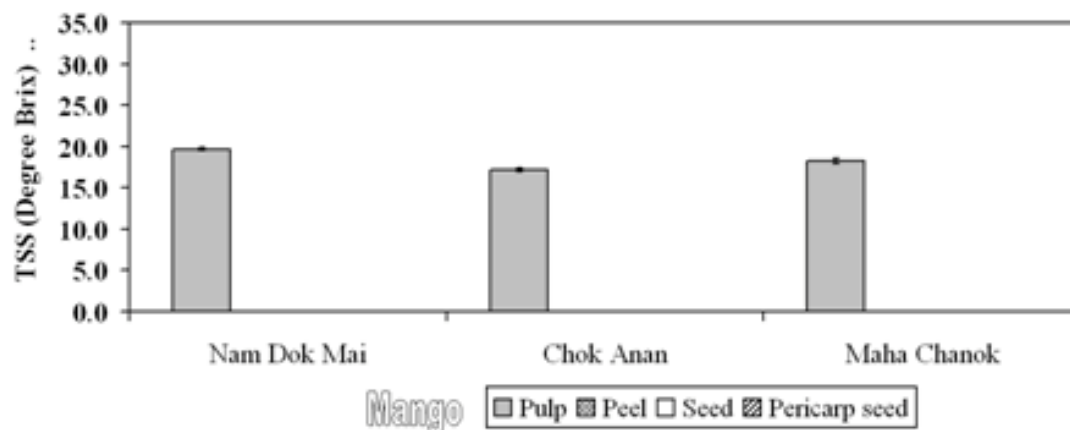


Figure 4.66: TSS (Degree Brix) in different parts of three mango varieties

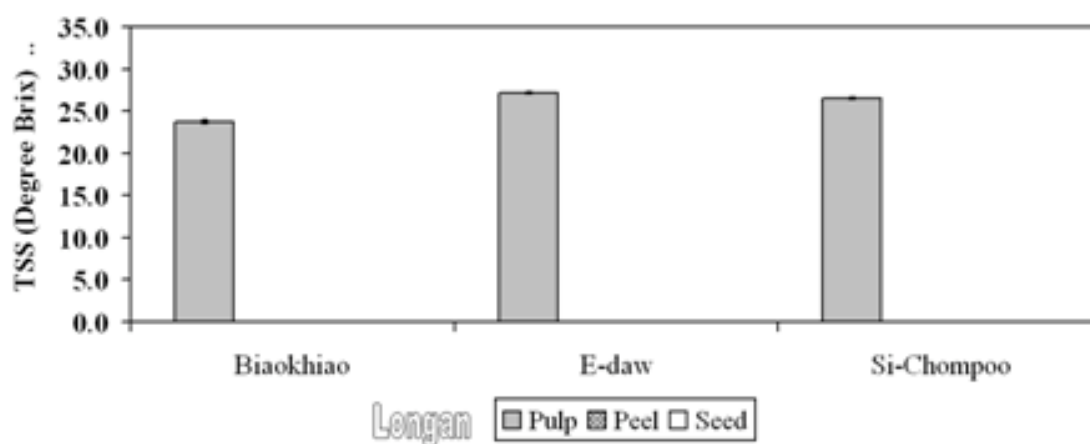


Figure 4.67: TSS (Degree Brix) in different parts of three longan varieties

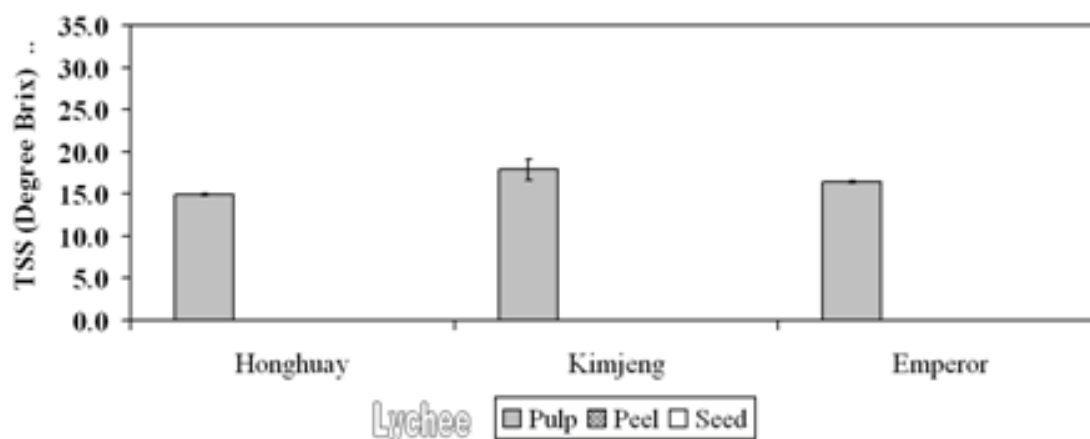


Figure 4.68: TSS (Degree Brix) in different parts of three lychee varieties

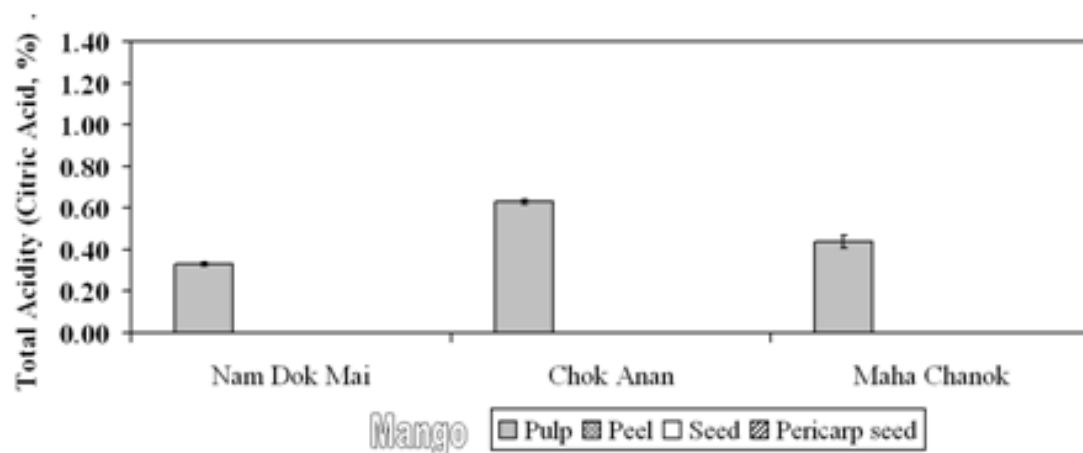


Figure 4.69: Total Acidity (Citric Acid, %) in different parts of three mango varieties

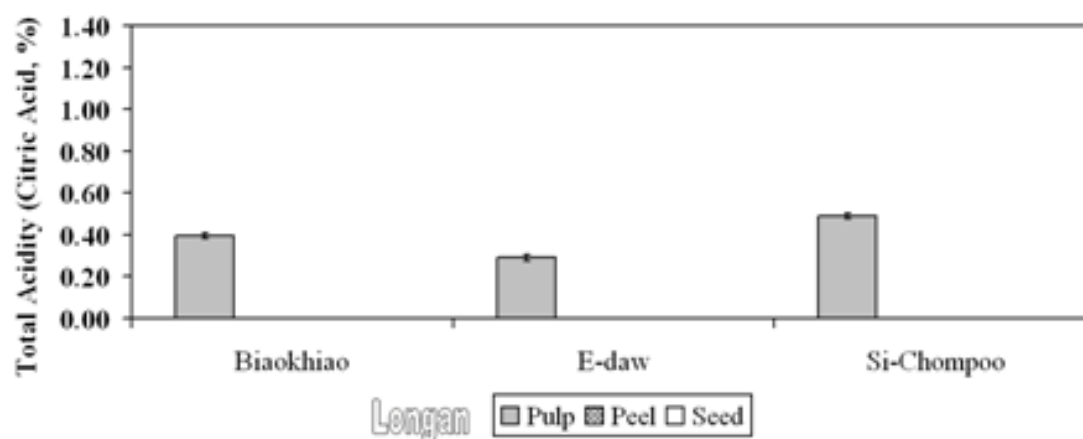


Figure 4.70: Total Acidity (Citric Acid, %) in different parts of three longan varieties

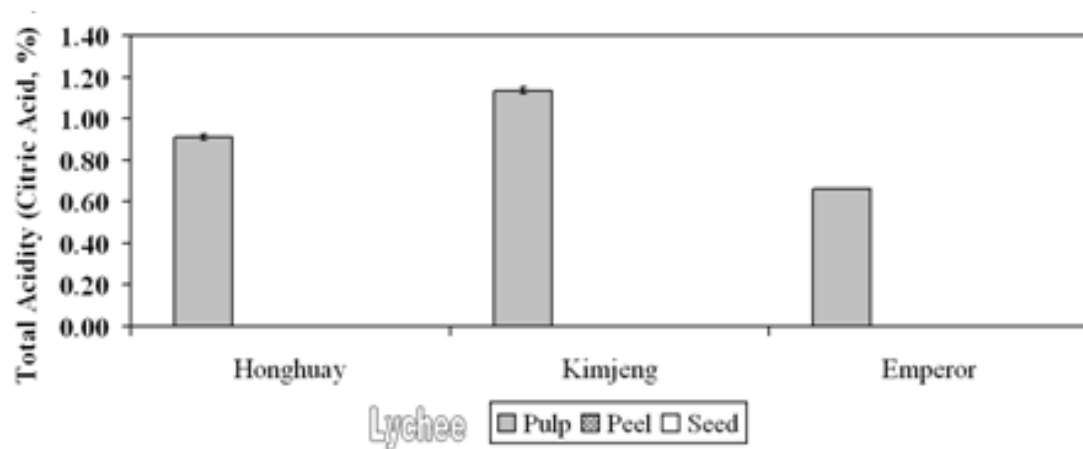


Figure 4.71: Total Acidity (Citric Acid, %) in different parts of three lychee varieties

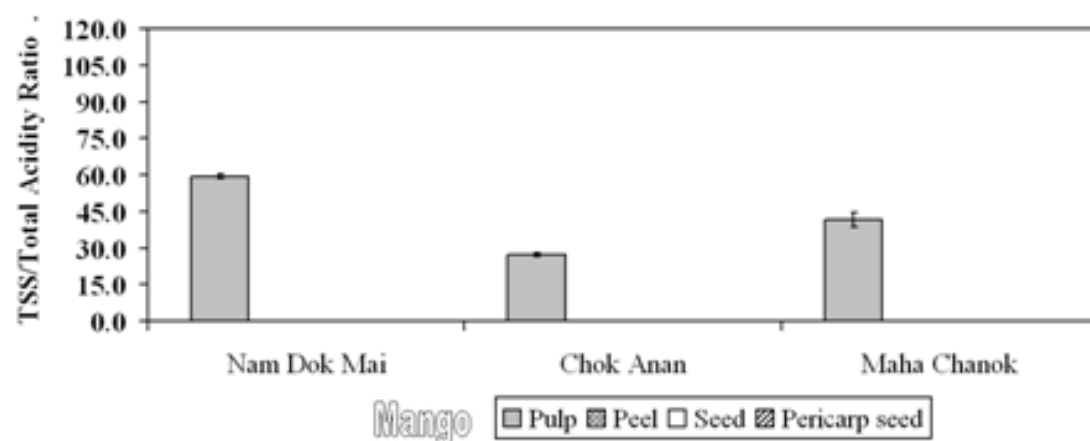


Figure 4.72: TSS Acidity Ratio in different parts of three mango varieties

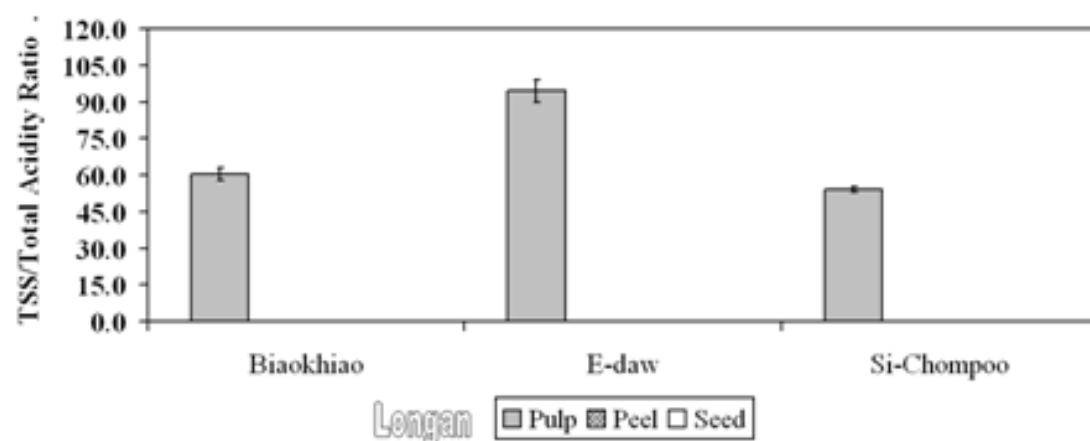


Figure 4.73: TSS Acidity Ratio in different parts of three longan varieties

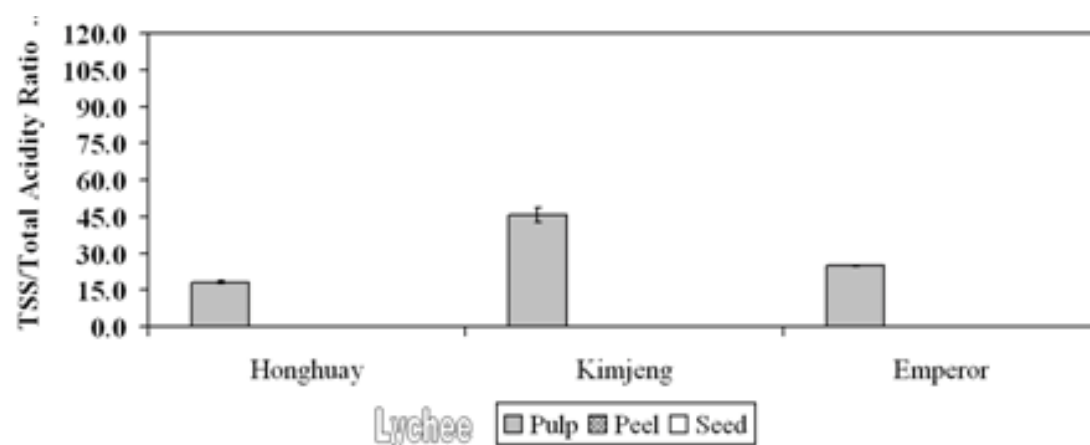


Figure 4.74: TSS Acidity Ratio in different parts of three lychee varieties

บทที่ 4 ผล และวิจารณ์ผลการทดลอง

กระบวนการแปรรูปและการเก็บรักษามะม่วง ลิ้นจี่ และลำไยสดพร้อมบริโภค

1. การศึกษาประสิทธิภาพของสารเคมีที่ใช้เป็น sanitizers ในการลดจำนวนจุลินทรีย์ที่เปลือกของผลมะม่วง ลิ้นจี่ และลำไย

มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ พันธุ์โชคอนันต์ และพันธุ์มหาชนก

การศึกษาประสิทธิภาพของสารฆ่าเชื้อในการลดจำนวนจุลินทรีย์ที่เปลือกของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ พบว่าจำนวนแบคทีเรียที่เปลือกของผลมะม่วงชุดควบคุม (ไม่จุ่ม) และผลมะม่วงที่จุ่มในน้ำประปาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนแบคทีเรียที่เปลือกของผลมะม่วงที่จุ่มด้วยสารละลาย PAA และสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ ดัง Fig. 4.1 ส่วนจำนวนแบคทีเรียที่เปลือกอยู่บนผลมะม่วงชุดควบคุมกับผลมะม่วงที่จุ่มในน้ำประปาไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) จำนวนแบคทีเรียบนผลมะม่วงที่จุ่มในสารละลาย PAA มีจำนวนน้อยที่สุด รองลงมาคือ ผลมะม่วงที่จุ่มในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ น้ำประปา และชุดควบคุม โดยมีจำนวนแบคทีเรียเท่ากับ 2.87 3.28 4.36 4.51 log cfu/cm² ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์จำนวนยีสต์และราบนที่เปลือกของผลมะม่วง พบว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยผลมะม่วงที่จุ่มในสารละลาย PAA มีจำนวนยีสต์และราน้อยที่สุด เท่ากับ 3.13 log cfu/cm² และผลมะม่วงที่ไม่ได้จุ่มในสารละลายใดๆ มีจำนวนยีสต์และรามากที่สุด เท่ากับ 4.78 log cfu/cm² การลดจำนวนจุลินทรีย์ที่เปลือกของผลมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์

ผลการศึกษาจำนวนจุลินทรีย์ที่เปลือกของผลมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ ทั้งจำนวนแบคทีเรีย และจำนวนยีสต์และรา พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ระหว่างจำนวนแบคทีเรีย จำนวนยีสต์และรา บนเปลือกของผลมะม่วงจากทุกชุดทดลอง ดัง Fig. 4.2 แต่ผลการศึกษาพบว่า การจุ่มผลมะม่วงในน้ำประปา และสาร sanitizers ทั้ง 2 ชนิด ทำให้จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ที่เปลือกของผลมะม่วงมีแนวโน้มลดลง โดยผลมะม่วงที่จุ่มในสารละลาย PAA มีจำนวนแบคทีเรีย และจำนวนยีสต์และราน้อยที่สุดคือ 4.20 และ 4.43 log cfu/cm² ตามลำดับ และผลมะม่วงในชุดควบคุม มีจำนวนแบคทีเรีย และจำนวนยีสต์และรา มากที่สุด เท่ากับ 5.57 และ 5.81 log cfu/cm² ตามลำดับ

การลดจำนวนจุลินทรีย์ที่เปลือกของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนก ผลการศึกษาจำนวนจุลินทรีย์บนเปลือกของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนก ทั้งจำนวนแบคทีเรีย และจำนวนยีสต์และรา พบว่าการจุ่มผลมะม่วงที่ในสารละลาย PAA สามารถลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ได้มากที่สุด และค่าที่ได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ($p > 0.05$) โดยมีจำนวนแบคทีเรีย จำนวนยีสต์และรา เหลืออยู่บนเปลือกของผลมะม่วงน้อยที่สุดเท่ากับ 3.17 และ 3.23 log cfu/cm² ตามลำดับ ดัง Fig. 4.3 แต่จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ที่พบนั้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ที่ตรวจพบจากผลมะม่วงที่จุ่มในน้ำประปา และสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ ผลมะม่วงชุดควบคุมมีจำนวนแบคทีเรีย ยีสต์และรา บนเปลือกของผลมะม่วงมากที่สุดเท่ากับ 4.75 และ 4.90 log cfu/cm² ตามลำดับ

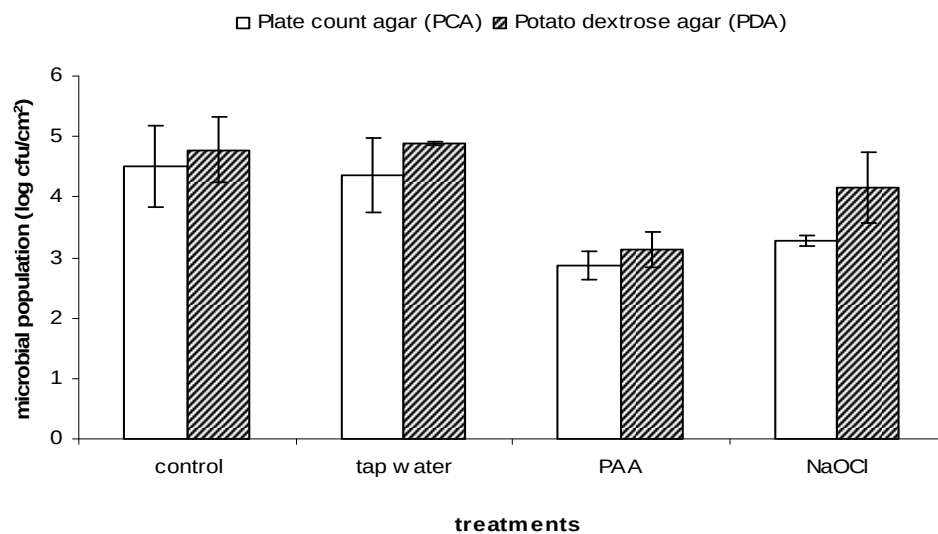


Figure 4.1: Total aerobic microbes count on mango peel (Nam Dok Mai) after treatment with different types of sanitizers (Mean $\pm$ SD).

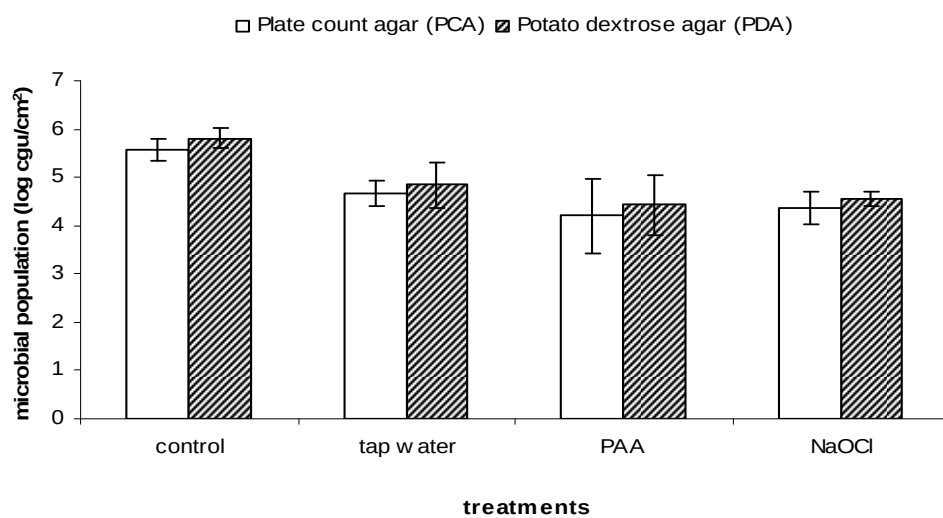


Figure 4.2: Total aerobic microbes count on mango peel (Chok Anan) after treatment with different types of sanitizers (Mean $\pm$ SD).

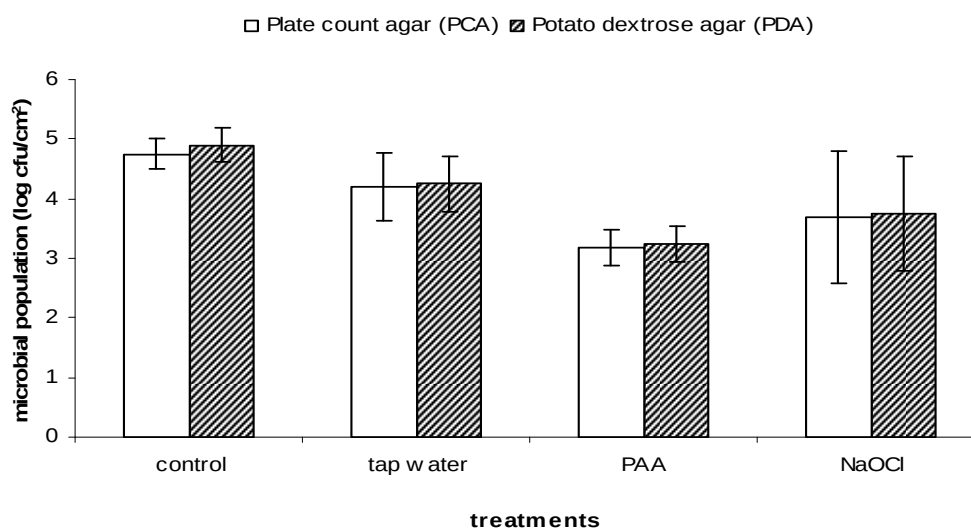


Figure 4.3: Total aerobic microbes count on mango peel (Maha Chanok) after treatment with different types of sanitizers (Mean $\pm$ SD).

ล้นจีพันธุ์เฮงฮวย พันธุ์กิมเจง และพันธุ์จักรพรรดิ

เมื่อนำผลล้นจีลงไปจุ่มในสาร sanitizers ชนิดต่างๆ เป็นเวลา 3 นาที พบว่าประสิทธิภาพของสารในการลดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดที่เปลือกนั้นแตกต่างกันและขึ้นอยู่กับพันธุ์ของล้นจี ดัง Table 1.3 เชื้อจุลินทรีย์ที่หลงเหลืออยู่บนเปลือกผลล้นจีจะมีปริมาณสูงสุดในชุดควบคุม (ไม่จุ่ม) และลดลงเมื่อผ่านการล้างด้วยสาร sanitizers ชนิดต่างๆ ดัง Table 4.1

ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่หลงเหลืออยู่บนเปลือกล้นจีพันธุ์เฮงฮวยที่ล้างด้วย PAA และโซเดียมไฮโปคลอไรต์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่การล้างด้วยสารทั้งสองชนิดทำให้ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยสามารถลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ลงได้ 1.18 และ 0.95 log cfu/cm² ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม

PAA และโซเดียมไฮโปคลอไรต์มีประสิทธิภาพในการลดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดบนเปลือกล้นจีพันธุ์กิมเจง เมื่อเปรียบเทียบกับชุดล้างด้วยน้ำประปา และชุดควบคุม ($p < 0.05$) โดยโซเดียมไฮโปคลอไรต์ มีประสิทธิภาพดีที่สุดในการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ โดยสามารถลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ลงได้มากกว่า 1 log cfu/cm² เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม

ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์บนเปลือกผลล้นจีพันธุ์จักรพรรดิลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อล้างด้วย PAA และโซเดียมไฮโปคลอไรต์ แต่ PAA มีประสิทธิภาพดีที่สุดในการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์บนเปลือกล้นจี โดยสามารถลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ลงได้มากกว่า 1 log cfu/cm² เมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนเชื้อจุลินทรีย์บนเปลือกล้นจีที่ล้างในน้ำประปา

Table 4.1 Total number of aerobic bacteria on lychee peel treated with different type of sanitizers.

ชนิดของสาร sanitizers	ปริมาณเชื้อ (log cfu/cm ²)		
	องฮวย	กิมเจง	จักรพรรดิ
ชุดควบคุม	4.77 ± 0.17b	4.60 ± 0.22c	TNTC*
น้ำประปา	n/a	4.56 ± 0.07c	4.95 ± 0.00c
100 ppm PAA	3.59 ± 0.12a	3.77 ± 0.18b	3.82 ± 0.17a
โซเดียมไฮโปคลอไรต์ 200 ppm	3.82 ± 0.16a	3.31 ± 0.26a	4.46 ± 0.29b
หมายเหตุ	- ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน - ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันตามแนวดิ่ง หมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p > 0.05) - *TNTC – Too Numerous Too Count		

เมื่อนำเนื้อลิ้นจี่ที่แกะเปลือกและคว้านเมล็ดแล้วลงไปจุ่มในสาร sanitizers ชนิดต่างๆ นาน 3 นาที พบว่าประสิทธิภาพของสารในการลดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดที่เปลือกนั้นแตกต่างกันไปตามพันธุ์ของลิ้นจี่ โดยเชื้อจุลินทรีย์ที่หลงเหลืออยู่บนเนื้อลิ้นจี่ของชุดควบคุมที่บรรจุ clamshell ทันทีหลังจากแกะเปลือกและคว้านเมล็ดมีปริมาณต่ำที่สุด และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p < 0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณเชื้อที่พบในเนื้อลิ้นจี่ที่ผ่านการแช่ sanitizer ทั้งสองชนิด ดัง Table 4.2

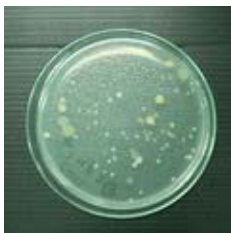
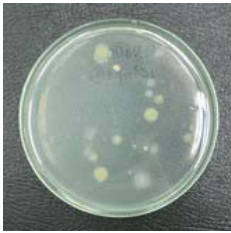
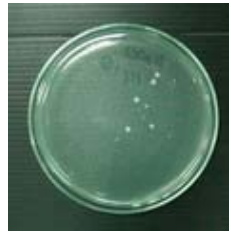
เนื้อลิ้นจี่ที่จุ่มในสารละลาย PAA ความเข้มข้น 50 ppm ปริมาณจุลินทรีย์ที่เหลืออยู่บนเนื้อลิ้นจี่พันธุ์จักรพรรดิต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับชุดทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p < 0.05) และ PAA ความเข้มข้น 50 ppm มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดบนเนื้อลิ้นจี่ลงได้มากกว่า 2 log cfu/cm² เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่พบในชุดควบคุม และเนื้อลิ้นจี่ที่ล้างด้วยน้ำประปา

Table 4.2 Total number of aerobic bacteria on lychee pulp treated with different type of sanitizers.

ชนิดของสาร sanitizers	ปริมาณเชื้อ (log cfu/cm ²)	
	กิมเจง	จักรพรรดิ
ชุดควบคุม	2.95+0.45b	4.91+0.23c
น้ำประปา	n/a	4.06+0.14b
50 ppm PAA	TNTC	2.12+0.21d
75 ppm PAA	3.61+0.31ab	4.36+0.00b
โซเดียมไฮโปคลอไรต์ 200 ppm	3.76+0.36a	4.89+0.11a

- หมายเหตุ
- ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็น ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
 - ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันตามแนวตั้ง หมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)
 - *TNTC – Too Numerous Too Count

Table 4.3 The growth of microbes on PDA after treatment with different type of sanitizers.

ชนิดของสาร sanitizers	ลักษณะการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ (dilution 10-3)		
	ฮงฮวย	กิมเจง	จักรพรรดิ
ชุดควบคุม			
น้ำประปา	n/a		
PAA 100 ppm			
โซเดียมไฮโปคลอไรต์ 200 ppm			

ลำไยพันธุ์ดอ พันธุ์เขียวเขียว พันธุ์กระโหลก และพันธุ์สีชมพู

เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของ sanitizer 2 ชนิด โดยนำผลลำไยพันธุ์ดอมาล้างเป็นเวลา 3 นาที พบว่า สาร PAA และสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์มีประสิทธิภาพในการลดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ที่เปลือกลำไย ดัง Table 4.4 โดยสารทั้งสองชนิดสามารถลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ลงได้ประมาณ 1 log cfu/cm²

เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดที่พบบนเปลือกลำไยชุดควบคุม แต่สารทั้งสองชนิดมีประสิทธิภาพไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

เมื่อล้างลำไยพันธุ์เบ๊ยาวด้วย sanitizer ทั้งสองชนิดพบว่า มีประสิทธิภาพในการลดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ที่เปลือกผลได้ โดยสารทั้งสองชนิดสามารถลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดได้มากกว่า $1 \log \text{cfu/cm}^2$ เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดที่พบบนเปลือกลำไยชุดควบคุม แต่สารทั้งสองชนิดมีประสิทธิภาพในการลดเชื้อจุลินทรีย์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

Table 4.4 Total number of aerobic bacteria on longan peel treated with different type of sanitizers.

ชนิดของสาร sanitizers	ปริมาณเชื้อ (log cfu/cm ²)	
	พันธุ์ดอ	พันธุ์เบ๊ยาวเขียว
ชุดควบคุม	5.15±0.16a	5.22±0.06a
100 ppm PAA	4.00±0.25b	3.73±0.14b
โซเดียมไฮโปคลอไรต์ 200 ppm	4.06±0.27b	3.23±0.75b

หมายเหตุ - ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็น ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
 - ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันตามแนวดิ่ง หมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

เมื่อนำเนื้อลำไยพันธุ์ดอที่แกะเปลือกและคว้านเมล็ดมาจุ่มใน sanitizer 2 ชนิดเป็นเวลา 3 นาที ก่อนจะไปตรวจหาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดที่เหลืออยู่บนเนื้อลำไย พบว่า เนื้อลำไยที่จุ่มในสาร PAA ความเข้มข้น 75ppm มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เหลืออยู่มากที่สุด ดัง Table 4.5 และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเทียบกับปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่ตรวจพบในชุดการทดลองอื่น เนื้อลำไยสดที่ไม่ผ่านการจุ่มสาร sanitizer มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ต่ำสุดในการทดลองนี้ เนื่องจากเมื่อคว้านเมล็ดและแกะเปลือกแล้ว เนื้อลำไยจะถูกบรรจุใส่ clamshell และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 ± 1 องศาเซลเซียสทันที ทำให้มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์หลงเหลืออยู่บนเนื้อลำไยต่ำที่สุด

เมื่อล้างเนื้อลำไยพันธุ์เบ๊ยาวที่คว้านเมล็ดและแกะเปลือกด้วย sanitizer ทั้งสองชนิดพบว่า มีประสิทธิภาพในการลดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ที่เปลือกผลได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยเนื้อลำไยที่จุ่มในสาร PAA ความเข้มข้น 75ppm มีประสิทธิภาพดีที่สุดในการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดสามารถลดได้มากกว่า $2 \log \text{cfu/cm}^2$ เมื่อเทียบกับปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อลำไยชุดควบคุม สารที่มีประสิทธิภาพรองลงมาก็คือสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ ความเข้มข้น 200ppm ($p < 0.05$) ซึ่งสามารถลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดได้มากกว่า $1 \log \text{cfu/cm}^2$

Table 4.5 Total number of aerobic bacteria on longan pulp treated with different type of sanitizers.

ชนิดของสาร sanitizers	ปริมาณเชื้อ (log cfu/cm ²)	
	พันธุ์ดอ	พันธุ์เบียวเขียว
ชุดควบคุม	1.42±0.49c	2.86±0.13ab
น้ำประปา	1.51±0.50c	3.29±0.14a
50 ppm PAA	1.73±0.12bc	2.69±0.06b
75 ppm PAA	2.57±0.46a	0.00±0.00d
โซเดียมไฮโปคลอไรต์ 200 ppm	1.84±0.15bc	1.60±0.73c

หมายเหตุ - ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
- ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันตามแนวดิ่ง หมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p > 0.05)

การเปลี่ยนแปลงของเนื้อล้นจีสดหลังจากจุ่มสาร sanitizers ชนิดต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา

1. การเปลี่ยนแปลงสี (ค่า L)

ล้นจีพันธุ์กิมเจง

ค่า L ของเนื้อล้นจีสดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษา เนื่องจากเนื้อล้นจีเริ่มเปลี่ยนเป็นสีขาวขุ่นภายหลังเก็บรักษาเป็นเวลา 2 วัน ดัง Fig. 4.1 เมื่อเก็บรักษาได้ 6 วัน เนื้อล้นจีในชุดชุดการทดลองจะมีสีคล้ำลงอย่างรวดเร็ว โดยเมื่อสิ้นสุดระยะการเก็บรักษาค่าสี L ในทุกชุดการทดลองมีค่าใกล้เคียงกัน ค่า L ที่วัดได้หลังการเก็บรักษา 10 วัน มีค่าใกล้เคียงกับค่า L ที่วัดได้จากเนื้อล้นจีเมื่อเริ่มต้น แต่เนื้อล้นจีมีความขุ่น การจุ่มสาร sanitizers ชนิดต่าง ๆ ไม่ทำให้ค่า L แตกต่างจากค่าที่วัดได้ของเนื้อล้นจีสดในชุดควบคุมอย่างมีนัยทางสำคัญทางสถิติ (p > 0.05)

ลำไยพันธุ์ดอ

เนื้อลำไยสดที่ล้างด้วยสารละลายไคโทซาน 0.5% มีค่า L สูงที่สุดเมื่อเริ่มต้นการทดลองและแตกต่างจากค่า L ของเนื้อลำไยในชุดทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p < 0.05) แต่เมื่อเปรียบเทียบค่า L ของเนื้อลำไยจากชุดควบคุม เนื้อลำไยที่ล้างด้วย 50ppm PAA หรือ 75ppm PAA นั้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p > 0.05) การล้างเนื้อลำไยด้วยสาร sanitizer ทำให้ค่า L ของเนื้อลำไยเพิ่มขึ้น ดัง Fig. 4.2 โดย เนื้อลำไยที่ล้างด้วยสารละลายไคโทซาน หรือ PAA จะมีค่า L สูงกว่า ค่า L ที่วัดได้จากเนื้อลำไยชุดควบคุม เนื่องจากเนื้อลำไยที่ล้างด้วยสารดังกล่าวได้เปลี่ยนเป็นสีขาวขุ่น ในขณะที่เนื้อลำไยจากชุดควบคุมมีลักษณะใส

ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 10 วัน ที่อุณหภูมิ 5 ± 1 องศาเซลเซียส พบว่าค่า L ของเนื้อลำไยที่ล้างด้วย sanitizer แต่ละชนิดไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p > 0.05) ตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดระยะการเก็บรักษา

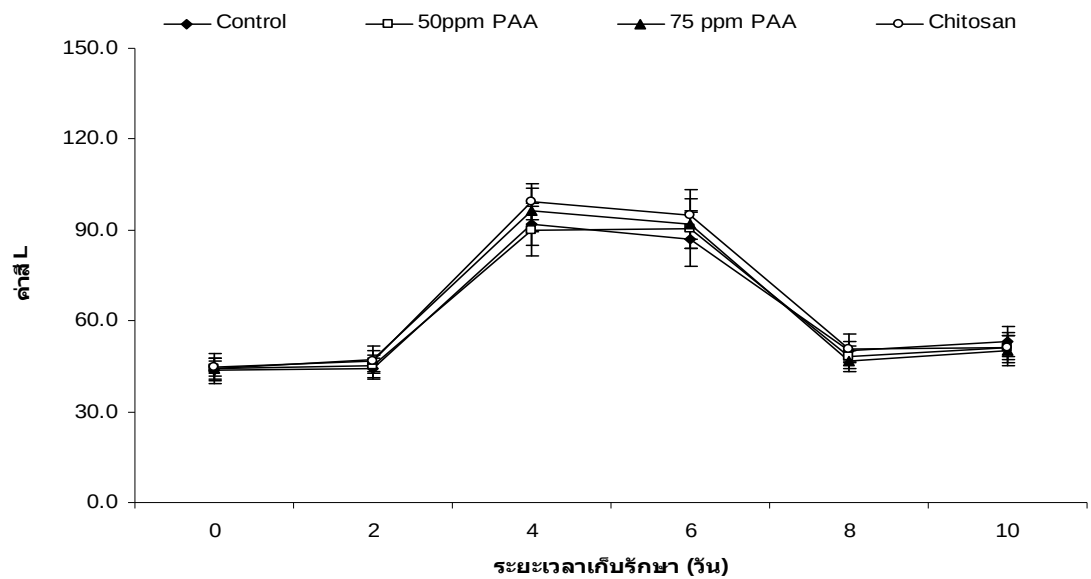


Figure 4.4: Effect of storage period ($5 \pm 1^{\circ}\text{C}$) on L^* of Kimjeng lychee pulp treated with different type of sanitizers (Mean $\pm$ SD).

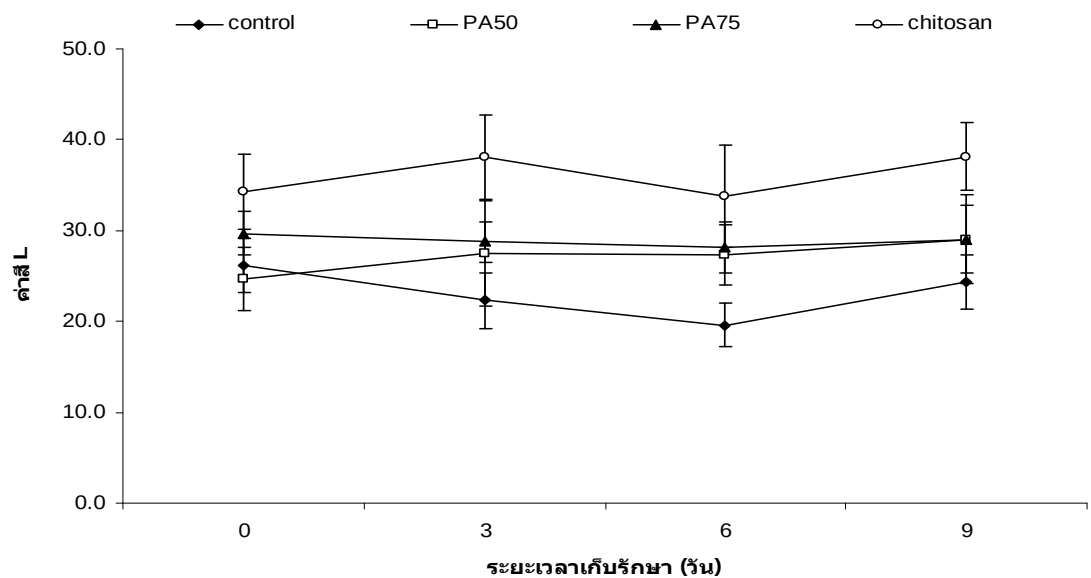


Figure 4.5: Effect of various sanitizers soaking ($5 \pm 1^{\circ}\text{C}$) on L^* of E-daw longan pulp during storage period of 10 days (Mean $\pm$ SD).

2. การเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัส

ลิ้นจี่พันธุ์กิมเจง

เนื้อลิ้นจี่สดที่จุ่มด้วยสารละลายไคโทซาน มีความแน่นเนื้อสูงสุดในวันที่เริ่มทำการทดลองเมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อลิ้นจี่ชุดควบคุม ดัง Fig. 4.3 ในระหว่างการเก็บรักษาความแน่นเนื้อของเนื้อลิ้นจี่สดมีแนวโน้มคงที่ตลอดอายุการเก็บรักษา และความแน่นเนื้อของเนื้อลิ้นจี่สดที่จุ่มในสาร sanitizers ชนิดต่างๆ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ลำไยพันธุ์ดอ

การล้างเนื้อลำไยสดด้วย sanitizer ทั้งสองชนิดไม่มีผลต่อความแน่นเนื้อของเนื้อลำไยสด ดัง Fig. 4.4 โดยค่าความแน่นเนื้อของเนื้อลำไยสดจากชุดควบคุมไม่แตกต่างจากค่าความแน่นเนื้อของเนื้อลำไยสดที่ผ่านการล้างด้วย PAA หรือ สารละลายไคโทซานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อเริ่มต้นการทดลอง และค่าความแน่นเนื้อของลำไยในแต่ละชุดการทดลองไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 10

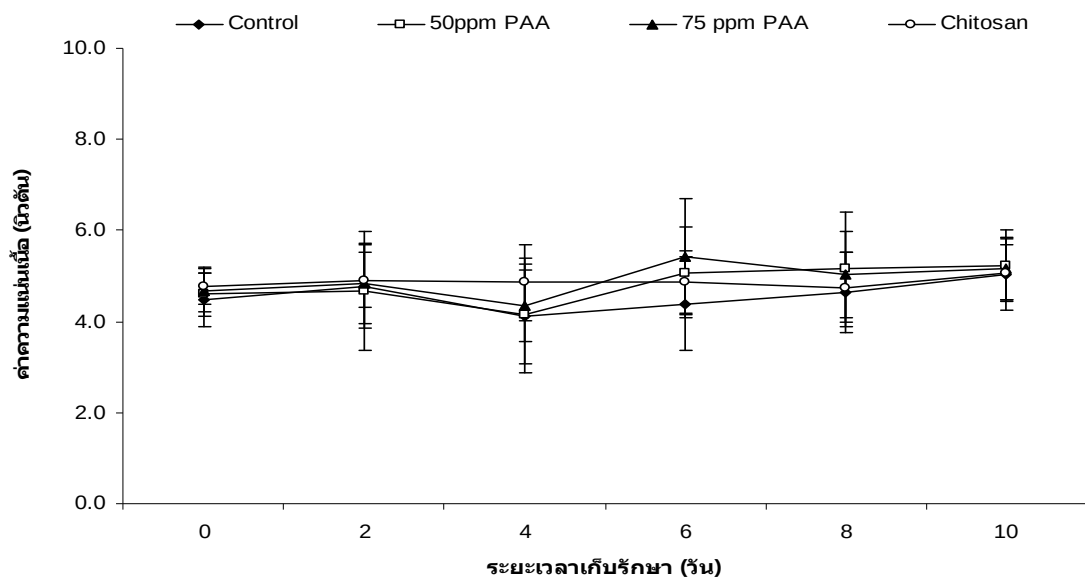


Figure 4.6: Effect of storage period ($5 \pm 1^\circ\text{C}$) on firmness of Kimjeng lychee pulp treated with different type of sanitizers (Mean $\pm$ SD).

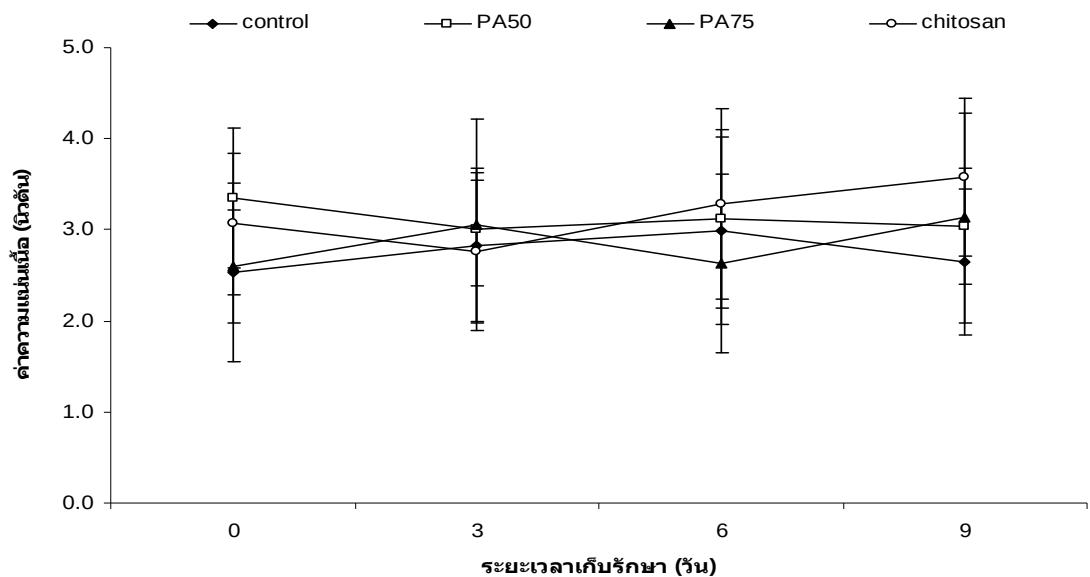


Figure 4.7: Effect of various sanitizers soaking ($5 \pm 1^{\circ}\text{C}$) on firmness of E-daw longan pulp during storage period of 10 days (Mean $\pm$ SD).

3. ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

ลีนจีพ่นธัญมิจ

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของเนื้อลีนจีจากชุดควบคุมจะเพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษา ดัง Fig. 4.5 เมื่อนำค่าที่วัดได้ไปเปรียบเทียบปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ในเนื้อลีนจีที่จุ่มใน sanitizers ชนิดต่างๆ พบว่า ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของเนื้อลีนจีสดจากชุดควบคุมมีค่าสูงที่สุด และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของเนื้อลีนจีที่จุ่มในโคโทซานและ PAA ความเข้มข้น 75ppm ก่อนข้างจะคงที่ตลอดการทดลอง)

ลำไยพันธุ์ดอ

เนื้อลำไยสดจากชุดควบคุมมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้จากเนื้อลำไยสดที่ล้างด้วย sanitizer แต่ละชนิด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) รองลงมาคือเนื้อลำไยที่ล้างด้วย PAA ความเข้มข้น 75ppm และ PAA ความเข้มข้น 50ppm ตามลำดับ เนื้อลำไยสดที่ล้างด้วยสารละลายโคโทซาน 0.5% มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่ำที่สุดเมื่อเริ่มต้นการทดลอง ดัง Fig. 4.6 ในระหว่างการเก็บรักษา ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในเนื้อลำไยจากชุดควบคุมและเนื้อลำไยที่ล้างด้วยสารละลายโคโทซาน มีค่าลดลงหลังจากเก็บรักษานาน 3 วัน ซึ่งเป็นปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่ำสุดที่วัดได้ระหว่างการเก็บรักษา หลังจากนั้นปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในเนื้อลำไยของแต่ละชุดการทดลองจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นและมีค่าใกล้เคียงกับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ที่วัดได้เมื่อเริ่มต้นการทดลอง ส่วนเนื้อลำไยที่ล้างด้วย PAA ทั้งสองความเข้มข้นจะมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่ำสุดหลังเก็บรักษานาน 6 วันและค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนมีปริมาณใกล้เคียงกับค่าที่วัดได้เมื่อเริ่มต้นการทดลองเช่นกัน

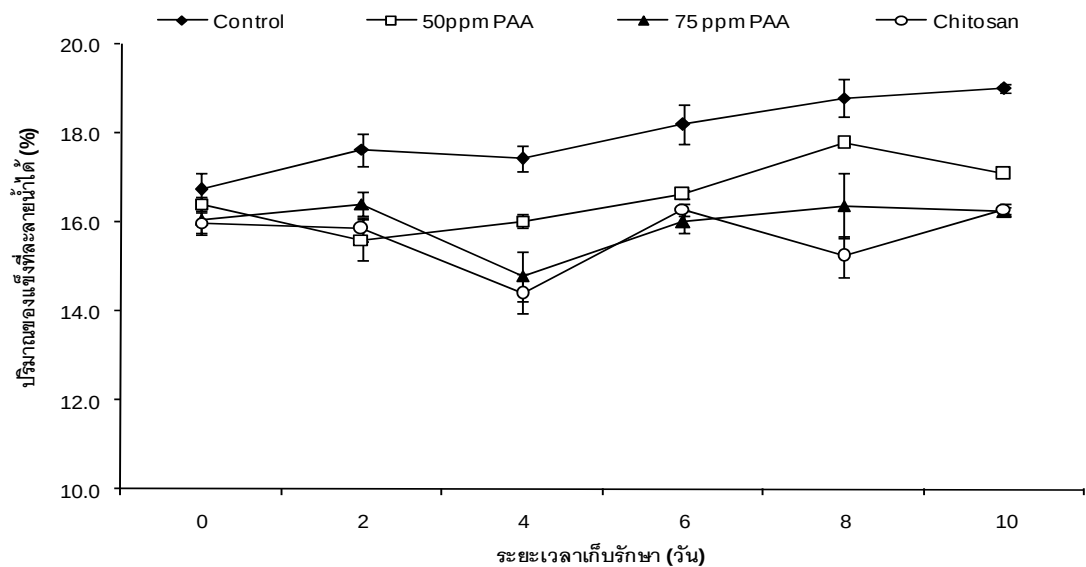


Figure 4.8: Effect of storage period ($5 \pm 1^\circ\text{C}$) on TSS of Kimjeng lychee pulp treated with different type of sanitizers (Mean $\pm$ SD).

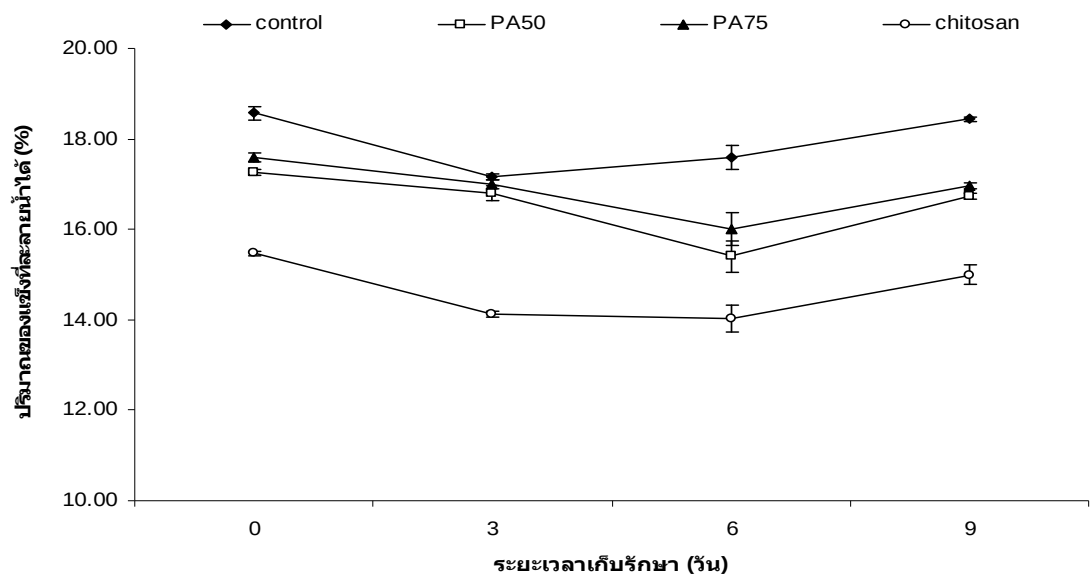


Figure 4.9: Effect of various sanitizers soaking ($5 \pm 1^\circ\text{C}$) on TSS of E-daw longan pulp during storage period of 10 days (Mean $\pm$ SD).

4. ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ ลิ้นจี่พันธุ์กิมเจง

ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้จากเนื้อลิ้นจี่สดจากทุกชุดการทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาได้ 2 วัน และลดลงในวันที่ 4 หลังจากนั้นไม่มีการเปลี่ยนแปลงจนสิ้นสุดระยะเวลาการเก็บรักษา ดัง Fig. 4.7

หลังเก็บรักษาได้ 6 วัน เนื้อลื่นจีที่จุ่มในสารโคโทซานมีปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้สูงที่สุดและมากกว่าค่าที่วัดได้จากชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ลำไยพันธุ์ดอ

ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้จากเนื้อลำไยที่ล้างด้วยสารละลายโคโทซาน 0.5% มีค่าสูงที่สุดเมื่อเริ่มต้นการทดลอง ดัง Fig. 4.8 และแตกต่างจากปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้จากเนื้อลำไยในชุดทดลองอื่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เนื่องจากการเตรียมสารละลายโคโทซานจะต้องละลายในกรดซิตริก 1% ส่งผลต่อปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ในเนื้อลำไย เนื้อลำไยจากชุดควบคุมมีปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ต่ำที่สุดเมื่อเริ่มการทดลอง และต่ำกว่าปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้จากเนื้อลำไยที่ล้างด้วยสาร PAA ความเข้มข้น 75ppm และความเข้มข้น 50ppm อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ระหว่างการเก็บรักษา ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้จากเนื้อลำไยชุดควบคุมเพิ่มขึ้นและมีค่าสูงสุดหลังเก็บรักษานาน 3 วัน และค่อยๆ ลดลง เมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการเก็บรักษา ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้จากเนื้อลำไยชุดควบคุมที่วัดได้มีค่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้จากเนื้อลำไยที่วัดได้เมื่อเริ่มการทดลองและเนื้อลำไยที่ล้างด้วย PAA ทั้งสองความเข้มข้น

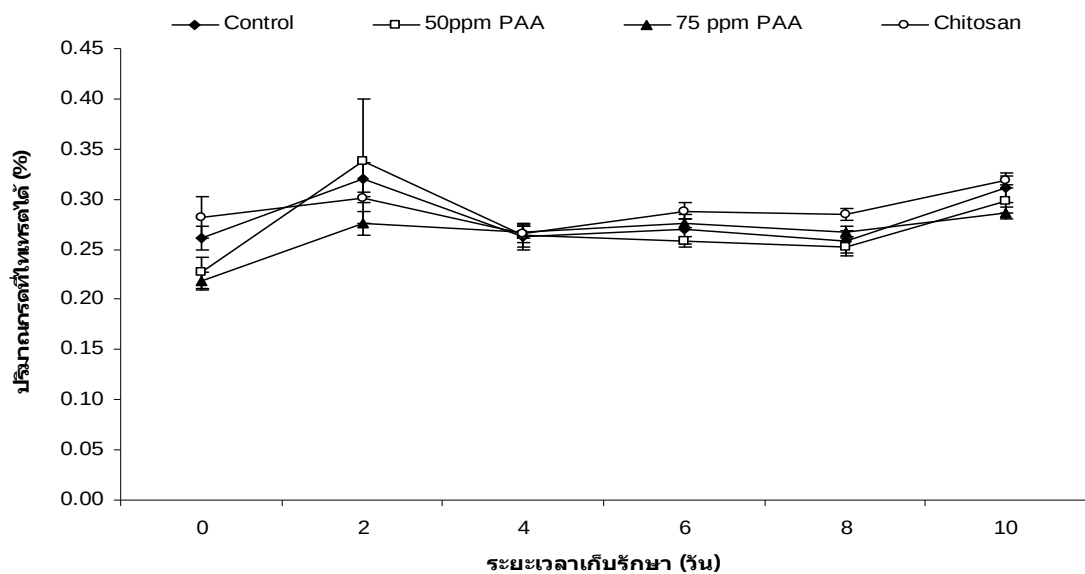


Figure 4.10: Effect of storage period ($5 \pm 1^{\circ}\text{C}$) on TA of Kimjeng lychee pulp treated with different type of sanitizers (Mean $\pm$ SD).

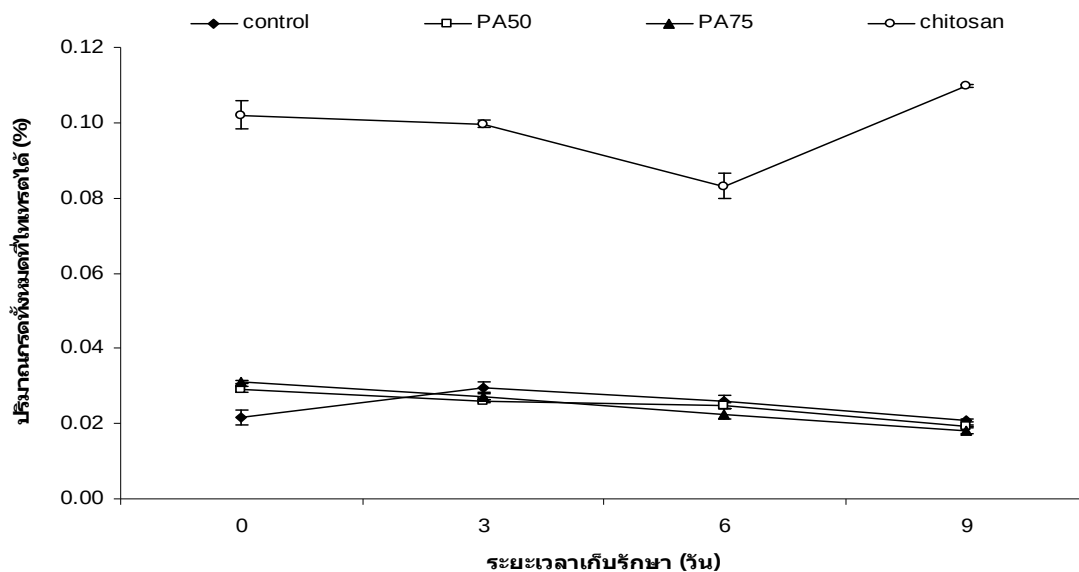


Figure 4.11: Effect of various sanitizers soaking ($5 \pm 1^{\circ}\text{C}$) on TA of E-daw longan pulp during storage period of 10 days (Mean $\pm$ SD).

5. ค่าพีเอช

ลิ้นจี่พันธุ์กิมเจง

ค่าพีเอชของเนื้อลิ้นจี่ที่จุ่มในสาร sanitizers ชนิดต่างๆ มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงแคบๆ ระหว่างการเก็บรักษา โดยมีค่าพีเอชอยู่ระหว่าง 4.2 - 4.6 ดัง Fig. 4.9 โดยพบว่าเนื้อลิ้นจี่ที่จุ่มในละลายไคโทซาน ความเข้มข้น 0.5% มีค่าพีเอชต่ำที่สุดและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับค่าพีเอชของเนื้อลิ้นจี่จากชุดการทดลองอื่นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยมีค่าพีเอชต่ำสุดเท่ากับ 4.33 เมื่อเริ่มต้นการทดลอง และมีค่าพีเอชสูงที่สุดเมื่อสิ้นสุดการทดลอง มีค่าเท่ากับ 4.47 ซึ่งสูงกว่าค่าที่วัดได้เมื่อเริ่มต้นการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และมีค่าพีเอชสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) จนสิ้นสุดระยะเวลาการเก็บรักษา

ลำไยพันธุ์ดอ

ค่าพีเอชของเนื้อลำไยที่ล้างด้วยสารละลายไคโทซาน 0.5% ต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับค่าพีเอชของเนื้อลำไยชุดควบคุมและชุดที่ล้างด้วย PAA ดัง Fig. 4.10 เนื่องจากในสารละลายไคโทซานมีการดูดซับกรดอยู่ประมาณ 1% ทำให้ค่าพีเอชของเนื้อลำไยที่วัดได้ต่ำที่สุดตั้งแต่เริ่มต้นการทดลองจนสิ้นสุดระยะเวลาการเก็บรักษา เนื้อลำไยชุดควบคุมที่ค่าพีเอชอยู่ในช่วง 7.0 - 7.3 เนื้อลำไยที่ล้างด้วย PAA ทั้งสองความเข้มข้นทำให้ค่าพีเอชของเนื้อลำไยลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับค่าพีเอชของเนื้อลำไยชุดควบคุมเมื่อเริ่มต้นการทดลอง

ระหว่างการเก็บรักษา เมื่อเปรียบเทียบค่าพีเอชที่วัดได้จากเนื้อลำไยในแต่ละชุดการทดลองพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงแคบๆ และมีแนวโน้มคงที่จนถึงวันที่ 6 ของการเก็บรักษา ค่าพีเอชของเนื้อลำไยชุดควบคุม และชุดที่ล้างด้วย PAA จะเพิ่มขึ้นหลังเก็บรักษานาน 9 วัน และค่าที่วัดได้จากเนื้อลำไยทั้งสามชุดทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

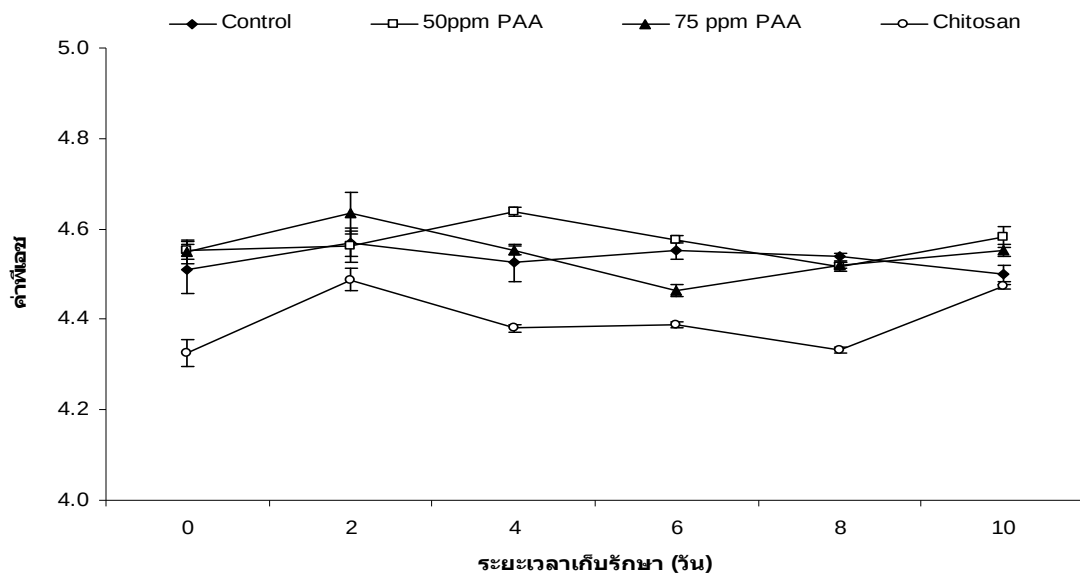


Figure 4.12: Effect of storage period ($5 \pm 1^{\circ}\text{C}$) on pH of Kimjeng lychee pulp treated with different type of sanitizers (Mean $\pm$ SD).

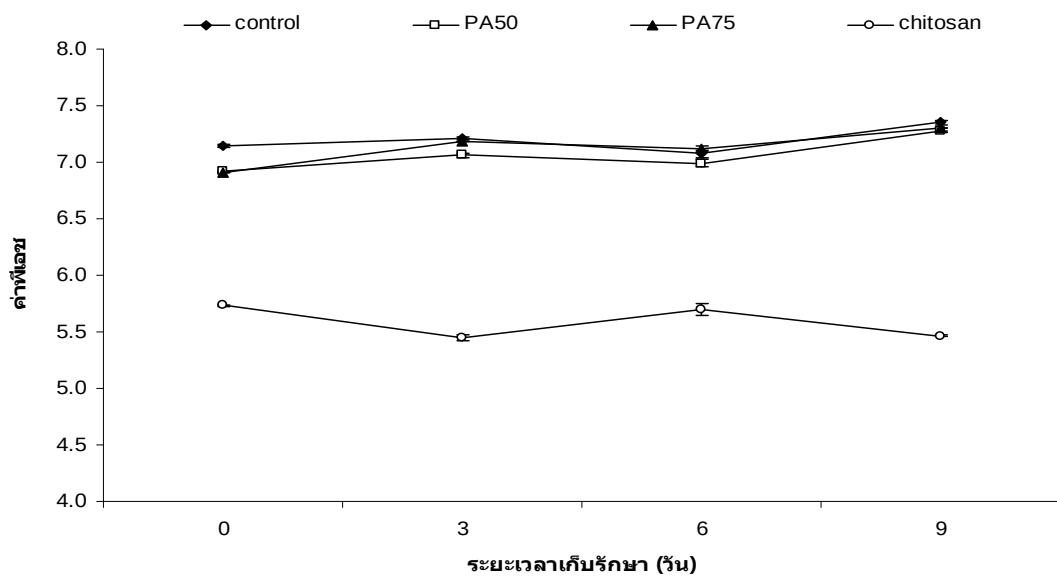


Figure 4.13: Effect of various sanitizers soaking ($5 \pm 1^{\circ}\text{C}$) on pH of E-daw longan pulp during storage period of 10 days (Mean $\pm$ SD).

6. ปริมาณวิตามินซีทั้งหมด

ลิ้นจี่พันธุ์กิมเจง

สาร sanitizers ทุกชนิดที่ใช้ล้างเนื้อลิ้นจี่ไม่มีผลต่อปริมาณวิตามินซีในเนื้อลิ้นจี่ ดัง Fig. 4.11 โดยปริมาณวิตามินซีที่วัดได้จากเนื้อลิ้นจี่ชุดควบคุมไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับปริมาณวิตามินซีของเนื้อลิ้นจี่ในทุกชุดการทดลอง ($p > 0.05$) ปริมาณวิตามินซีที่วัดได้ในเนื้อลิ้นจี่ชุดทุกชุดการทดลองมีค่าสูงที่สุดเมื่อเริ่มต้นการทดลอง และลดลงอย่างรวดเร็วหลังจากเก็บรักษาได้เพียง 2 วันและไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) จนสิ้นสุดอายุการเก็บรักษา ปริมาณวิตามินซีที่วัดได้ในเนื้อลิ้นจี่ชุดจากทุกชุดการทดลองมีค่าใกล้เคียงกันตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาและไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และปริมาณวิตามินซีที่วัดได้มีค่าต่ำสุดเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาซึ่งต่ำกว่าปริมาณวิตามินซีที่วัดได้จากเนื้อลิ้นจี่เมื่อเริ่มต้นการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ลำไยพันธุ์ดอ

เนื้อลำไยสดจากทุกชุดการทดลองมีปริมาณสูงที่สุดเมื่อเริ่มต้นการทดลอง โดยพบว่า เนื้อลำไยชุดควบคุมมีปริมาณวิตามินซีสูงที่สุด รองลงมาคือ เนื้อลำไยที่ล้างด้วย PAA ทั้งสองความเข้มข้นและเนื้อลำไยที่ล้างด้วยสารละลายไคโทซาน ตามลำดับ และปริมาณวิตามินซีทั้งหมดที่วัดได้ในเนื้อลำไยนั้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ปริมาณวิตามินซีในเนื้อลำไยลดลงอย่างรวดเร็วหลังเก็บรักษานาน 3 วัน และลดลงต่ำสุดในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา หลังจากนั้นจะมีปริมาณคงที่จนสิ้นสุดระยะเวลาการเก็บรักษา ดัง Fig. 4.12 ซึ่งมีค่าต่ำกว่าปริมาณวิตามินซีเมื่อเริ่มต้นการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการเก็บรักษา ปริมาณวิตามินซีในเนื้อลำไยชุดควบคุม และเนื้อลำไยที่ล้างด้วย PAA ความเข้มข้น 50 ppm และ 75 ppm มีปริมาณไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่ค่าที่วัดได้จากเนื้อลำไยทั้ง 3 ชุดการทดลองมีค่าสูงกว่าปริมาณวิตามินซีของเนื้อลำไยที่ล้างด้วยสารละลายไคโทซานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

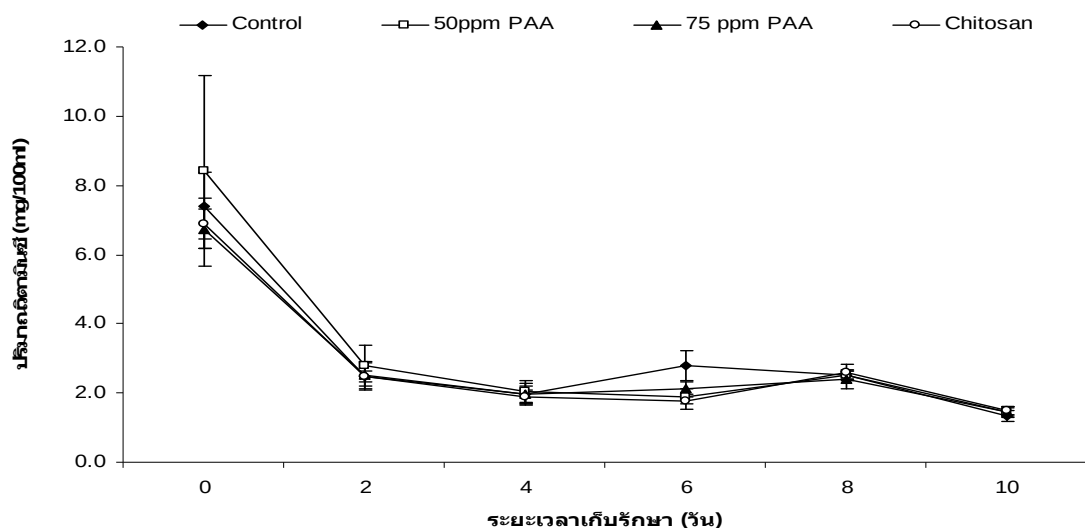


Figure 4.14: Effect of storage period ($5 \pm 1^\circ\text{C}$) on vitamin C of Kimjeng lychee pulp treated with different type of sanitizers (Mean $\pm$ SD).

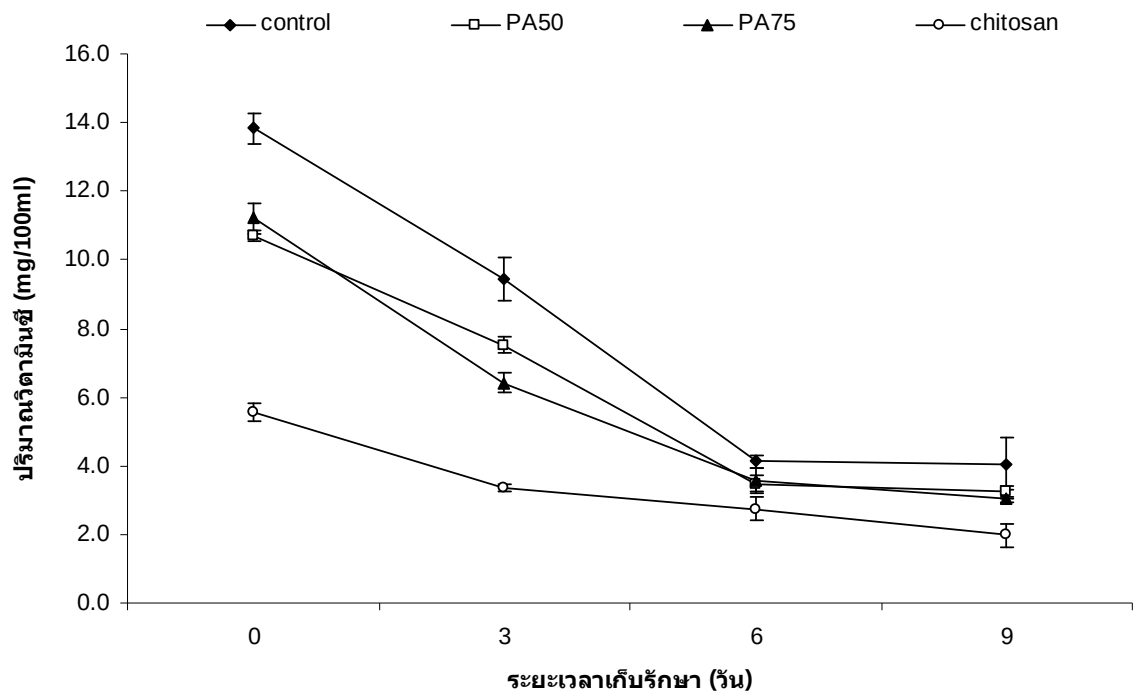


Figure 4.15: Effect of various sanitizers soaking ($5 \pm 1^{\circ}\text{C}$) on vitamin C of E-daw longan pulp during storage period of 10 days (Mean $\pm$ SD).

2. การศึกษาระยะการสุกที่เหมาะสมต่อการผลิตเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพร้อมบริโภค

2.1 การเปลี่ยนสีของเนื้อมะม่วง

เนื้อมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่า L^* ระหว่างการเก็บรักษาเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้น เมื่อเปรียบเทียบค่า L^* ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นในแต่ละระยะการสุก พบว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 10 วัน เนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นในระยะการสุกที่ 1 ระยะการสุกที่ 2 และระยะการสุกที่ 3 มีค่า L^* ค่อยๆ ลดลง ดัง Fig. 4.13 จาก 72.71, 63.31 และ 63.76 เมื่อเริ่มต้นการเก็บรักษาเป็น 50.15, 42.96 และ 47.01 ตามลำดับ และเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นในแต่ละระยะการสุกมีสีคล้ำลงเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 10 วัน

ผลการศึกษา ค่า C^* ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นในแต่ละระยะการสุก ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 10 วัน ดัง Fig. 4.14 พบว่าค่า C^* ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นเมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างระยะการสุก มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยเมื่อเปรียบเทียบค่า C^* ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นในระยะการสุกที่ 1, 2 และ 3 พบว่ามีค่า C^* ลดลง เมื่อเก็บรักษานานขึ้น แสดงว่า เนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นมีความเข้มของสีเหลืองลดลง

ผลการศึกษา ค่า h° ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นในแต่ละระยะการสุก ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 10 วัน ดัง Fig. 1.4 พบว่า ค่า h° ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นในระยะการสุกที่ 1 และ 2 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่ค่า h° ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นในระยะการสุกที่ 3 ระหว่างการเก็บ

รักษาไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบค่า h^0 ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้น ในระยะการสุกที่ 1, 2 และ 3 ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 10 วัน พบว่ามีค่า h^0 อยู่ในช่วงของสีเหลือง

เนื้อมะม่วงสุกพันธุ์มหาชนก

ผลการศึกษการเปลี่ยนแปลงค่า L^* ระหว่างการเก็บรักษาเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนกในแต่ละระยะการสุก พบว่าค่า L^* ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นในแต่ละระยะการสุกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยระหว่างการเก็บรักษาเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนกเป็นเวลา 10 วัน พบว่าเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นในทุกระยะการสุก มีค่า L^* ลดลง ดัง Fig. 4.15 จาก 65.14, 66.57 และ 69.27 เมื่อเริ่มต้นการเก็บรักษาเป็น 48.86, 54.39 และ 51.34 ตามลำดับ จากค่า L^* ดังกล่าว แสดงว่าเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นในแต่ละระยะการสุกมีสีคล้ำลงเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น

ค่า C^* ระหว่างการเก็บรักษาเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นในแต่ละระยะการสุก เป็นเวลา 10 วัน พบว่าค่า C^* ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นในแต่ละระยะการสุก มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบค่า C^* ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นในระยะการสุก พบว่ามีค่า C^* ลดลงตลอดระหว่าง การเก็บ แสดงว่า เนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นมีความเข้มของสีเหลืองลดลง ดัง Fig. 4.15

ค่า h^0 ระหว่างการเก็บรักษาเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นในแต่ละระยะการสุก เป็นเวลา 10 วัน พบว่าค่า h^0 ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นในแต่ละระยะการสุกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ค่า h^0 ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นในระยะการสุกที่ 1, 2 และ 3 ระหว่างการเก็บรักษามีค่า h^0 อยู่ในช่วงของสี เหลือง ดัง Fig. 4.15

2.2 การเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสของเนื้อมะม่วง ลำไย และลิ้นจี่

เนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์

เมื่อเก็บรักษาเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์โชคอนันต์ที่อุณหภูมิ 5 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน พบว่าเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นของระยะการสุกที่ 1 มีค่าความแน่นเนื้อสูงที่สุด และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับความแน่นเนื้อของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นที่ได้จากระยะการสุกที่ 2 และ 3 ตั้งแต่เริ่มทดลองจนถึงวันที่ 4 ของการเก็บรักษา แต่ความแน่นเนื้อของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นจากระยะการสุกทุกระยะมีค่าใกล้เคียงกันภายหลังจากเก็บรักษาได้ 6 วันจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง ดัง Fig. 4.16 ส่วนเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นที่ได้จากระยะการสุกที่ 3 ซึ่งมีค่าความแน่นเนื้อต่ำที่สุด ก่อนช่วงที่ตลอดระยะเวลาเก็บรักษา

เนื้อมะม่วงสุกพันธุ์มหาชนก

เมื่อเก็บรักษาเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนกที่อุณหภูมิ 5 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน พบว่าค่าความแน่นเนื้อของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นจะค่อยๆ ลดลง โดยเฉพาะเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นที่มีระยะการสุกที่ 1 และ 2 ดัง Fig. 4.16 เมื่อนำค่าความแน่นเนื้อมาเปรียบเทียบกัน ในช่วง 6 วันแรกระหว่างการเก็บรักษา พบว่าความแน่นเนื้อของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นจากระยะการสุกที่ 1 และ 2 มีค่าความแน่นเนื้อสูงกว่าเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นที่มีระยะการสุกที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่ค่าความแน่นเนื้อของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นที่มีระยะการสุกที่ 2 จะค่อยๆ ลดลงจนมีค่าไม่แตกต่างจากค่าความแน่นเนื้อของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นที่มีระยะการสุกที่ 3 เมื่อสิ้นสุดระยะการเก็บรักษา ในวันที่ 10 เนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นที่มีระยะการสุกที่ 1 มีค่าความแน่นเนื้อสูงที่สุด

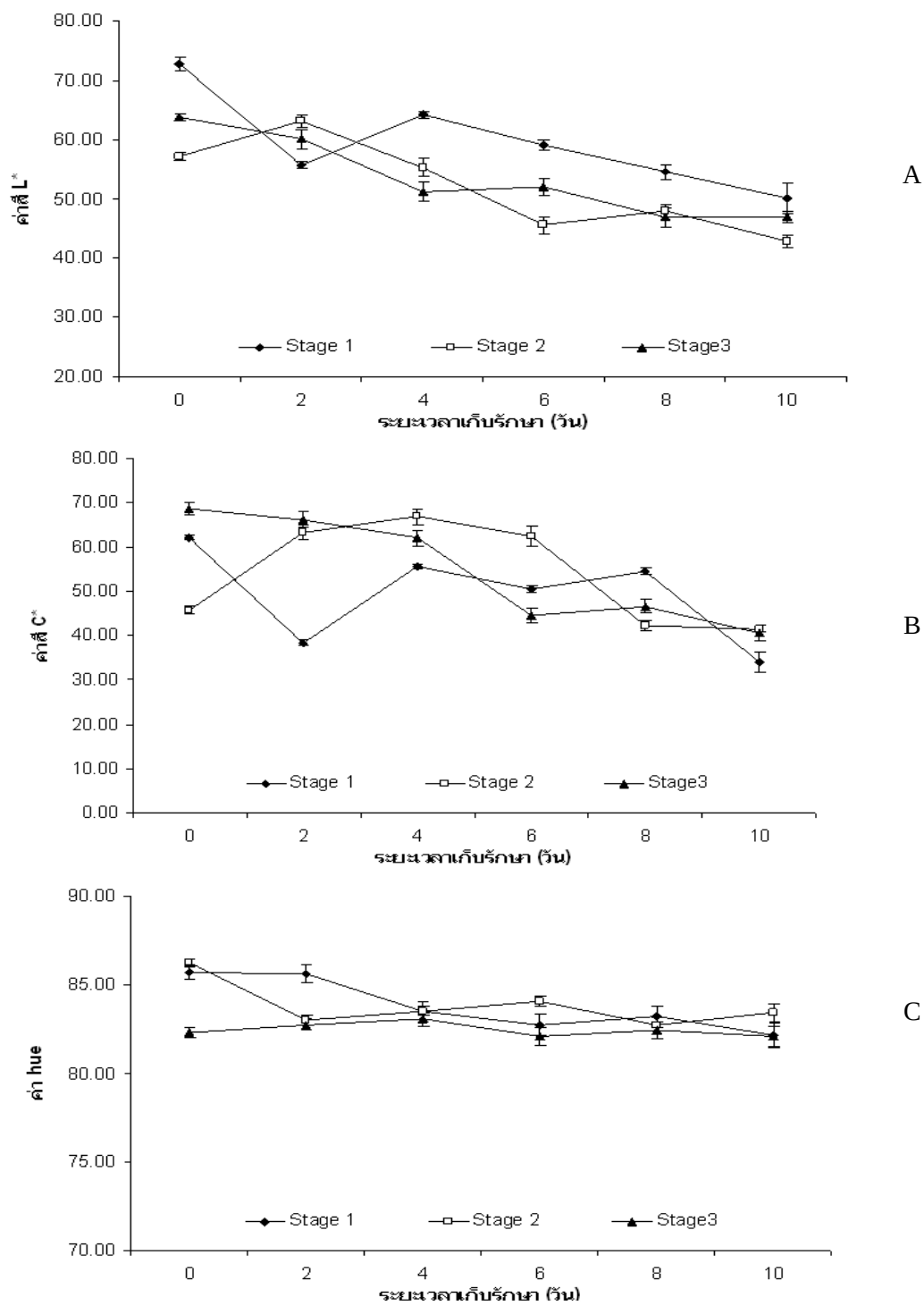


Figure 4.16: Effect of storage period ($5 \pm 1^{\circ}\text{C}$) on L^* (a), C^* (b) and h° (c) of mango pulp (Chok Anan) at 3 ripening stages (Mean $\pm$ SD).

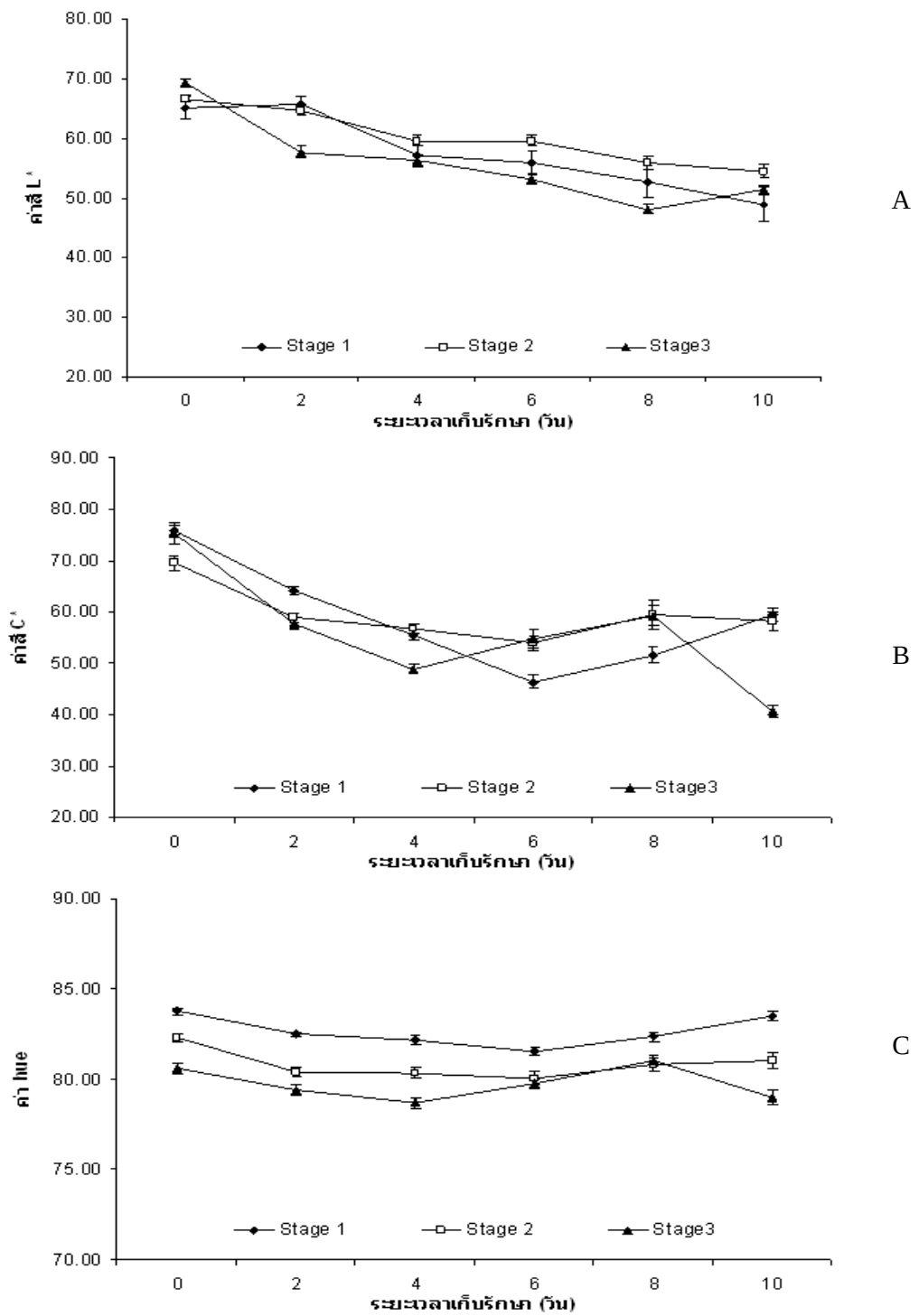


Figure 4.17: Effect of storage period ($5 \pm 1^{\circ}\text{C}$) on L^* (a), C^* (b) and h° (c) of mango pulp (Maha Chanok) at 3 ripening stages (Mean $\pm$ SD).

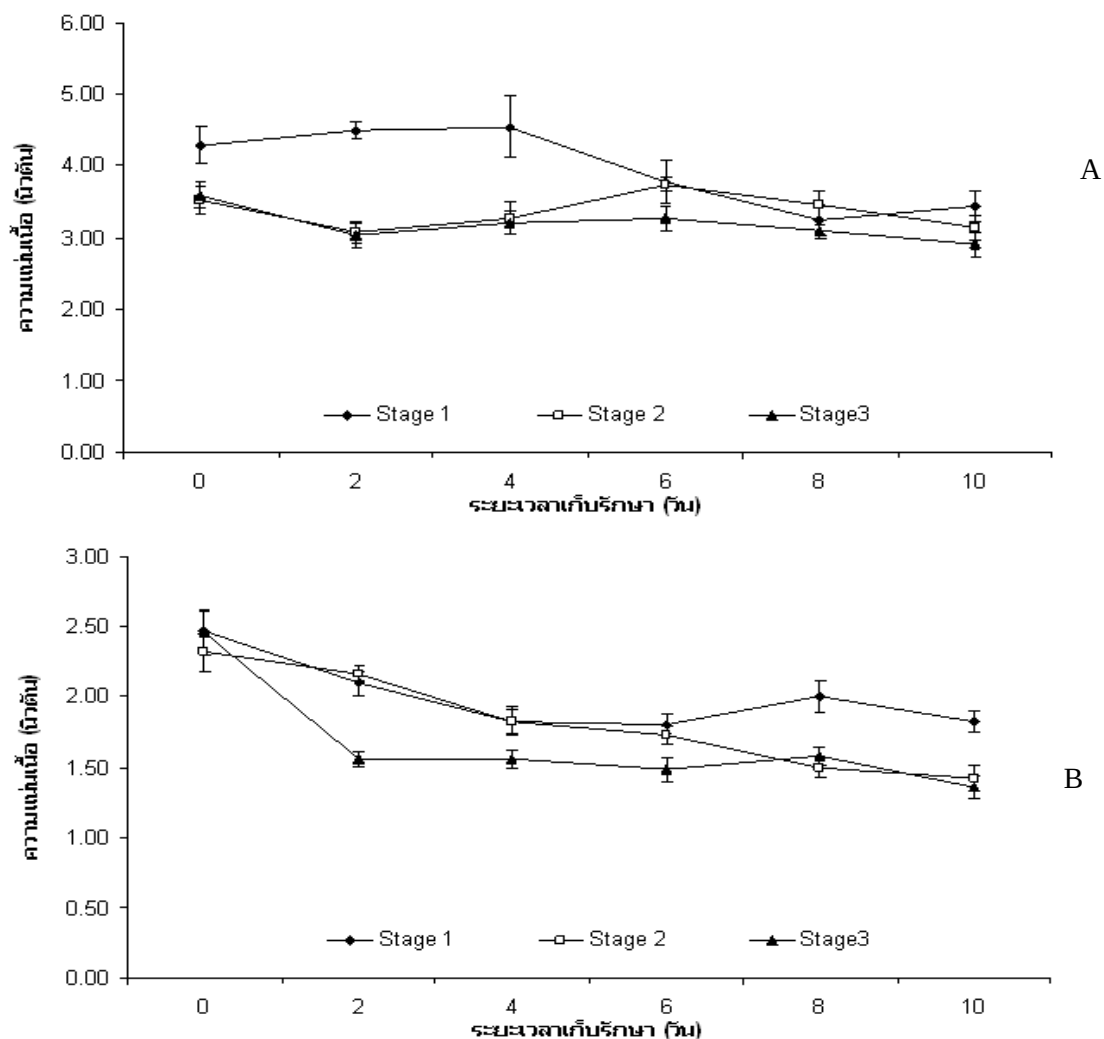


Figure 4.18: Effect of storage period ($5 \pm 1^{\circ}\text{C}$) on firmness of Chok Anan (a) and Maha Chanok (b) mangoes at 3 ripening stages (Mean $\pm$ SD).

2.3 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก เนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์

เนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นจากทุกระยะการสุกมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน ดัง Fig. 4.17a เมื่อเปรียบเทียบระหว่างระยะการสุกพบว่าตั้งแต่เริ่มการทดลองจนถึงวันที่ 8 เนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นที่มีระยะการสุกที่ 1 มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสีย น้ำหนักมากที่สุดและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับเปอร์เซ็นต์การสูญเสีย น้ำหนักของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นจากอีกสองระยะการสุก เปอร์เซ็นต์การสูญเสีย น้ำหนักของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นมีค่ามากที่สุดเมื่อสิ้นสุดการทดลอง โดยระยะการสุกที่ 2 มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสีย น้ำหนักสูงที่สุด รองลงมาคือระยะการสุกที่ 1 และ 3 ตามลำดับ

เนื้อมะม่วงสุกพันธุ์มหาชนก

เนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นจากทุกระยะการสุกมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน ดัง Fig. 4.17b เมื่อเปรียบเทียบระหว่างระยะการสุก พบว่า เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นจากระยะการสุกที่ 1 และ 3 มีค่าใกล้เคียงกันตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาและมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสูงกว่าเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นจากระยะการสุกที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของชิ้นมะม่วงมีค่ามากที่สุดเมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นจากระยะการสุกที่ 3 มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด รองลงมาคือระยะการสุกที่ 1 และ 2 ตามลำดับ แต่เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของวันที่ 10 นั้นไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

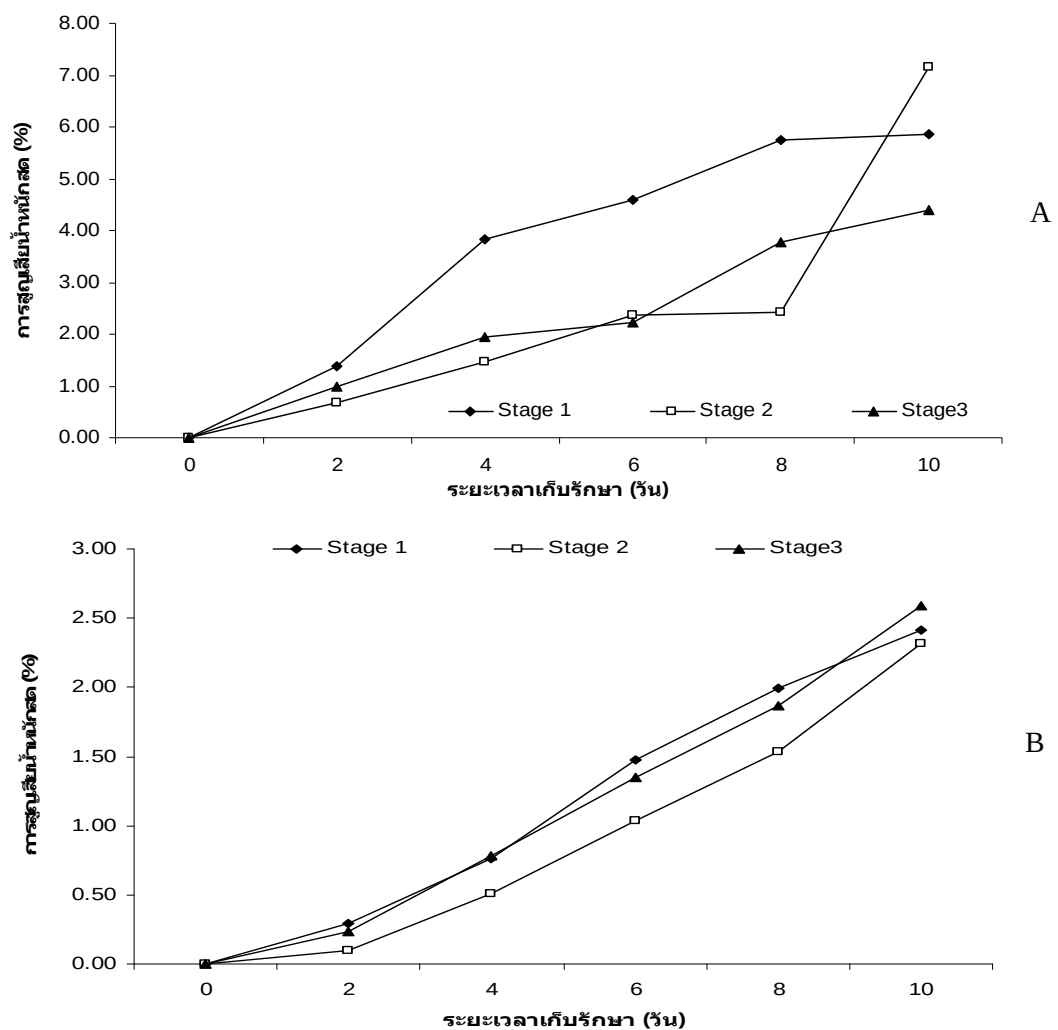


Figure 4.19: Effect of storage period ($5 \pm 1^{\circ}\text{C}$) on weight loss of Chok Anan (a) and Maha Chanok (b) mangoes at 3 ripening stages (Mean $\pm$ SD).

2.4 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ เนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์โชคอนันต์ในแต่ละระยะการสุก ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นของแต่ระยะการสุกไม่เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ตลอดช่วงระยะเก็บรักษา ดัง Fig. 4.18a แต่เมื่อเปรียบเทียบระหว่างระยะการสุกที่ 1, 2 และ 3 พบว่า ในช่วง 6 วันแรกของการเก็บรักษา ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้จากเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นที่มีระยะการสุกระยะที่ 1 และ 3 มีปริมาณมากกว่าเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นจากระยะการสุกที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่เมื่อสิ้นสุดระยะการเก็บรักษา ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นจากแต่ละระยะการสุกไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

เนื้อมะม่วงสุกพันธุ์มหาชนก

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนกในแต่ละระยะการสุก ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นของแต่ระยะการสุกไม่เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ตลอดช่วงระยะเก็บรักษา ดัง Fig. 4.18b เมื่อเปรียบเทียบระหว่างระยะการสุกที่ 1, 2 และ 3 พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นจากระยะสุกที่ 3 มีค่าสูงสุดเมื่อเก็บรักษาไว้ 4 วันและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของระยะการสุกที่ 1 และ 2 หลังจากนั้นปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นจากทุกระยะการสุกมีค่าใกล้เคียงกัน และไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) จนสิ้นสุดการทดลอง

2.5 ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้

เนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์

เมื่อวัดปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ในรูปของกรดซิตริกระหว่างการเก็บรักษาเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์โชคอนันต์ ที่อุณหภูมิ 5 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน พบว่าปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นในแต่ละระยะการสุกมีแนวโน้มคงที่ตั้งแต่เริ่มการทดลองจนสิ้นสุดการเก็บรักษา ดัง Fig. 4.19a ยกเว้นปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของเนื้อมะม่วงสุกในระยะการสุกที่ 1 ที่มีแนวโน้มลดลง โดยลดลงประมาณ 0.1% ระหว่างการเก็บรักษา แต่เนื้อมะม่วงสุกในระยะการสุกที่ 1 มีปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้สูงที่สุดตลอดการเก็บรักษา และมีปริมาณสูงกว่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของเนื้อมะม่วงสุกในระยะการสุกที่ 2 และ 3 ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

เนื้อมะม่วงสุกพันธุ์มหาชนก

เมื่อวัดปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ในรูปของกรดซิตริกระหว่างการเก็บรักษาเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนก ที่อุณหภูมิ 5 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน พบว่าปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นในระยะการสุกที่ 1 ค่อยๆ ลดลง แต่ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นจากระยะการสุกที่ 2 และ 3 ค่อนข้างคงที่ตั้งแต่เริ่มการทดลองจนสิ้นสุดระยะการเก็บรักษา ดัง Fig. 4.19b โดยปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของเนื้อมะม่วงสุกในระยะการสุกที่ 1 มีค่าสูงที่สุดตลอดระยะการเก็บรักษา และมีปริมาณสูงกว่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของเนื้อมะม่วงสุกในระยะการสุกที่ 2 และ 3 ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

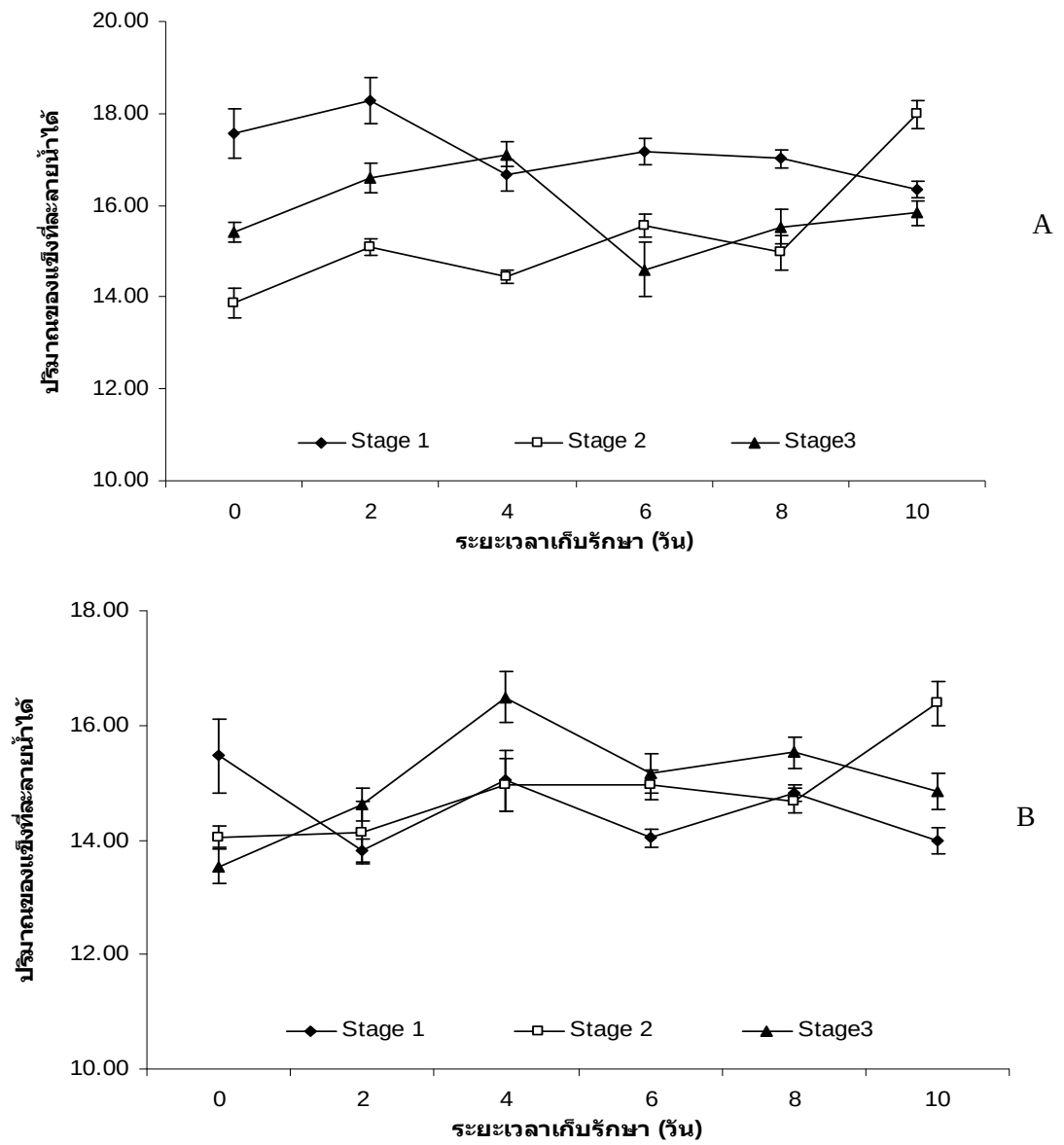


Figure 4.20: Effect of storage period ($5 \pm 1^{\circ}\text{C}$) on TSS of Chok Anan (a) and Maha Chanok (b) mangoes at 3 ripening stages (Mean $\pm$ SD).

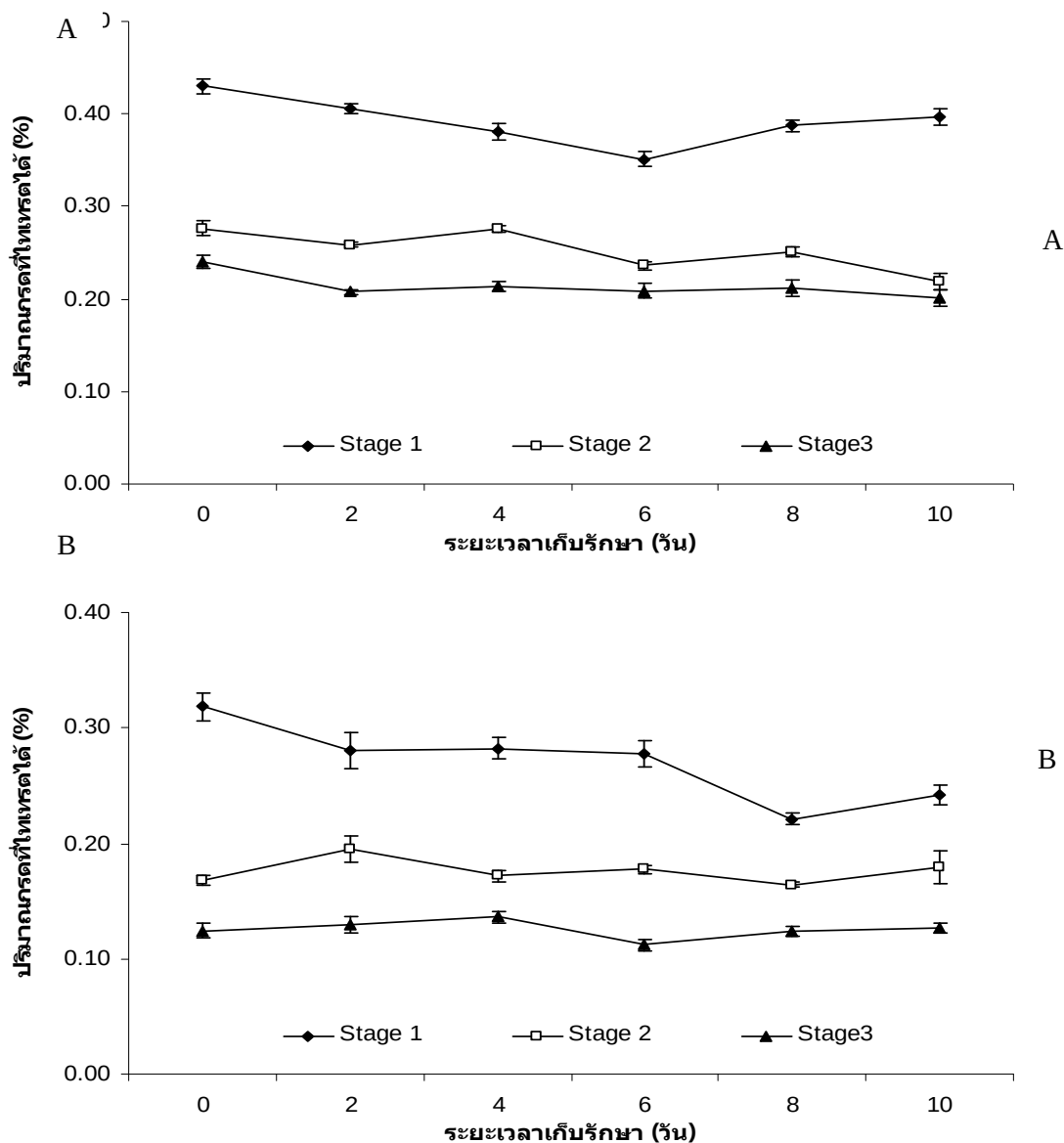


Figure 4.21: Effect of storage period ($5 \pm 1^\circ\text{C}$) on TA of Chok Anan (a) and Maha Chanok (b) mangoes at 3 ripening stages (Mean $\pm$ SD).

2.6 ค่าพีเอช

เนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์

เมื่อวัดค่าพีเอชของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน พบว่า ค่าพีเอชของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์ในแต่ละระยะการสุกมีค่าค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาเก็บรักษา ดัง Fig. 4.20a เมื่อเปรียบเทียบระหว่างระยะการสุกพบว่าค่าพีเอชของเนื้อมะม่วงจากระยะการสุกที่ 1 มีค่าพีเอชต่ำที่สุด และค่าที่วัดได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับค่าพีเอชของเนื้อมะม่วงสุกจากระยะการสุกที่ 2 และ 3 โดยค่าพีเอชของเนื้อมะม่วง

สุกจากระยะการสุกที่ 3 มีค่าสูงที่สุดตลอดระยะเวลาเก็บรักษา และสูงกว่าระยะการสุกที่ 2 และ 1 ตามลำดับ

เนื้อมะม่วงสุกพันธุ์มหาชนก

เมื่อวัดค่าพีเอชของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์มหาชนกระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน พบว่าค่าพีเอชของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์มหาชนกในแต่ละระยะการสุกมีค่าค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาเก็บรักษา ดัง Fig 4.20b แต่เมื่อเปรียบเทียบค่าพีเอชระหว่างระยะการสุก พบว่าเนื้อมะม่วงจากระยะการสุกที่ 3 มีค่าพีเอชสูงกว่าระยะการสุกที่ 2 และ 1 ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ตั้งแต่เริ่มการทดลองจนถึงวันที่ 6 ของการเก็บรักษา หลังจากนั้นจนถึงการทดลอง ค่าพีเอชที่วัดได้ของเนื้อมะม่วงจากระยะการสุกที่ 1 มีค่าต่ำที่สุด

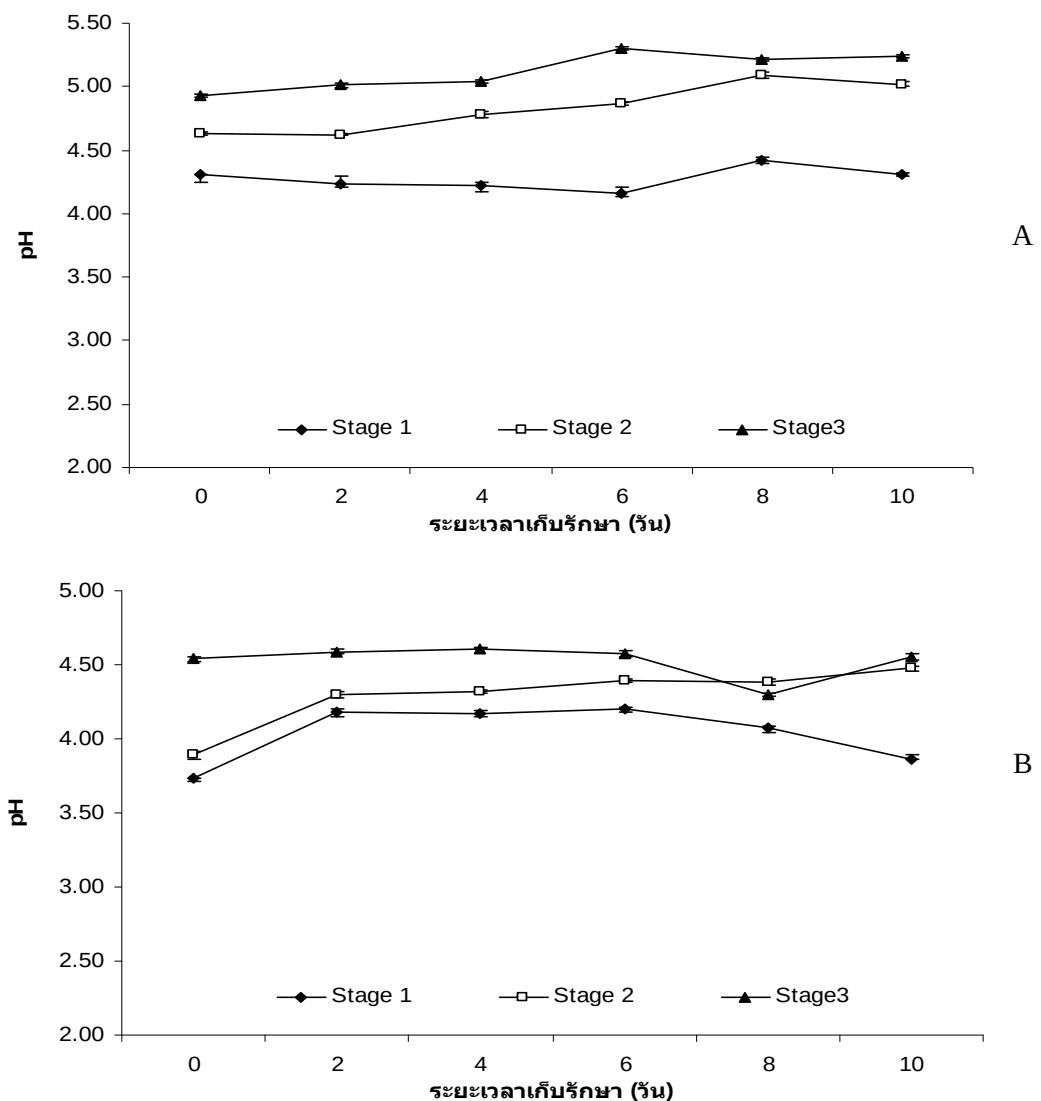


Figure 4.22: Effect of storage period ($5 \pm 1^\circ\text{C}$) on pH of Chok Anan (a) and Maha Chanok (b) mangoes at 3 ripening stages (Mean $\pm$ SD).

3. การศึกษาระดับความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ ที่เหมาะสมในการช่วยปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของมะม่วง ลิ้นจี่ และลำไย

มะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนก

ความแน่นเนื้อของเนื้อมะม่วงที่จุ่มในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ทั้ง 3 ความเข้มข้น ภายหลังจากเก็บรักษาไว้ 1 วัน พบว่ามีค่าความแน่นเนื้อไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) เมื่อพิจารณาจาก Fig. 4.21 พบว่าค่าความแน่นเนื้อของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์เพิ่มขึ้น โดยความแน่นเนื้อของชิ้นมะม่วงสุกที่จุ่มในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2% มีค่าความแน่นเนื้อสูงสุดที่ 5.87 นิวตัน รองลงมาคือเนื้อมะม่วงสุกที่จุ่มในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 1.5%, 1% และชุดควบคุม ตามลำดับ

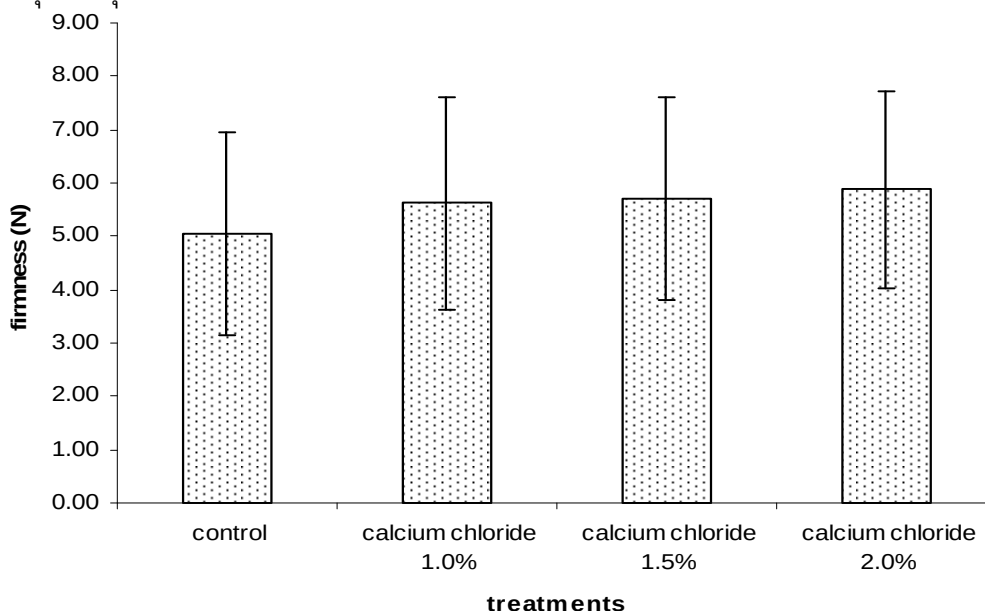


Figure 4.23: Effect of calcium chloride on firmness of Chok Anan mango pulp (Mean $\pm$ SD).

ลิ้นจี่พันธุ์กิมเจง

การจุ่มเนื้อลิ้นจี่สดในสารละลายแคลเซียมแอสคอร์เบต ความเข้มข้น 1% ทำให้ความแน่นเนื้อของเนื้อลิ้นจี่สดเพิ่มขึ้นหลังจากเก็บรักษาไว้ 1 วัน ดัง Fig. 4.22 และมีความแน่นเนื้อสูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่ความแน่นเนื้อจะลดลงเมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้น และไม่แตกต่างจากชุดควบคุมเมื่อเก็บรักษานาน 3 วัน เนื้อลิ้นจี่ที่จุ่มในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ แคลเซียมคลอไรด์ที่ผสมกรดซิตริก หรือสารละลายแคลเซียมแลกเตต ไม่มีผลต่อความแน่นเนื้อของเนื้อลิ้นจี่สดพันธุ์กิมเจง (ภาพที่) เมื่อเปรียบเทียบความแน่นเนื้อของเนื้อลิ้นจี่สดเมื่อเก็บรักษาไว้นาน 1 หรือ 3 วัน กับความแน่นเนื้อของเนื้อลิ้นจี่สดในชุดควบคุม พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ลิ้นจี่พันธุ์จักรพรรดิ

ความแน่นเนื้อของเนื้อลิ้นจี่สดพันธุ์จักรพรรดิ เพิ่มขึ้นเมื่อจุ่มในสารละลายแคลเซียมแอสคอร์เบต ความเข้มข้น 1% ดัง Fig. 4.23 และสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2% ผสมกับกรดซิตริก

ความเข้มข้น 1% ความแน่นเนื้อของเนื้อลิ้นจี่สดที่จุ่มในสารละลายทั้งสองมีค่าสูงกว่าค่าความแน่นเนื้อของเนื้อลิ้นจี่สดจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) สารละลายอื่นๆ ที่ใช้ในการทดลองไม่มีผลต่อความแน่นเนื้อของเนื้อลิ้นจี่สด โดยพบว่าค่าความแน่นเนื้อที่วัดได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับค่าความแน่นเนื้อที่วัดได้จากเนื้อลิ้นจี่ในชุดควบคุม ที่เก็บรักษาไว้นาน 1 หรือ 3 วัน

ลิ้นจี่พันธุ์ฮวงฮวย

การจุ่มเนื้อลิ้นจี่สดในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์และสารละลายแคลเซียมแอสคอร์เบตทุกความเข้มข้นทำให้ความแน่นเนื้อของเนื้อลิ้นจี่สดพันธุ์ฮวงฮวยเพิ่มขึ้น ดัง Fig. 4.24 และแตกต่างจากค่าความแน่นเนื้อของชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างชนิดของ firming agent พบว่าความแน่นเนื้อของเนื้อลิ้นจี่สดที่จุ่มด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์และแคลเซียมแอสคอร์เบตทุกความเข้มข้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อเก็บรักษาไว้นาน 1 หรือ 3 วัน สารละลายโซเดียมแล็กเตตความเข้มข้น 2% ทำให้ความแน่นเนื้อของเนื้อลิ้นจี่สดเพิ่มขึ้นหลังจากเก็บรักษานาน 3 วัน และค่าที่ได้แตกต่างจากค่าความแน่นเนื้อของชุดควบคุมในวันเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

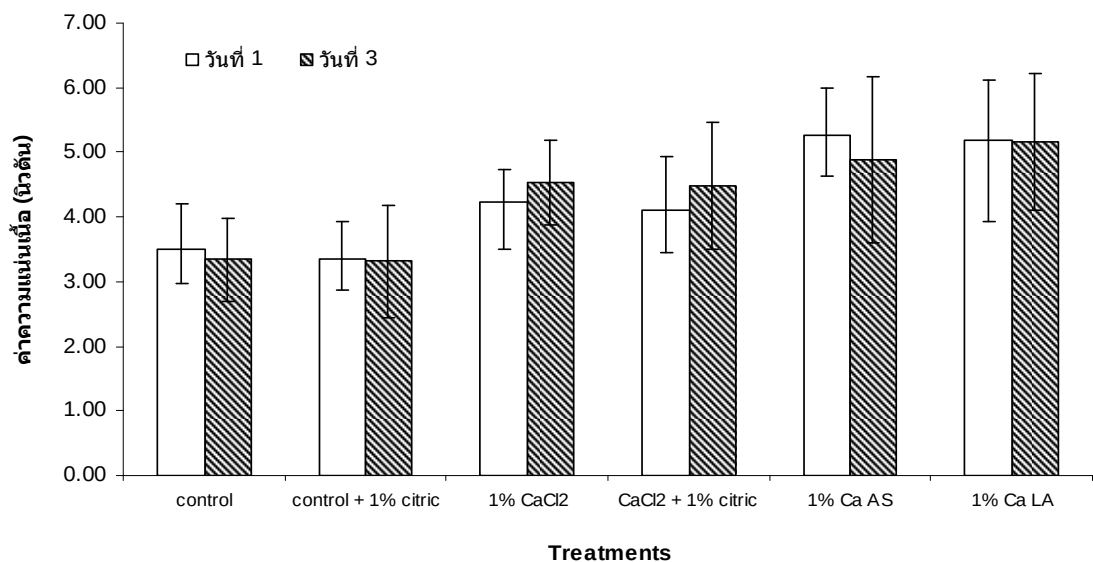


Figure 4.24: Effect of firming agents ($5 \pm 1^\circ\text{C}$) on firmness (Mean $\pm$ SD) of Kimjeng lychee pulp after 1 and 3 days storage period.

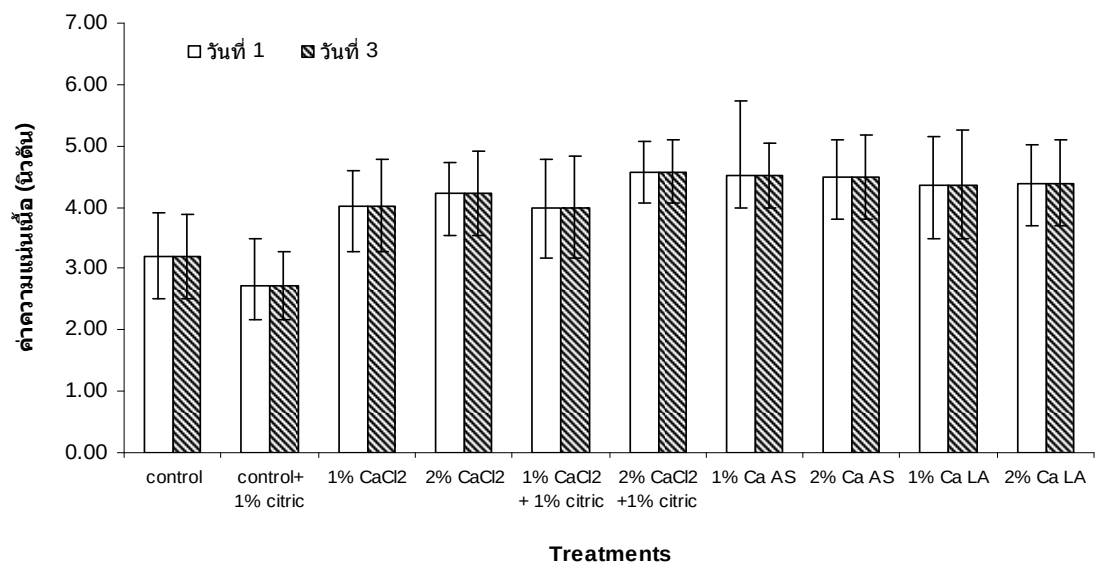


Figure 4.25: Effect of firming agents ($5 \pm 1^{\circ}\text{C}$) on firmness (Mean $\pm$ SD) of Emperor lychee pulp after 1 and 3 days storage period.

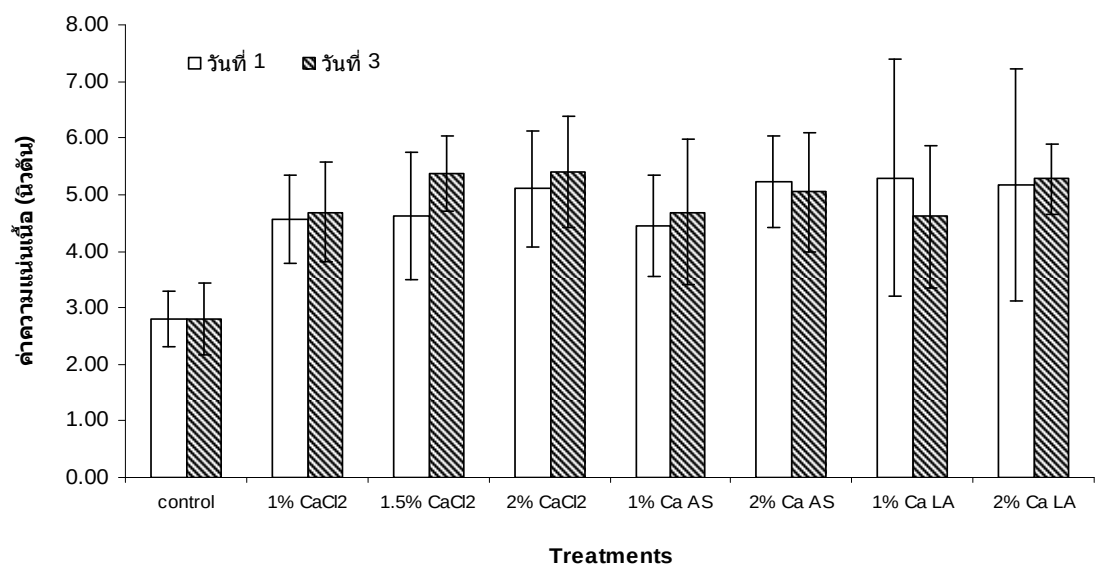


Figure 4.26: Effect of firming agents ($5 \pm 1^{\circ}\text{C}$) on firmness (Mean $\pm$ SD) of Honghuay lychee pulp after 1 and 3 days storage period.

การเปลี่ยนแปลงของเนื้อลึนจีสดที่จุ่มสาร firming agent ชนิดต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา

1. การเปลี่ยนแปลงสี (ค่า L)

ค่า L ของเนื้อลึนจีไม่มีการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่เริ่มการเก็บรักษา จนถึงวันที่ 6 ค่า L เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและมีค่าสูงสุดเมื่อเก็บรักษาไว้นาน 8 วัน ดัง Fig. 4.25 เนื่องจากเนื้อลึนจีในทุกชุดการทดลองเปลี่ยนเป็นสีขาวขุ่น ส่งผลให้ค่า L เพิ่มขึ้น และคงที่จนถึงสิ้นสุดระยะการเก็บรักษา และค่า L เมื่อสิ้นสุดระยะการเก็บรักษาสูงกว่าเมื่อเริ่มต้น แสดงว่าเนื้อลึนจีสดมีความสว่างขึ้นแต่มีลักษณะขุ่นขาว แตกต่างจากตอนเริ่มต้นที่เนื้อลึนจีมีลักษณะใส การจุ่มสาร firming agent ชนิดต่าง ๆ ไม่ทำให้ค่า L แตกต่างจากค่าที่วัดได้ของเนื้อลึนจีสดในชุดควบคุมอย่างมีนัยทางสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

2. การเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัส

ความแน่นเนื้อของเนื้อลึนจีจากชุดควบคุมมีค่าต่ำสุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ดัง Fig. 4.26 แต่เมื่อเปรียบเทียบระหว่าง firming agent แต่ละชนิด พบว่า ค่าความแน่นเนื้อที่วัดได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ความแน่นเนื้อของเนื้อลึนจีสดในทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มคงตลอดระยะการเก็บรักษาเป็นเวลา 10 วัน

3. ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

ระหว่างการเก็บรักษาปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในเนื้อลึนจีสดจากชุดควบคุม เนื้อลึนจีที่จุ่มสารละลายแคลเซียมแอสคอร์เบต 2% และเนื้อลึนจีที่จุ่มในสารละลายไคโทซาน 0.5% ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) หลังเก็บรักษาได้ 2 วัน ดัง Fig. 4.27 เนื้อลึนจีสดจากชุดควบคุมมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงกว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ที่วัดได้จากเนื้อลึนจีสดของชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของเนื้อลึนจีที่จุ่มในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 2% มีเปอร์เซ็นต์สูงขึ้นและสูงสุดเมื่อเก็บรักษาได้ 6 วัน ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของเนื้อลึนจีเมื่อเริ่มการทดลอง แต่เมื่อสิ้นสุดระยะการเก็บรักษาปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในเนื้อลึนจีมีค่าไม่แตกต่างจากค่าที่วัดได้ ($p > 0.05$) เมื่อเริ่มต้นการทดลอง

4. ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้

เมื่อเริ่มต้นการทดลองปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของเนื้อลึนจีทุกชุดการทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของเนื้อลึนจีที่จุ่มในสารละลายไคโทซาน 0.5% มีค่าสูงสุด และเนื้อลึนจีที่จุ่มในสารละลายแคลเซียมแลกเตต 2% มีค่าต่ำสุด ดัง Fig. 4.28 ระหว่างการเก็บรักษาปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของเนื้อลึนจีที่จุ่มในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ แคลเซียมแอสคอร์เบต และแคลเซียมแลกเตต มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยเนื้อลึนจีที่จุ่มในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์มีปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้สูงสุดเมื่อสิ้นสุดระยะการเก็บรักษา มีค่าเท่ากับ 0.29% และเนื้อลึนจีที่จุ่มในสารละลายแคลเซียมแอสคอร์เบตมีปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้สูงสุดหลังเก็บรักษานาน 8 วัน มีค่าเท่ากับ 0.29% ก่อนที่จะลดลงในช่วงสุดท้ายของการเก็บรักษา ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของเนื้อลึนจีที่จุ่มในสารละลายแคลเซียมแลกเตตมีปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้สูงที่สุดในวันที่ 8 ของการเก็บรักษา มีค่าเท่ากับ 0.27% ซึ่งมีค่าสูงกว่าเมื่อเริ่มต้นการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และไม่เปลี่ยนแปลงจนถึงสิ้นสุดการทดลอง

5. ค่าพีเอช

เมื่อเริ่มต้นการทดลอง เนื้อลิ้นจี่ที่จุ่มในสารละลายแคลเซียมแอสคอร์เบตและแคลเซียมแล็กเทตมีค่าพีเอชสูงกว่าเนื้อลิ้นจี่ชุดควบคุม และเนื้อลิ้นจี่ที่จุ่มในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์และไคโทซานตามลำดับ ($p < 0.05$) ระหว่างการเก็บรักษา ค่าพีเอชของเนื้อลิ้นจี่ชุดควบคุม เนื้อลิ้นจี่ที่จุ่มในสารละลายแคลเซียมแอสคอร์เบต และสารละลายไคโทซานมีแนวโน้มลดลง โดยลดลงต่ำสุดหลังเก็บรักษานาน 6 วันและไม่เปลี่ยนแปลงจนสิ้นสุดระยะเวลาการเก็บรักษา ดัง Fig. 4.29 แต่ค่าพีเอชเมื่อสิ้นสุดการทดลองของเนื้อลิ้นจี่ในชุดทดลองดังกล่าวไม่แตกต่างกับค่าพีเอชที่วัดได้วันแรกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ค่าพีเอชของเนื้อลิ้นจี่ที่จุ่มในสารละลายไคโทซานและแคลเซียมคลอไรด์มีแนวโน้มไม่เปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ค่าพีเอชที่วัดได้ค่อยๆ ลดลงหลังเก็บรักษาและต่ำสุดหลังเก็บรักษานาน 4 วันและค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนมีค่าใกล้เคียงกับค่าพีเอชที่วัดได้เมื่อเริ่มต้นการทดลองและไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) จนสิ้นสุดระยะเวลาการเก็บรักษา

6. ปริมาณวิตามินซีทั้งหมด

การจุ่มเนื้อลิ้นจี่ในสารละลายแคลเซียมแอสคอร์เบต 2% ทำให้มีปริมาณวิตามินซีในเนื้อลิ้นจี่สดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเทียบกับปริมาณวิตามินซีในเนื้อลิ้นจี่ชุดควบคุม การจุ่มเนื้อลิ้นจี่สดใน firming agent อื่นๆ ไม่มีผลต่อปริมาณวิตามินซีเมื่อเริ่มต้นการทดลอง ($p > 0.05$)

ปริมาณวิตามินซีในเนื้อลิ้นจี่ของทุกชุดการทดลองมีค่าสูงสุดเมื่อเริ่มต้นการทดลองและจะค่อยๆ ลดลงระหว่างหลังเก็บรักษาได้ 2 วันจนมีปริมาณวิตามินซีต่ำที่สุดเมื่อเก็บรักษานาน 8 วันและไม่มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซีจนสิ้นสุดการเก็บรักษา ดัง Fig. 4.30 โดยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง เนื้อลิ้นจี่ที่จุ่มในสารละลายแคลเซียมแอสคอร์เบตยังคงมีปริมาณวิตามินซีสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณวิตามินซีในเนื้อลิ้นจี่จากชุดการทดลองอื่นๆ ($p < 0.05$)

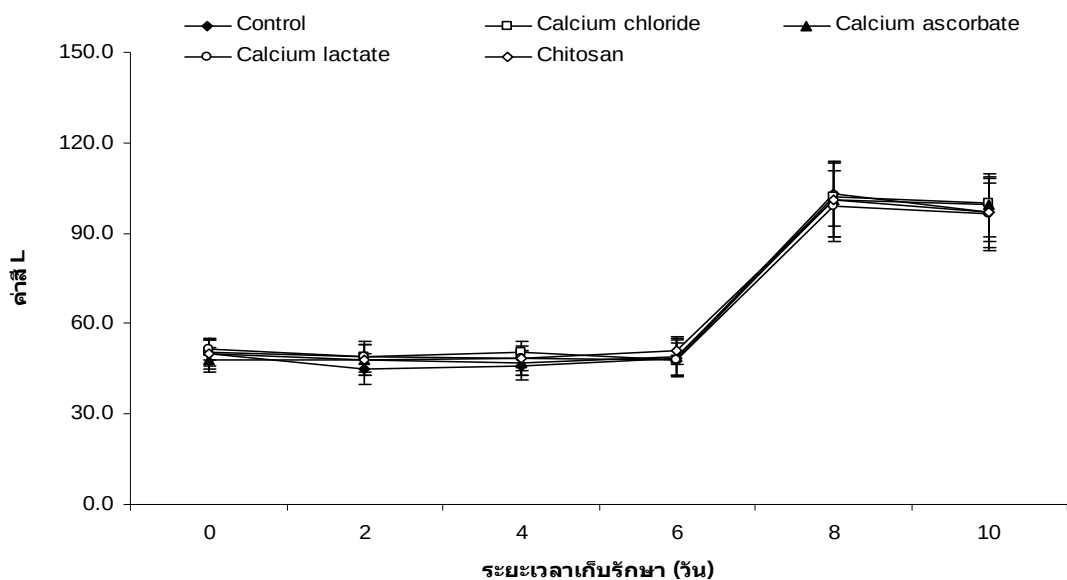


Figure 4.27: Effect of storage period ($5 \pm 1^\circ\text{C}$) on L^* of Emperor lychee pulp treated with different type of sanitizers (Mean $\pm$ SD).

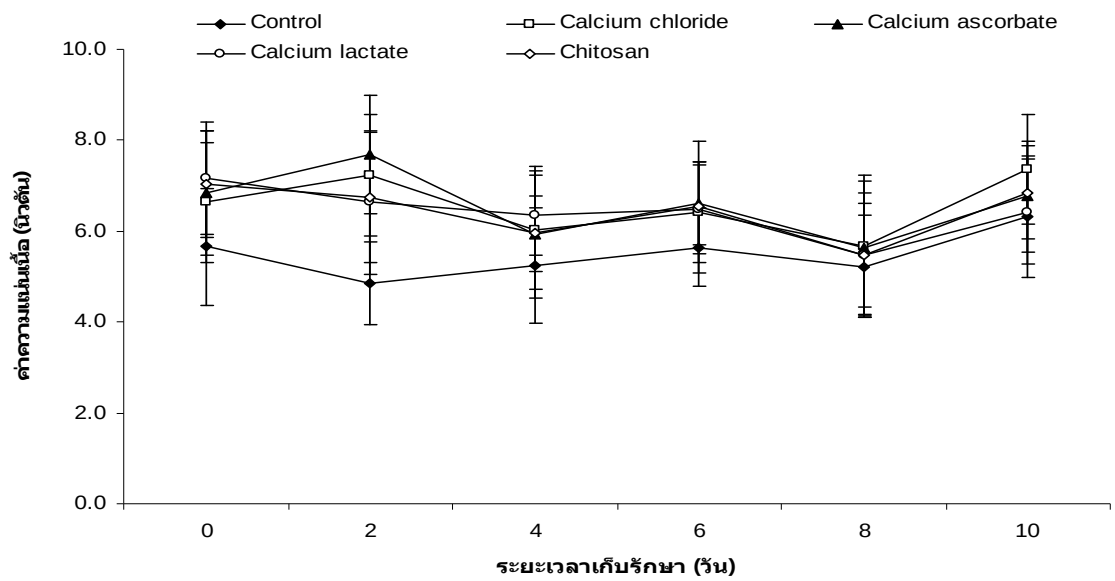


Figure 4.28: Effect of storage period ($5 \pm 1^{\circ}\text{C}$) on firmness of Emperor lychee pulp treated with different type of sanitizers (Mean $\pm$ SD).

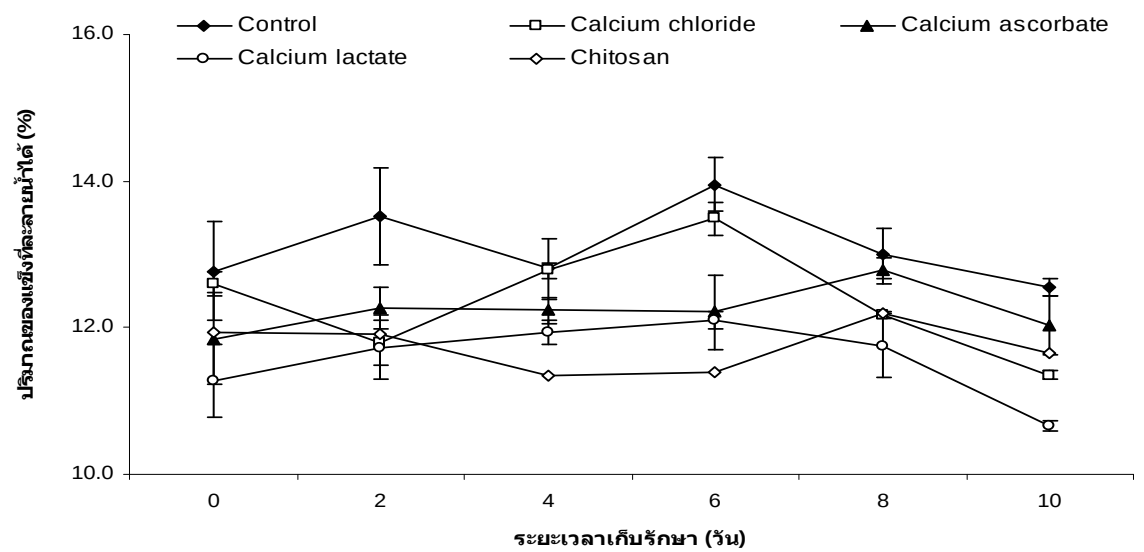


Figure 4.29: Effect of storage period ($5 \pm 1^{\circ}\text{C}$) on TSS of Emperor lychee pulp treated with different type of sanitizers (Mean $\pm$ SD).

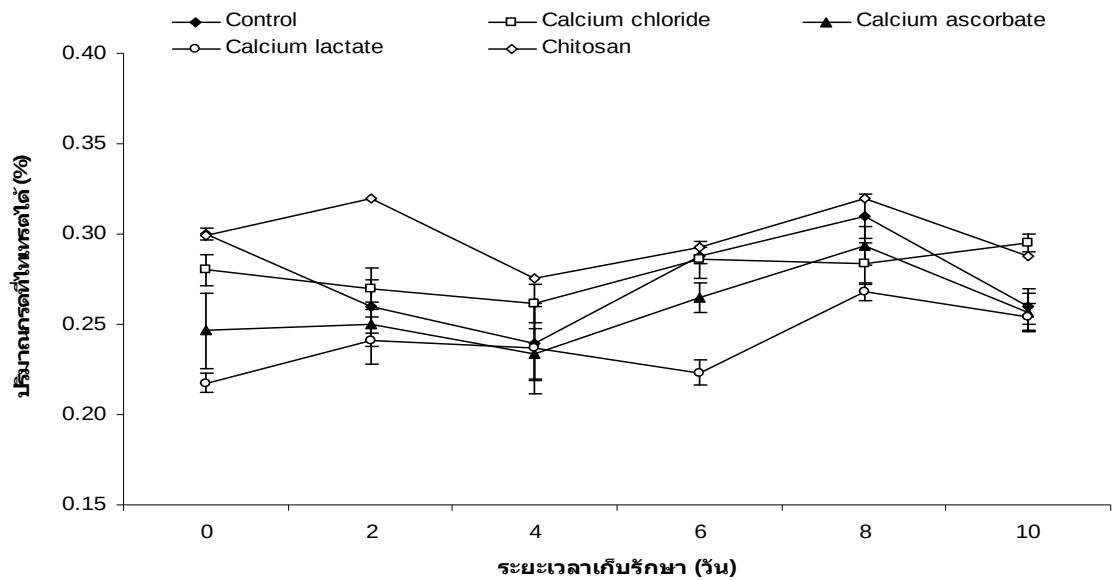


Figure 4.30: Effect of storage period ($5 \pm 1^{\circ}\text{C}$) on TA of Emperor lychee pulp treated with different type of sanitizers (Mean $\pm$ SD).

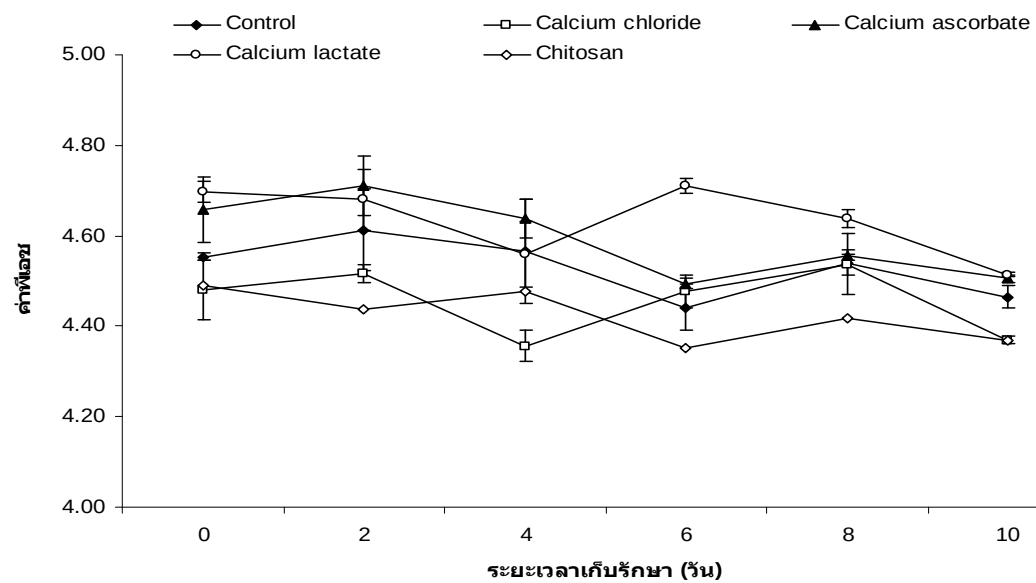


Figure 4.31: Effect of storage period ($5 \pm 1^{\circ}\text{C}$) on pH of Emperor lychee pulp treated with different type of sanitizers (Mean $\pm$ SD).

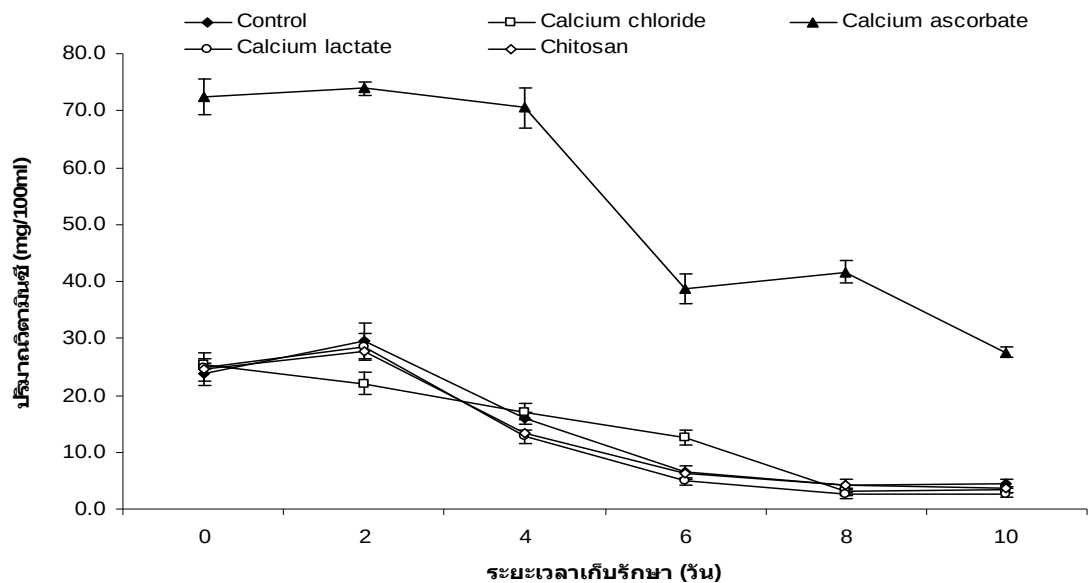


Figure 4.32: Effect of storage period ($5 \pm 1^\circ\text{C}$) on vitamin C of Emperor lychee pulp treated with different type of sanitizers (Mean $\pm$ SD).

ลำไยพันธุ์ดอ

สาร firming agent ทั้ง 3 ความเข้มข้นที่ใช้ในการศึกษานี้ไม่สามารถปรับปรุงความแน่นเนื้อของเนื้อลำไยพันธุ์ดอได้ โดยพบว่าค่าความแน่นเนื้อที่วัดหลังจากจุ่มเนื้อลำไยสดและเก็บรักษาไว้นาน 1 คืน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างชุดการทดลอง ($p < 0.05$) แต่เนื้อลำไยที่จุ่มในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 1% มีความแน่นเนื้อสูงที่สุด รองลงมาคือเนื้อลำไยสดที่จุ่มในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 1.5% เนื้อลำไยสดชุดควบคุม และเนื้อลำไยสดที่จุ่มในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 2% โดยมีค่าความแน่นเนื้อเท่ากับ 3.17, 3.06, 2.98 และ 2.97 นิวตัน ตามลำดับ ดัง Fig. 4.31

ลำไยพันธุ์เบ๊ยวเขียว

เมื่อวัดความแน่นเนื้อของเนื้อลำไยสดพันธุ์เบ๊ยวเขียวที่จุ่มสาร firming agent ทั้ง 3 ความเข้มข้นหลังเก็บรักษาไว้นาน 1 คืน พบว่า ความแน่นเนื้อของเนื้อลำไยพันธุ์ดอชุดควบคุมและความแน่นเนื้อของลำไยที่จุ่มใน firming agent ทุกชนิดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่จากการศึกษา พบว่า เนื้อลำไยสดที่จุ่มในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 1% มีค่าความแน่นเนื้อมากที่สุดเท่ากับ 3.83 นิวตัน รองลงมาคือ เนื้อลำไยสดที่จุ่มในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 2% เนื้อลำไยสดที่จุ่มในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 1.5% และเนื้อลำไยสดในชุดควบคุม ดัง Fig. 4.32

ลำไยพันธุ์กะโหลก

สาร firming agent ทั้ง 3 ความเข้มข้นที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ไม่สามารถเพิ่มความแน่นเนื้อให้กับเนื้อลำไยสดพันธุ์กะโหลกได้ ดัง Fig. 4.33 โดยค่าความแน่นเนื้อของเนื้อลำไยพันธุ์สดจากทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

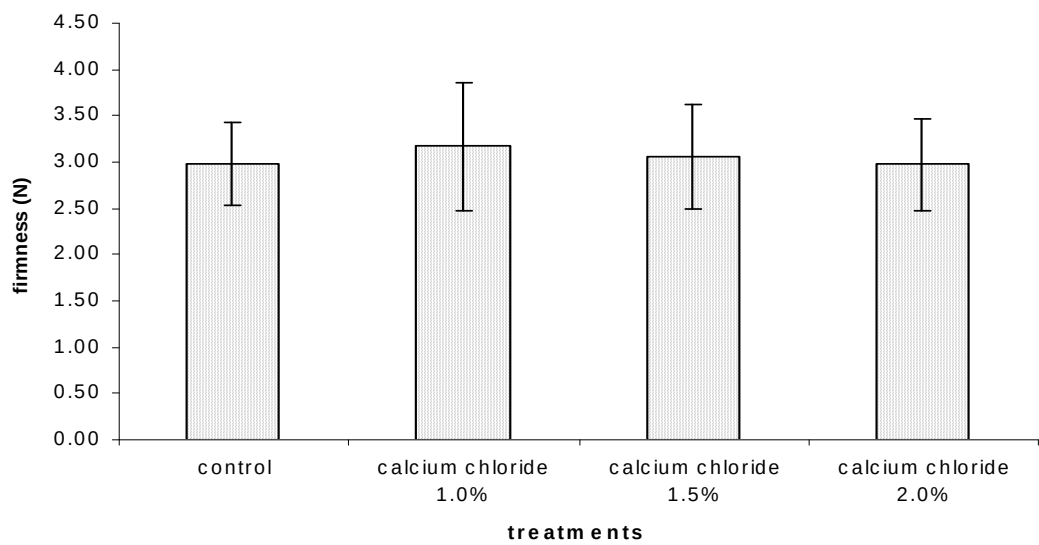


Figure 4.33: Effect of calcium chloride on firmness of E-Daw pulp (Mean $\pm$ SD) for 5 min soaking at $5 \pm 1^{\circ}\text{C}$.

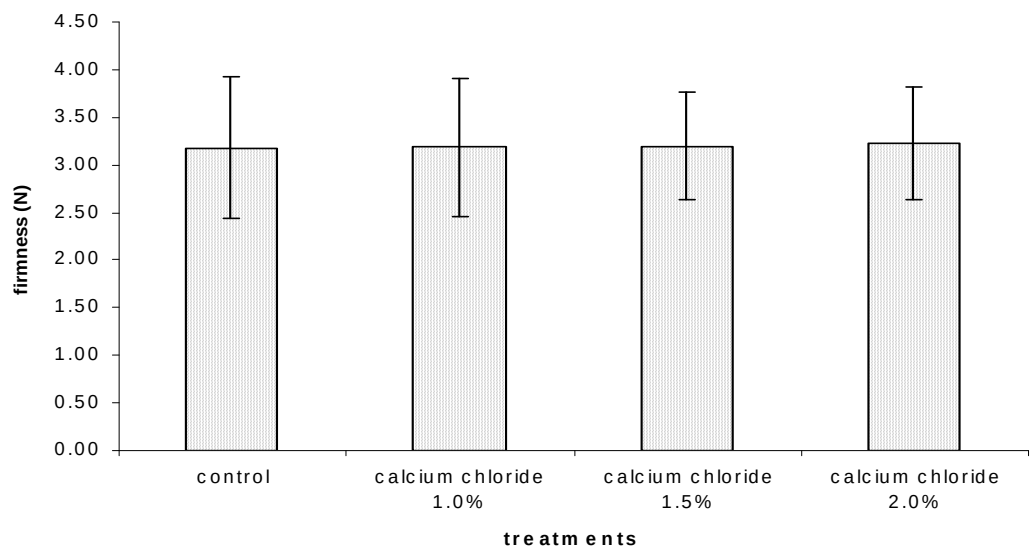


Figure 4.34: Effect of calcium chloride on firmness of Biaokhiao pulp (Mean $\pm$ SD) for 5 min soaking at $5 \pm 1^{\circ}\text{C}$.

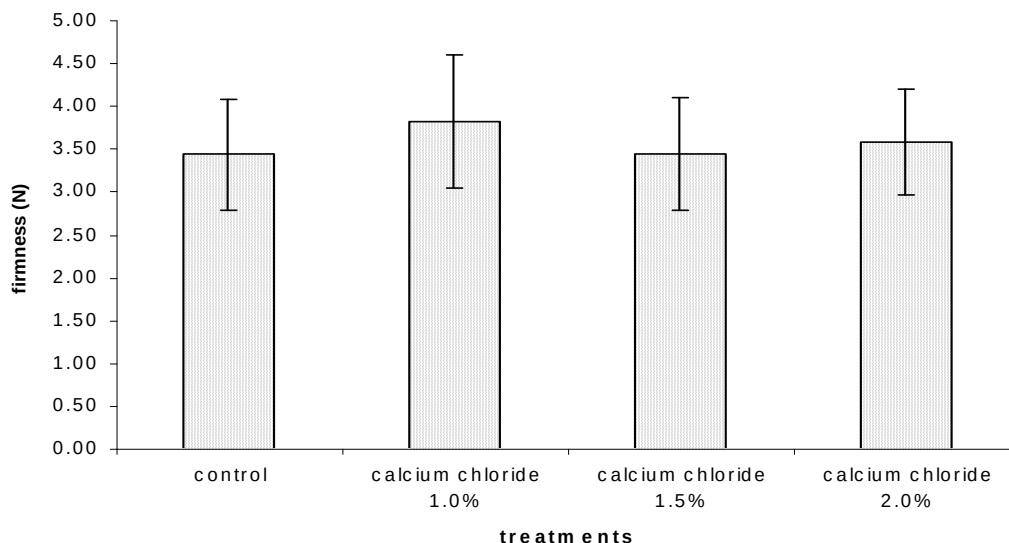


Figure 4.35: Effect of calcium chloride on firmness of Kalok pulp (Mean $\pm$ SD) for 5 min soaking at $5 \pm 1^{\circ}\text{C}$.

4. การศึกษาการร่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้น ลำไย และลิ้นจี่

มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้

เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การร่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์จากเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นในแต่ละรูปแบบการหั่น พบว่าเปอร์เซ็นต์การร่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์เพิ่มขึ้นเมื่อขนาดชิ้นของมะม่วงสุกเล็กลง ดัง Table 4.6 โดยเนื้อมะม่วงน้ำดอกไม้ที่หั่นตามยาวสองชิ้นต่อผล มีเปอร์เซ็นต์การร่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ต่ำที่สุด เท่ากับ 25.07% และการหั่นตามยาวและขวางแปดชิ้นต่อครึ่งผล มีค่าการร่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์สูงที่สุด เท่ากับ 46.81% เมื่อขนาดชิ้นมะม่วงเล็กลง มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การร่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์เพิ่มขึ้น โดยเมื่อนำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกับรูปแบบการหั่นเพียงชิ้นสองชิ้นต่อครึ่งผล การหั่นแปดชิ้นต่อครึ่งผลมีเปอร์เซ็นต์การร่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์เพิ่มขึ้นถึง 21.74%

รูปแบบการหั่นมีผลต่อปริมาณการร่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ เมื่อนำค่าที่ได้ไปวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า หากขนาดชิ้นของมะม่วงสุกมีขนาดเล็กลง เปอร์เซ็นต์การร่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์จะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับเปอร์เซ็นต์การร่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์จากชิ้นเนื้อมะม่วงที่หั่นเพียงสองชิ้นต่อผล

มะม่วงพันธุ์โชคอนันต์

เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การร่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์จากเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นในแต่ละรูปแบบการหั่นกับการหั่นเนื้อมะม่วงที่หั่นสองชิ้นต่อผล พบว่าเปอร์เซ็นต์การร่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อการหั่นชิ้นของเนื้อมะม่วงสุกมีขนาดเล็กลง ดัง Table 4.7 รูปแบบการหั่นแปดชิ้นต่อครึ่งผลมีเปอร์เซ็นต์การร่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์มากที่สุด เท่ากับ 20.73% และแตกต่างจากเปอร์เซ็นต์การร่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์จากชิ้นมะม่วงหั่นสองชิ้นต่อผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

รูปแบบการหั่นตามยาวสองชิ้นต่อครึ่งผลมีเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์สูงกว่ารูปแบบการหั่นตามขวางสองชิ้นต่อครึ่งผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่การหั่นจำนวนสองชิ้นตามยาวต่อครึ่งผลและสี่ชิ้นต่อครึ่งผลไม่ทำให้เปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) รูปแบบการหั่นแปดชิ้นต่อครึ่งผลทำให้มีเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ออกจากชิ้นเนื้อมะม่วงเพิ่มขึ้นสูงสุดถึง 20.97% เมื่อเปรียบเทียบกับเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์จากชิ้นเนื้อมะม่วงที่หั่นสองชิ้นต่อผล

Table 4.6 Percentage of electrolyte leakage (EL) and % EL increase from various cutting styles of Nam Dok Mai mango after soaking in ddH₂O for 1 h.

รูปแบบการหั่น	%Electrolyte Leakage	% EL increase
หั่นตามยาวสองชิ้นต่อผล	25.07±2.06a	0
หั่นตามยาวสองชิ้นต่อครึ่งผล	30.30±0.59b	5.23
หั่นตามขวางสองชิ้นต่อครึ่งผล	37.54±0.64c	12.47
หั่นตามยาวและตามขวางสี่ชิ้นต่อครึ่งผล	37.06±0.77c	11.99
หั่นตามขวางสี่ชิ้นต่อครึ่งผล	34.95±1.33bc	9.88
หั่นตามยาวและตามขวางแปดชิ้นต่อครึ่งผล	46.81±0.78d	21.74

หมายเหตุ - ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
 - ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันหมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)
 - ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันหมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

Table 4.7 Percentage of electrolyte leakage (EL) and % EL increase from various cutting styles of Chok Anan mango after soaking in ddH₂O for 1 h.

รูปแบบการหั่น	%Electrolyte Leakage	% EL increase
หั่นตามยาวสองชิ้นต่อผล	12.76±0.81a	0
หั่นตามยาวสองชิ้นต่อครึ่งผล	20.35±0.90cd	7.60
หั่นตามขวางสองชิ้นต่อครึ่งผล	15.25±1.01ab	2.50
หั่นตามยาวและตามขวางสี่ชิ้นต่อครึ่งผล	17.22±2.18bcd	4.46
หั่นตามขวางสี่ชิ้นต่อครึ่งผล	16.81±1.69bc	4.05
หั่นตามยาวและตามขวางแปดชิ้นต่อครึ่งผล	20.73±1.41d	7.97

หมายเหตุ - ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
 - ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันหมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)
 - ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันหมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

มะม่วงพันธุ์มหาชนก

เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์จากเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นในแต่ละรูปแบบการหั่นกับชิ้นเนื้อมะม่วงที่หั่นสองชิ้นต่อผล พบว่ารูปแบบการหั่นชิ้นไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ ดัง Table 4.8 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ยกเว้นรูปแบบการหั่นแปดชิ้นต่อครึ่งผลซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์มากที่สุด เท่ากับ 28.52% และเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์จากชิ้นเนื้อมะม่วงสุกที่หั่นตามยาวและตามขวางสี่ชิ้นต่อครึ่งผลเท่ากับ 25.82% โดยค่าที่วัดได้แตกต่างจากเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์จากชิ้นเนื้อมะม่วงที่หั่นตามยาวสองชิ้นต่อผล อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่เปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ของชิ้นเนื้อมะม่วงสุกที่หั่นตามยาวและตามขวางสี่ชิ้นต่อครึ่งผลและของชิ้นเนื้อมะม่วงสุกที่หั่นแปดชิ้นต่อผลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

รูปแบบการหั่นแปดชิ้นต่อครึ่งผลยังทำให้เปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์จากชิ้นเนื้อมะม่วงสุกเพิ่มขึ้นสูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกับเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์จากชิ้นเนื้อมะม่วงที่หั่นสองชิ้นต่อผล โดยมีเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์เพิ่มขึ้นแตกต่างกันถึง 7.87% ดัง Table 4.8

Table 4.8 Percentage of electrolyte leakage (EL) and % EL increase from various cutting styles of Maha Chanok mango after soaking in ddH₂O for 1 h.

รูปแบบการหั่น	%Electrolyte Leakage	% EL increase
หั่นตามยาวสองชิ้นต่อผล	20.65±1.91a	0
หั่นตามยาวสองชิ้นต่อครึ่งผล	25.44±1.51abc	4.79
หั่นตามขวางสองชิ้นต่อครึ่งผล	22.00±1.78ab	1.35
หั่นตามยาวและตามขวางสี่ชิ้นต่อครึ่งผล	25.82±0.54bc	5.18
หั่นตามขวางสี่ชิ้นต่อครึ่งผล	24.74±2.36abc	4.09
หั่นตามยาวและตามขวางแปดชิ้นต่อครึ่งผล	28.52±2.37c	7.87

หมายเหตุ - ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
 - ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันหมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)
 - ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันหมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

ลันจีพันธุ์กิมเจง

เปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์จากที่วัดได้จากผลลันจีมีค่าสูงขึ้นเมื่อผ่านกระบวนการตัดแต่งมากขึ้น ดัง Table 4.9 เปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ของผลลันจีสดมีค่าต่ำสุดและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเทียบกับเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ที่วัดได้จากผลลันจีที่คว้านเมล็ดออกและเนื้อลันจี ปริมาณการรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ที่วัดได้จากเนื้อลันจีสดมีค่าสูงสุดเท่ากับ 33.20% เพิ่มขึ้นถึง 32 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้จากลันจีทั้งผล

Table 4.9: Percentage of electrolyte leakage (EL) from various styles of Kimjeng lychee after soaking in ddH₂O for 1 h.

รูปแบบการตัดแต่ง	%Electrolyte Leakage
ผลล้นจีสด	1.49±0.39a
ผลล้นจีสดคว้นเมล็ด	20.82±1.44b
เนื้อล้นจีสด	33.20±4.63c

หมายเหตุ - ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
 - ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันหมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p < 0.05)
 - ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันหมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p < 0.05)

ล้นจีพันธุ์จักรพรรดิ

เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์จากล้นจีสดทั้งผล ผลล้นจีสดคว้นเมล็ด และเนื้อล้นจีสด พบว่าเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์จะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อผ่านกระบวนการตัดแต่ง เนื้อล้นจีสดมีการรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์สูงถึง 25.39% แต่ค่าที่ได้ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p > 0.05) กับเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ที่วัดได้จากผลล้นจีสดคว้นเมล็ด เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ที่วัดได้จากผลล้นจีสด พบว่ามีการรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์เพิ่มขึ้นถึง 24 เท่า ดัง Table 4.10

Table 4.10: Percentage of electrolyte leakage (EL) from various styles of Emperor lychee after soaking in ddH₂O for 1 h.

รูปแบบการตัดแต่ง	%Electrolyte Leakage
ผลล้นจีสด	1.16±0.26a
ผลล้นจีสดคว้นเมล็ด	16.58±4.98b
เนื้อล้นจีสด	25.39±7.96b

หมายเหตุ - ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
 - ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันหมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p < 0.05)
 - ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันหมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p < 0.05)

ล้นจีพันธุ์ฮงฮวย

เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์จากล้นจีสดทั้งผล ผลล้นจีสดคว้นเมล็ด และเนื้อล้นจีสด พบว่า การรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ที่วัดได้จากผลล้นจีสดมีปริมาณต่ำที่สุด เท่ากับ 0.79% และค่าที่วัดได้แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p < 0.05) เมื่อเทียบกับเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ที่วัดได้จากผลล้นจีสดคว้นเมล็ดและเนื้อล้นจีสด การรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์จากเนื้อล้นจีสดมีค่าสูงสุดเท่ากับ 19.59% เพิ่มขึ้น 25 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้จากล้นจีทั้งผล ดัง Table 4.11

Table 4.11 Percentage of electrolyte leakage (EL) from various styles of Honghuay lychee after soaking in ddH₂O for 1 h.

รูปแบบการตัดแต่ง	%Electrolyte Leakage
ผลลื่นจีสด	0.79±0.03a
ผลลื่นจีสดคว้านเมล็ด	13.67±2.34b
เนื้อลื่นจีสด	19.59±2.54c

หมายเหตุ - ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
 - ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันหมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p < 0.05)
 - ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันหมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p < 0.05)

ลำไยพันธุ์ดอ

การคว้านเมล็ด หรือคว้านเมล็ดและแกะเปลือกผลลำไยพันธุ์ดอทำให้มีเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p < 0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ของผลลำไย ดัง Table 4.12 โดยลำไยสดทั้งผล มีเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ต่ำที่สุด เท่ากับ 2.05% แต่การคว้านเมล็ดเพียงอย่างเดียว หรือการคว้านเมล็ดและแกะเปลือกไม่ได้ทำให้เปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ของเนื้อลำไยซึ่งมีค่าเท่ากับ 5.96% และ 5.59% ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ(p > 0.05)

Table 4.12 Percentage of electrolyte leakage (EL) from various styles of E-daw longan after soaking in ddH₂O for 1 h.

รูปแบบการตัดแต่ง	%Electrolyte Leakage
ผลลำไยสด	2.05±0.39a
ผลลำไยสดคว้านเมล็ด	5.96±1.08b
เนื้อลำไยสด	5.59±1.09b

หมายเหตุ - ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
 - ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันหมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p < 0.05)
 - ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันหมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p < 0.05)

ลำไยพันธุ์เบ๊ยาวเขียว

การตัดแต่งทำให้เปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ของผลลำไยสดคว้านเมล็ดและเนื้อลำไยสดพันธุ์เบ๊ยาวเขียวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p < 0.05) โดยลำไยสดทั้งผล มีเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ต่ำที่สุด เท่ากับ 0.95% รองลงมา คือลำไยสดคว้านเอาเมล็ดออก มีค่าเท่ากับ 4.68% และลำไยสดคว้านเอาเมล็ดและเปลือกออกให้ค่าการรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์สูงที่สุด เท่ากับ 9.17% ดัง Table 4.13 การคว้านเมล็ดและการแกะเปลือกทำให้มีเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์เพิ่มขึ้นประมาณ 9 เท่าเมื่อเปรียบเทียบกับเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ที่วัดจากลำไยสดทั้งผล

Table 4.13 Percentage of electrolyte leakage (EL) from various styles of Biaokhiao longan after soaking in ddH₂O for 1 h.

รูปแบบการตัดแต่ง	%Electrolyte Leakage
ผลลำไยสด	0.95±0.25a
ผลลำไยสดคว้านเมล็ด	4.68±0.49b
เนื้อลำไยสด	9.17±1.33b

หมายเหตุ

- ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
- ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันหมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)
- ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันหมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

ลำไยพันธุ์กะโหลก

ค่าเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ของเนื้อลำไยสดพันธุ์กะโหลก แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ของผลลำไยสดทั้งผล และผลลำไยสดคว้านเมล็ด (Table 4.19) โดยเนื้อลำไยสด มีเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์สูงที่สุดเท่ากับ 16.85% เปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ไม่แตกต่างกับลำไยสดทั้งผล ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3.10% และ 0.92% ตามลำดับ และพบว่าผลต่างของเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ของลำไยสดคว้านเอาเมล็ดออก และลำไยสดคว้านเอาเมล็ดและเปลือกออกเมื่อเปรียบเทียบกับลำไยสดทั้งผลมีค่าใกล้เคียงกัน คือ 2.18% และ 15.93% ตามลำดับ ดัง Table 4.14

Table 4.14 Percentage of electrolyte leakage (EL) from various styles of Kalok longan after soaking in ddH₂O for 1 h.

รูปแบบการตัดแต่ง	%Electrolyte Leakage
ผลลำไยสด	0.92±0.05a
ผลลำไยสดคว้านเมล็ด	3.10±0.52a
เนื้อลำไยสด	16.85±7.39b

หมายเหตุ

- ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
- ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันหมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)
- ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันหมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

ลำไยพันธุ์สีชมพู

เปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ที่วัดได้มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อลำไยผ่านการตัดแต่งมากขึ้น ดัง Table 4.15 โดยผลลำไยสดมีเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ต่ำที่สุด เท่ากับ 0.91% แต่เปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ที่วัดได้จากผลลำไยสดคว้านเมล็ดและเนื้อลำไยสด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 5.23% และ 3.91% ตามลำดับ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และพบว่าผลต่างของเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ของลำไยสดคว้านเอา

เมล็ดออก และลำไยสดคว้านเอาเมล็ดและเปลือกออกเมื่อเปรียบเทียบกับลำไยสดทั้งผลมีค่าใกล้เคียงกัน คือ 4.32% และ 3.00% ตามลำดับ ดัง Table 4.15

Table 4.15 Percentage of electrolyte leakage (EL) from various styles of Si-Chompoo longan after soaking in ddH₂O for 1 h.

รูปแบบการตัดแต่ง	%Electrolyte Leakage
ผลลำไยสด	0.91±0.09a
ผลลำไยสดคว้านเมล็ด	5.23±0.95b
เนื้อลำไยสด	3.91±0.54b

หมายเหตุ - ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
 - ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันหมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)
 - ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันหมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

5. การศึกษาอัตราการหายใจของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้น ลิ่นจี และลำไย

มะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์โชคอนันต์

อัตราการหายใจของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นเพิ่มขึ้นเมื่อหั่นชิ้นเนื้อมะม่วงมีขนาดเล็กลง ดัง Table 4.16 โดยเนื้อมะม่วงสุกที่หั่นแปดชิ้นต่อครึ่งผลมีอัตราการหายใจสูงสุด เท่ากับ 366.01 มิลลิกรัมคาร์บอนไดออกไซด์/กิโลกรัม/ชั่วโมง รองลงมาคือเนื้อมะม่วงที่หั่นตามยาวและขวางสี่ชิ้นต่อครึ่งผล มีค่าเท่ากับ 355.92 มิลลิกรัมคาร์บอนไดออกไซด์/กิโลกรัม/ชั่วโมง โดยอัตราการหายใจของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นทั้งสองรูปแบบมีค่าสูงกว่าอัตราการหายใจของเนื้อมะม่วงที่หั่นสองชิ้นต่อผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

อัตราการหายใจของเนื้อมะม่วงสุกที่หั่นตามยาวสองชิ้นต่อผล หั่นตามยาวสองชิ้นต่อครึ่งผล หั่นตามขวางสองชิ้นต่อครึ่งผล และหั่นตามขวางสี่ชิ้นต่อครึ่งผล มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เนื้อมะม่วงสุกที่หั่นตามขวางสองชิ้นต่อครึ่งผล มีอัตราการหายใจต่ำสุดในการศึกษาครั้งนี้ โดยมีค่าเท่ากับ 280.27 มิลลิกรัมคาร์บอนไดออกไซด์/กิโลกรัม/ชั่วโมง

มะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนก

อัตราการหายใจของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นของมะม่วงพันธุ์นี้มีค่าต่ำสุดเมื่อหั่นตามขวางสี่ชิ้นต่อผล มีค่าเท่ากับ 316.30 มิลลิกรัมคาร์บอนไดออกไซด์/กิโลกรัม/ชั่วโมง ดัง Table 4.17 และอัตราการหายใจที่ได้ต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการหายใจของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นรูปแบบอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) รูปแบบการหั่นตามยาวสองชิ้นต่อครึ่งผลทำให้เนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นมีอัตราการหายใจสูงสุดในการทดลองครั้งนี้ โดยมีปริมาณ 402.42 มิลลิกรัมคาร์บอนไดออกไซด์/กิโลกรัม/ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกับรูปแบบการหั่นชิ้นแบบอื่นๆ อัตราการหายใจที่วัดได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

Table 4.16 Respiration rate of different cutting style for Chok Anan mango at $28 \pm 2^{\circ}\text{C}$.

รูปแบบการหั่นชิ้น	อัตราการหายใจ ($\text{mgCO}_2/\text{kg/hr}$)	% increase
หั่นตามยาวสองชิ้นต่อผล	$298.21 \pm 29.60\text{ab}$	0.00
หั่นตามยาวสองชิ้นต่อครึ่งผล	$332.84 \pm 54.12\text{ab}$	11.61
หั่นตามขวางสองชิ้นต่อครึ่งผล	$280.27 \pm 95.03\text{a}$	-6.02
หั่นตามยาวและตามขวางสี่ชิ้นต่อครึ่งผล	$355.92 \pm 26.06\text{b}$	19.35
หั่นตามขวางสี่ชิ้นต่อครึ่งผล	$338.31 \pm 64.43\text{ab}$	13.45
หั่นตามยาวและตามขวางแปดชิ้นต่อครึ่งผล	$366.01 \pm 4.07\text{b}$	22.74

- หมายเหตุ
- ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็น ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
 - ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกัน หมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)
 - ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

Table 4.17 Respiration rate of different cutting style for Maha Chanok mango at $28 \pm 2^{\circ}\text{C}$.

รูปแบบการหั่นชิ้น	อัตราการหายใจ ($\text{mgCO}_2/\text{kg/hr}$)	% increase
หั่นตามยาวสองชิ้นต่อผล	$372.75 \pm 33.76\text{bc}$	0.00
หั่นตามยาวสองชิ้นต่อครึ่งผล	$402.42 \pm 18.21\text{c}$	7.96
หั่นตามขวางสองชิ้นต่อครึ่งผล	$367.77 \pm 20.50\text{b}$	-1.34
หั่นตามยาวและตามขวางสี่ชิ้นต่อครึ่งผล	$368.72 \pm 44.13\text{bc}$	-1.08
หั่นตามขวางสี่ชิ้นต่อครึ่งผล	$316.30 \pm 31.69\text{a}$	-15.14
หั่นตามยาวและตามขวางแปดชิ้นต่อครึ่งผล	$353.37 \pm 15.34\text{b}$	-5.20

- หมายเหตุ
- ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็น ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
 - ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกัน หมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)
 - ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

ลิ้นจี่พันธุ์ฮวงฮวย

เมื่อนำลิ้นจี่พันธุ์ฮวงฮวยมาวัดอัตราการหายใจหลังจากควั่นเมล็ด และเอาเปลือกออกพร้อมควั่นเมล็ด พบว่า อัตราการหายใจของผลลิ้นจี่สดควั่นเมล็ดและเนื้อลิ้นจี่สดไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่อัตราการหายใจเพิ่มขึ้นและสูงกว่าอัตราการหายใจของผลลิ้นจี่ที่ไม่ผ่านการตัดแต่งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

เมื่อผ่านการตัดแต่ง อัตราการหายใจของผลลิ้นจี่สดควั่นเมล็ด และเนื้อลิ้นจี่จะมีค่าสูงขึ้น คิดเป็น 73.6% และ 65.7% ตามลำดับเมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการหายใจของผลลิ้นจี่ ดัง Table 4.18

Table 4.18 Respiration rate and % increase of different styles for Honghuay lychee at $24 \pm 2^{\circ}\text{C}$.

รูปแบบการตัดแต่ง	อัตราการหายใจ ($\text{mgCO}_2/\text{kg/hr}$)	% increase
ผลล้นจีสด	$216.33a \pm 13.31$	0.0
ผลล้นจีสดคว้านเมล็ด	$375.19b \pm 23.43$	73.6
เนื้อล้นจีสด	$358.16b \pm 22.18$	65.7

- หมายเหตุ - ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็น ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
- ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกัน หมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)
- ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

ล้นจีพันธุ์กิมเจง

เมื่อนำล้นจีพันธุ์กิมเจงมาคว้านเมล็ด หรือเอาเปลือกออกพร้อมคว้านเมล็ด พบว่า อัตราการหายใจของ ผลล้นจีสด ผลล้นจีคว้านเมล็ดและ เนื้อล้นจีสดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยผลล้นจีสดทั้งผลจะมีอัตราการหายใจน้อยสุดเท่ากับ 133.01 มิลลิกรัม/กิโลกรัม/ชั่วโมง และล้นจีที่ทำคว้านเมล็ดออกมีอัตราการหายใจมากที่สุดเท่ากับ 238.03 มิลลิกรัม/กิโลกรัม/ชั่วโมง

เมื่อผ่านการตัดแต่ง อัตราการหายใจของผลล้นจีสดคว้านเมล็ด และเนื้อล้นจีจะมีค่าสูงขึ้น คิดเป็น 78.9 และ 27.8% ตามลำดับเมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการหายใจของผลล้นจี ดัง Table 4.19

Table 4.19 Respiration rate and % increase of different styles for Kimjeng lychee at $24 \pm 2^{\circ}\text{C}$.

รูปแบบการตัดแต่ง	อัตราการหายใจ ($\text{mgCO}_2/\text{kg/hr}$)	% increase
ผลล้นจีสด	$133.01a \pm 10.96$	0.0
ผลล้นจีสดคว้านเมล็ด	$238.03c \pm 5.52$	78.9
เนื้อล้นจีสด	$170.76b \pm 25.73$	27.8

- หมายเหตุ - ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็น ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
- ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกัน หมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)
- ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

ล้นจีพันธุ์จักรพรรดิ

เมื่อนำล้นจีพันธุ์จักรพรรดิมาคว้านเมล็ด หรือเอาเปลือกออกพร้อมคว้านเมล็ด พบว่า อัตราการหายใจของ ผลล้นจีสด ผลล้นจีคว้านเมล็ดและ เนื้อล้นจีสดเพิ่มขึ้นและค่าที่ได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยผลล้นจีสดทั้งผลจะมีอัตราการหายใจน้อยสุดเท่ากับ 125.06 มิลลิกรัม/กิโลกรัม/ชั่วโมง และเนื้อล้นจีมีอัตราการหายใจมากที่สุดเท่ากับ 296.74 มิลลิกรัม/กิโลกรัม/ชั่วโมง

เมื่อผ่านการตัดแต่ง อัตราการหายใจของผลล้นจีสดคว้านเมล็ด และเนื้อล้นจีจะมีค่าสูงขึ้น คิดเป็น 102.4% และ 136.8% ตามลำดับเมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการหายใจของผลล้นจี ดัง Table 4.20

Table 4.20 Respiration rate and % increase of different styles for Emperor lychee at $24 \pm 2^{\circ}\text{C}$.

รูปแบบการตัดแต่ง	อัตราการหายใจ ($\text{mgCO}_2/\text{kg/hr}$)	% increase
ผลล้นจีสด	$125.06a \pm 4.67$	0.0
ผลล้นจีสดคว้านเมล็ด	$253.06b \pm 37.26$	102.4
เนื้อล้นจีสด	$296.74c \pm 20.76$	136.8

หมายเหตุ - ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็น ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
 - ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกัน หมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)
 - ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

ลำไยพันธุ์ดอ

อัตราการหายใจของผลลำไยสดพันธุ์ดอ มีอัตราเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อนำผลลำไยไปคว้านเมล็ด หรือคว้านเมล็ดและแกะเปลือกออก ดัง Table 4.21 โดยพบว่า อัตราการหายใจของผลลำไยที่ไม่ผ่านการตัดแต่งมีอัตราการหายใจต่ำสุด คือ 146.24 มิลลิกรัม/กิโลกรัม/ชั่วโมง แต่อัตราการหายใจของผลลำไยสดคว้านเมล็ดและเนื้อลำไยสดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยผลลำไยสดคว้านเมล็ดและเนื้อลำไยสดมีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้น 82% และ 86% ตามลำดับ

Table 4.21 Respiration rate and % increase of different styles for E-daw longan at $28 \pm 2^{\circ}\text{C}$.

รูปแบบการตัดแต่ง	อัตราการหายใจ ($\text{mgCO}_2/\text{kg/hr}$)	% increase
ผลลำไยสด	$146.24a \pm 21.40$	0
ผลลำไยสดคว้านเมล็ด	$266.64b \pm 22.22$	82.3
เนื้อลำไยสด	$272.43b \pm 19.09$	86.3

หมายเหตุ - ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็น ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
 - ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกัน หมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)
 - ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

ลำไยพันธุ์เบ๊ยาวเขียว

อัตราการหายใจของผลลำไยสดพันธุ์เบ๊ยาวเขียวมีอัตราการหายใจต่ำสุดและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับอัตราการหายใจของผลลำไยสดคว้านเมล็ดและเนื้อลำไยสด ดัง Table 4.22 การคว้านเมล็ดและแกะเปลือกทำให้เนื้อลำไยสดที่ได้มีอัตราการหายใจสูงสุดในการทดลองนี้ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 82.81 มิลลิกรัม/กิโลกรัม/ชั่วโมง อัตราการหายใจเพิ่มขึ้น 54% เมื่อเทียบกับอัตราการหายใจของผลลำไยสดในชุดควบคุม

Table 4.22 Respiration rate and % increase of different styles for Biaokhiao longan at $24 \pm 2^{\circ}\text{C}$.

	รูปแบบการตัดแต่ง	อัตราการหายใจ ($\text{mgCO}_2/\text{kg/hr}$)	% increase
	ผลลำไยสด	$53.48a \pm 5.81$	0.0
	ผลลำไยสดคว้านเมล็ด	$71.21b \pm 6.94$	33.2
	เนื้อลำไยสด	$82.81c \pm 6.37$	54.8
หมายเหตุ	- ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็น ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน - ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกัน หมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) - ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)		

ลำไยพันธุ์กะโหลก

ผลลำไยสดพันธุ์กะโหลก มีอัตราการหายใจมีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อนำไปคว้านเมล็ดและแกะเปลือกจนเหลือแต่เนื้อ ดัง Table 4.23 ซึ่งทำให้เนื้อลำไยสดมีอัตราการหายใจสูงสุด เพิ่มขึ้น 23% เมื่อเปรียบเทียบกับผลลำไยสดที่มีอัตราการหายใจต่ำสุด เท่ากับ 89.23 มิลลิกรัม/กิโลกรัม/ชั่วโมง การคว้านเมล็ดออกเพียงอย่างเดียวไม่ทำให้อัตราการหายใจเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเทียบกับอัตราการหายใจของผลลำไยสด

Table 4.23 Respiration rate and % increase of different styles for Kalok longan at $24 \pm 2^{\circ}\text{C}$.

	รูปแบบการตัดแต่ง	อัตราการหายใจ ($\text{mgCO}_2/\text{kg/hr}$)	% increase
	ผลลำไยสด	$89.23a \pm 9.18$	0.0
	ผลลำไยสดคว้านเมล็ด	$98.13ab \pm 11.47$	10.0
	เนื้อลำไยสด	$108.27b \pm 2.83$	21.3
หมายเหตุ	- ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็น ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน - ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกัน หมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) - ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)		

บทที่ 4 ผลการทดลอง และวิจารณ์

ระยะการสุกที่เหมาะสมต่อการผลิตเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพร้อมบริโภค

1. การศึกษาระยะการสุกที่เหมาะสมต่อการผลิตเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพร้อมบริโภค

ผลการศึกษาการสุกที่เหมาะสมของผลมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ และมหาชนก ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.1 การเปลี่ยนแปลงสีของชิ้นเนื้อมะม่วง

1) ค่า L^* ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่า L^* ระหว่างการเก็บรักษาเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์โชคอนันต์และมหาชนกในแต่ละระยะการสุก พบว่า ค่า L^* ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นในแต่ละระยะการสุกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นในทุกระยะการสุกมีค่า L^* ลดลงตลอดระยะเวลาเก็บรักษาเป็นเวลา 10 วัน เนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์โชคอนันต์ระยะการสุกที่ 1 ระยะการสุกที่ 2 และ ระยะการสุกที่ 3 มีค่า L^* ค่อยๆ ลดลง ดัง Fig. 4.1a จาก 72.71, 63.31 และ 63.76 เมื่อเริ่มต้นการเก็บรักษา เป็น 50.15, 42.96 และ 47.01 ตามลำดับ และเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนกมีค่า L^* ลดลง ดัง Fig. 4.1b จาก 65.14, 66.57 และ 69.27 เมื่อเริ่มต้นการเก็บรักษาเป็น 48.86, 54.39 และ 51.34 ตามลำดับ และเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นในแต่ละระยะการสุกมีสีคล้ำลงเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 10 วัน

2) ค่า C^* ผลการศึกษา ค่า C^* ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นในแต่ละระยะการสุก ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 10 วัน พันธุ์โชคอนันต์และมหาชนก ดัง Fig. 4.2a and b พบว่าค่า C^* ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นเมื่อเปรียบเทียบกับระหว่างระยะการสุก มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยเมื่อเปรียบเทียบค่า C^* ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นในระยะการสุกที่ 1, 2 และ 3 พบว่ามีค่า C^* ลดลง เมื่อเก็บรักษานานขึ้น แสดงว่า เนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นมีความเข้มของสีเหลืองลดลง

3) ค่า H° ผลการศึกษา ค่า H° ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์โชคอนันต์ในแต่ละระยะการสุก ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 10 วัน ดัง Fig. 4.3a พบว่า ค่า H° ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นในระยะการสุกที่ 1 และ 2 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่ค่า H° ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นในระยะการสุกที่ 3 ระหว่างการเก็บรักษาไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นในระยะการสุกอื่นๆ สำหรับเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนก พบว่า ค่า H° ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นในแต่ละระยะการสุก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และค่า H° ในแต่ละระยะการสุกของเนื้อมะม่วงหั่นชิ้นทั้งสองพันธุ์ อยู่ในช่วงของสีเหลือง ดัง Fig. 4.3b

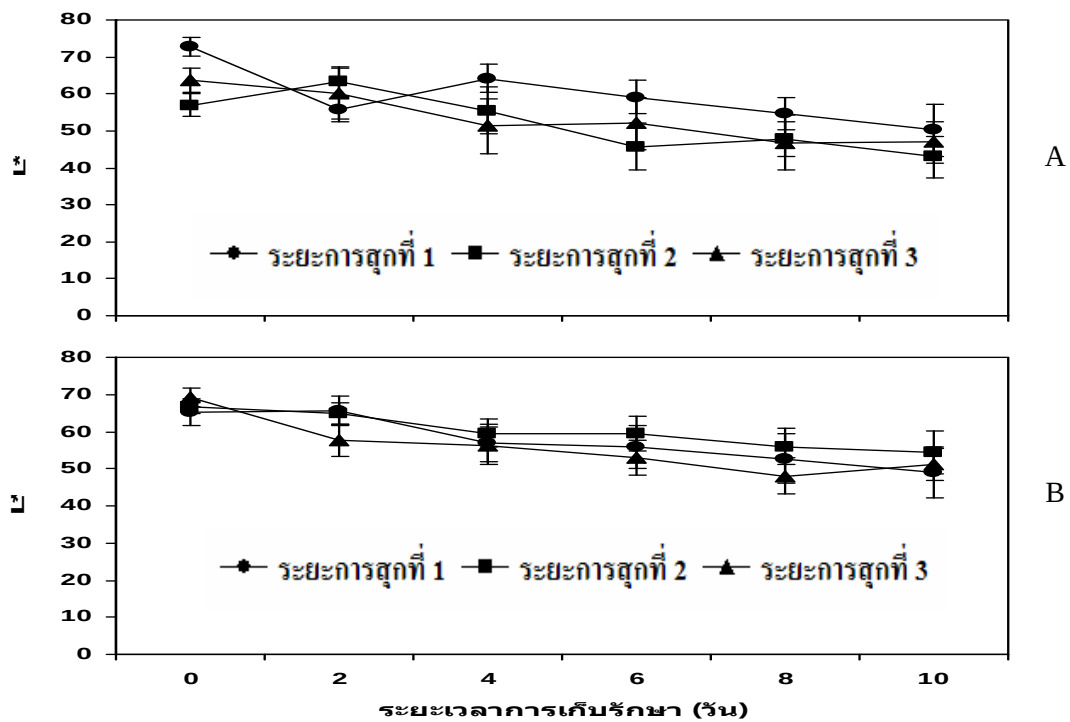


Figure 4.1: Changes in L* value of cut mango with 3 different ripening stages during storage at $4\pm1^{\circ}\text{C}$ for 10 days: (a) Chok Anan and (b) Maha Chanok mango

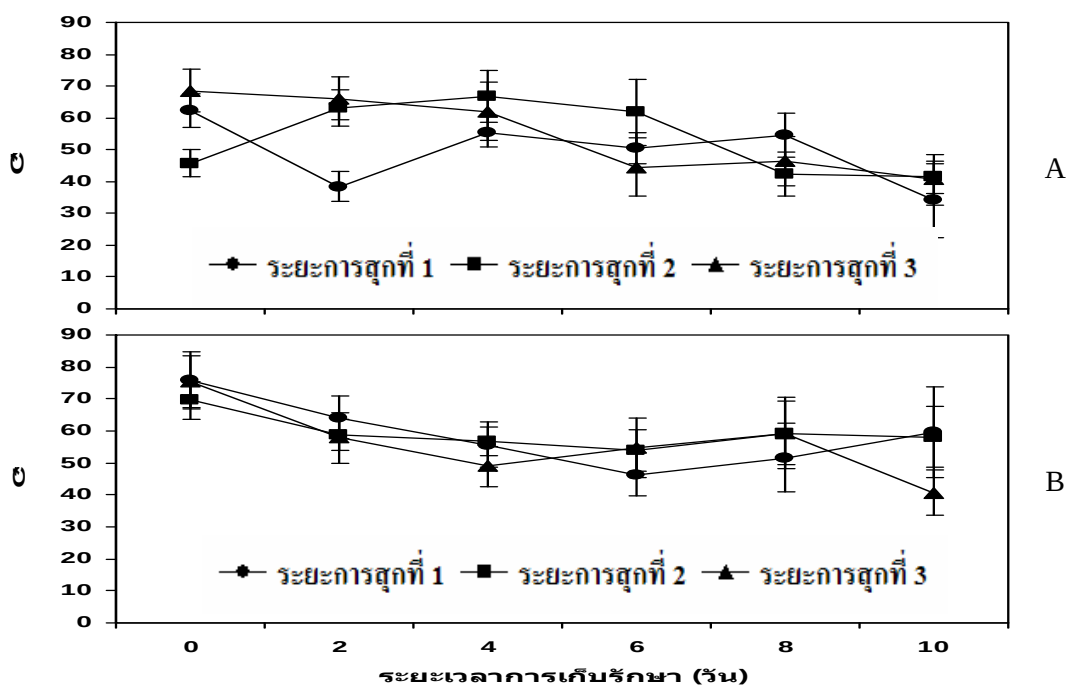


Figure 4.2: Changes in C* value of cut mango with 3 different ripening stages during storage at $4\pm1^{\circ}\text{C}$ for 10 days: (a) Chok Anan and (b) Maha Chanok mango

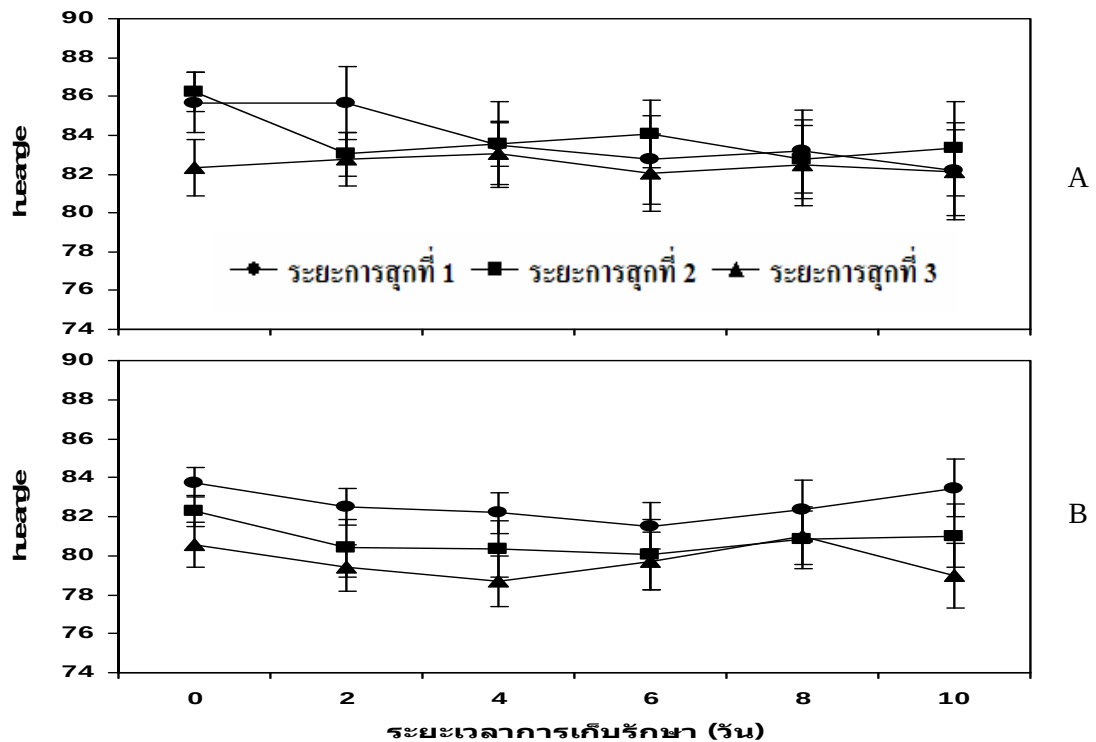


Figure 4.3: Changes in Hue angle value of cut mango with 3 different ripening stages during storage at $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ for 10 days: (a) Chok Anan and (b) Maha Chanok mango

1.2 การเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสของชิ้นเนื้อมะม่วง

เมื่อเก็บรักษาเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์โชคอนันต์ที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน พบว่าเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นของระยะการสุกที่ 1 มีค่าความแน่นเนื้อสูงที่สุด และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับความแน่นเนื้อของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นระยะการสุกที่ 2 และ 3 ตั้งแต่เริ่มทดลองจนถึงวันที่ 4 ของการเก็บรักษา แต่ความแน่นเนื้อของทุกระยะการสุกมีค่าใกล้เคียงกันภายหลังเก็บรักษาได้ 6 วันจนสิ้นสุดการทดลอง ดัง Fig. 4.4a ส่วนเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นที่ได้จากระยะการสุกที่ 3 ซึ่งมีค่าความแน่นเนื้อต่ำที่สุดค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาเก็บรักษา

ค่าความแน่นเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนกแต่ละระยะการสุกมีค่าค่อยๆ ลดลง โดยเฉพาะเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นที่มีระยะการสุกที่ 1 และ 2 ดัง Fig. 4.4b เมื่อนำค่าความแน่นเนื้อมาเปรียบเทียบกัน ในช่วง 6 วันแรกระหว่างการเก็บรักษา พบว่าความแน่นเนื้อของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นจากระยะการสุกที่ 1 และ 2 มีค่าความแน่นเนื้อสูงกว่าเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นที่มีระยะการสุกที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่ค่าความแน่นเนื้อของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นที่มีระยะการสุกที่ 2 จะค่อยๆ ลดลงและไม่แตกต่างจากค่าความแน่นเนื้อของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นที่มีระยะการสุกที่ 3 เมื่อสิ้นสุดระยะเวลาเก็บรักษา ในวันที่ 10 เนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นที่มีระยะการสุกที่ 1 มีค่าความแน่นเนื้อสูงที่สุด

1.3 เปรอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก

เนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นจากทุกระยะการสุกสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน ดัง Fig. 4.5a เมื่อเปรียบเทียบแต่ละระยะการสุก พบว่าเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์โชคอนันต์ ระยะการสุกที่ 1 สูญเสียน้ำหนักมากที่สุดและ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับ การสูญเสีย น้ำหนักของอีกสอง ระยะการสุก และเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนก ระยะการสุกที่ 1 และ 3 มีค่าใกล้เคียงกันตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา และมีค่าสูงกว่าเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นระยะการสุกที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ดัง Fig. 4.5b เมื่อเปรียบเทียบระหว่างระยะการสุก

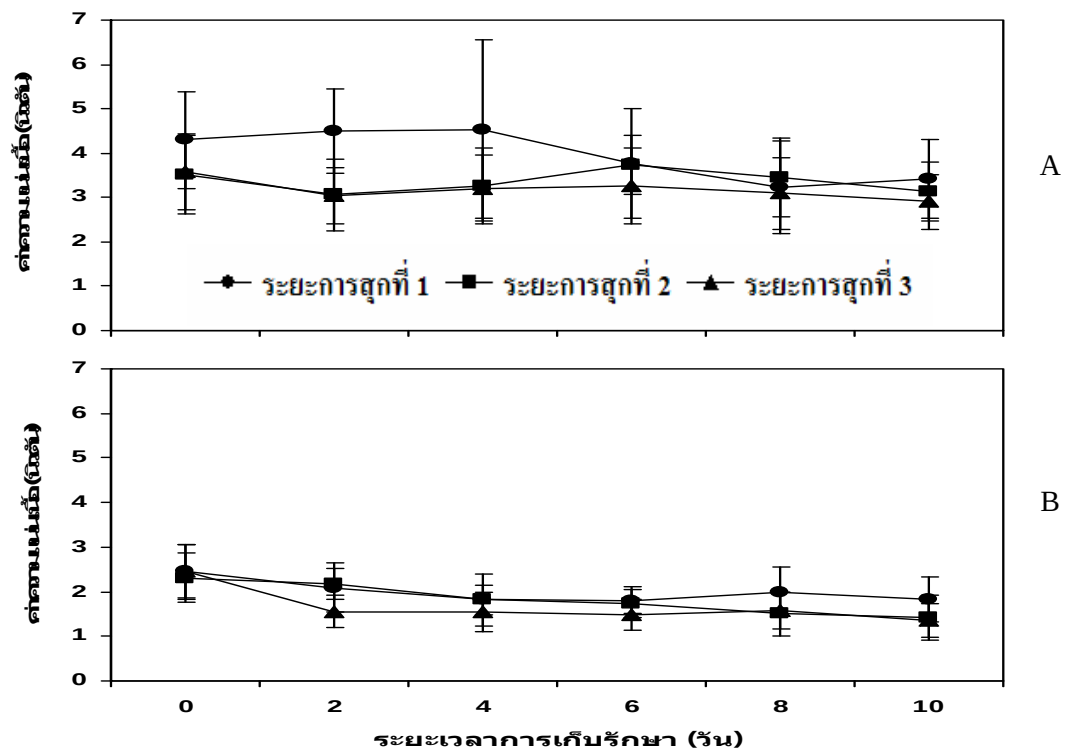


Figure 4.4: Changes in firmness of cut mango with 3 different ripening stages during storage at $4 \pm 1^{\circ}\text{C}$ for 10 days: (a) Chok Anan and (b) Maha Chanok mango

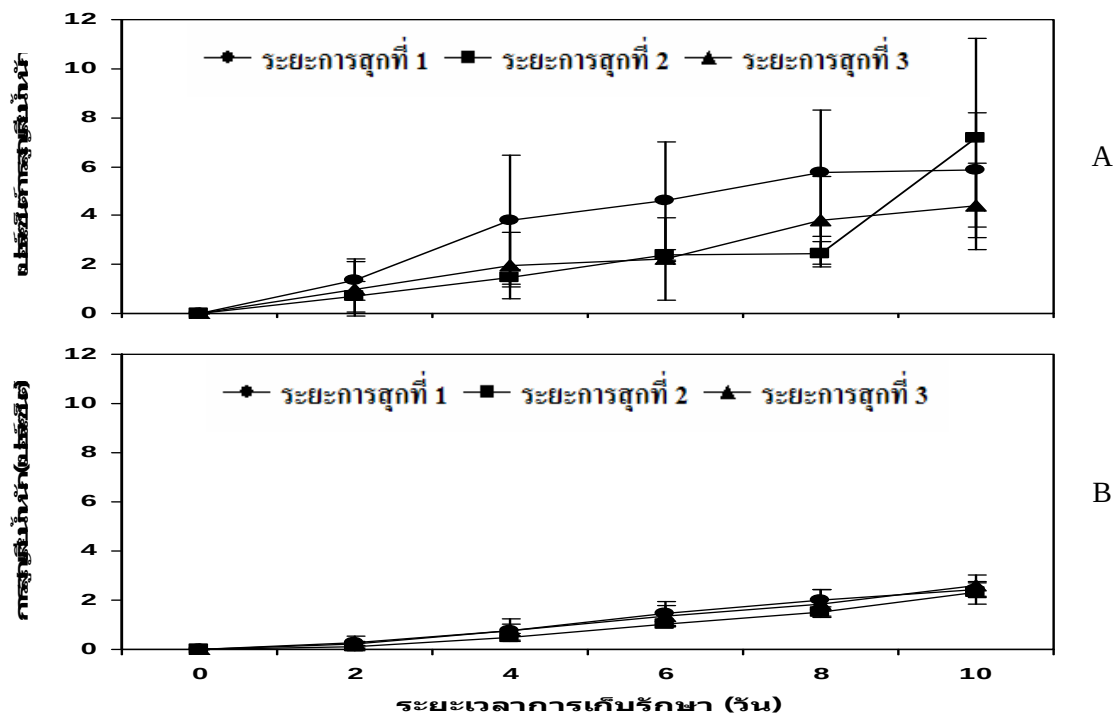


Figure 4.5: Changes in weight loss of cut mango with 3 different ripening stages during storage at $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ for 10 days: (a) Chok Anan and (b) Maha Chanok mango

1.4 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์โชคอนันต์ และมหาชนกในแต่ละระยะการสุก ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วันพบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของแต่ละระยะการสุกไม่เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ตลอดช่วงระยะเก็บรักษา Fig. 4.6a and b แต่เมื่อเปรียบเทียบระหว่างระยะการสุกที่ 1, 2 และ 3 พบว่าเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์โชคอนันต์ในช่วง 6 วันแรกของการเก็บรักษา ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้จากเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นที่มีระยะการสุกระยะที่ 1 และ 3 มีค่ามากกว่าเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นจากระยะการสุกที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนก ระยะการสุกที่ 3 มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงสุดเมื่อเก็บรักษาไว้ 4 วันและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของระยะการสุกที่ 1 และ 2 หลังจากนั้นปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นจากทุกระยะการสุกมีค่าใกล้เคียงกัน และไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) จนสิ้นสุดการทดลอง

1.5 ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้

เมื่อวัดปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ในรูปของกรดซิตริก ระหว่างการเก็บรักษาเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์โชคอนันต์และมหาชนก ที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน พบว่าปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นทั้ง 2 พันธุ์ในแต่ละระยะการสุกมีแนวโน้มคงที่ตั้งแต่เริ่มการทดลองจนสิ้นสุดการเก็บรักษา ดัง Fig. 4.7a and b ยกเว้นปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของเนื้อมะม่วงสุกในระยะการสุกที่ 1 ที่มีแนวโน้ม

ลดลงมากที่สุด แต่ มีปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้สูงที่สุดตลอดการเก็บรักษา และมีปริมาณสูงกว่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของเนื้อมะม่วงสุกในระยะการสุกที่ 2 และ 3 ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

1.6 ค่าพีเอช

เมื่อวัดค่าพีเอชของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์และมหาชนก ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน พบว่า ค่าพีเอชของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์ทั้ง 2 พันธุ์ ในแต่ละระยะการสุกมีค่าค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ดัง Fig. 4.8a and b เมื่อเปรียบเทียบระหว่างระยะการสุกพบว่าค่าพีเอชของเนื้อมะม่วงจากระยะการสุกที่ 1 มีค่าพีเอชต่ำที่สุด และค่าที่วัดได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับค่าพีเอชของเนื้อมะม่วงสุกจากระยะการสุกที่ 2 และ 3 โดยค่าพีเอชของเนื้อมะม่วงสุกจากระยะการสุกที่ 3 มีค่าสูงที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา และสูงกว่าระยะการการสุกที่ 2 และ 1 ตามลำดับ

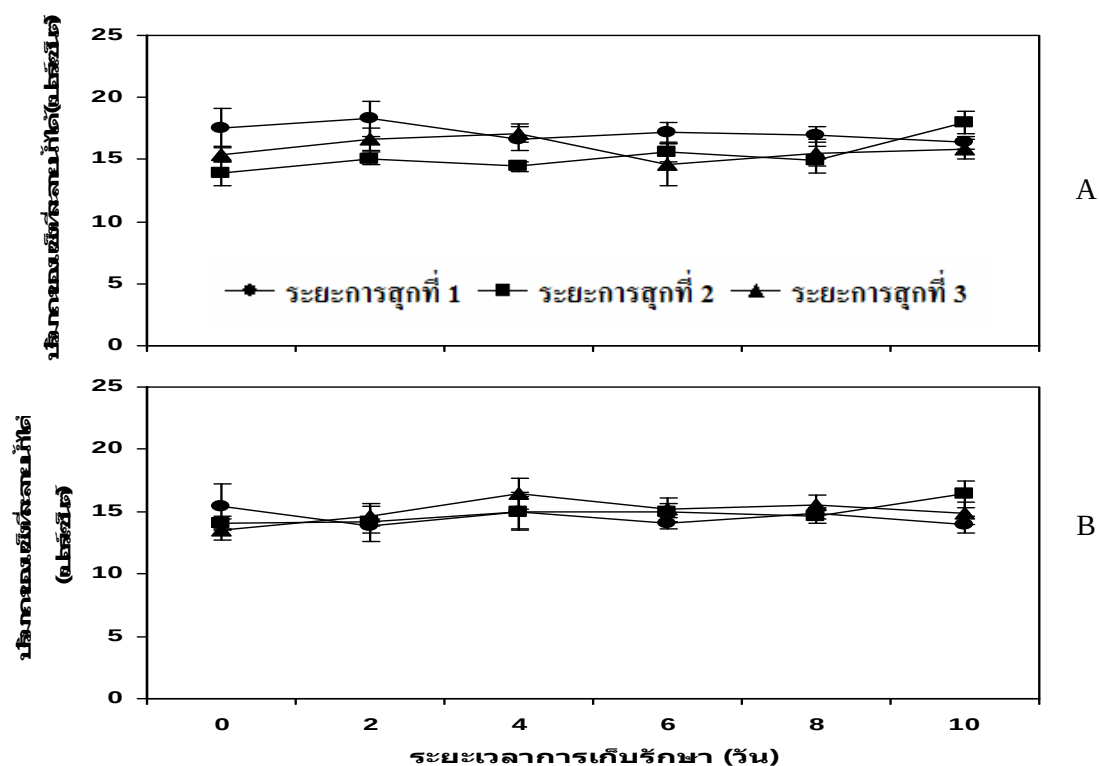


Figure 4.6: Changes in TSS value of cut mango with 3 different ripening stages during storage at $4 \pm 1^\circ\text{C}$ for 10 days: (a) Chok Anan and (b) Maha Chanok mango

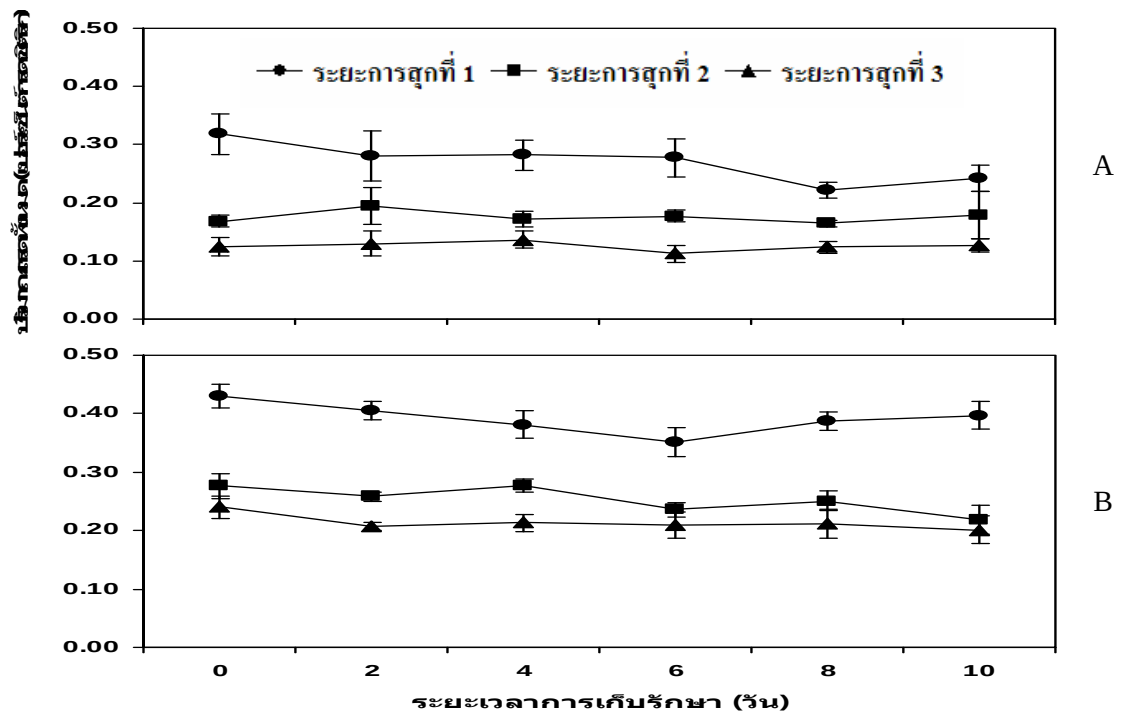


Figure 4.7: Changes in TA value of cut mango with 3 different ripening stages during storage at 4±1°C for 10 days: (a) Chok Anan and (b) Maha Chanok mango

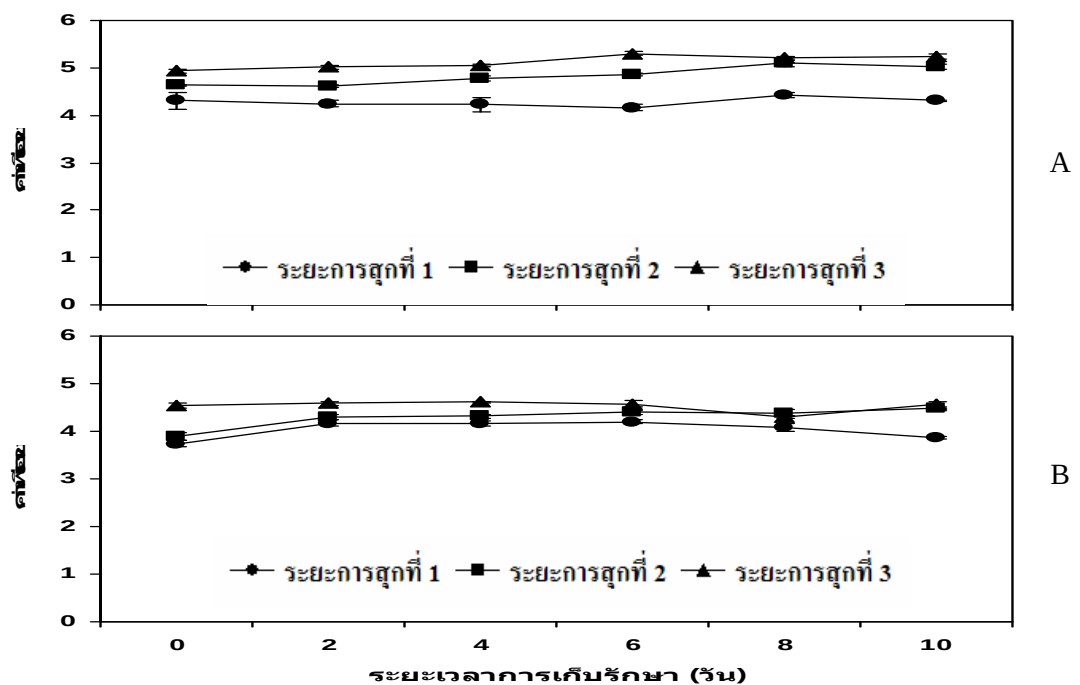


Figure 4.8: Changes in pH value of cut mango with 3 different ripening stages during storage at 4±1°C for 10 days: (a) Chok Anan and (b) Maha Chanok mango

2. การศึกษาประสิทธิภาพของสารเคมีที่ใช้เป็นสารฆ่าเชื้อ ในการลดจำนวนจุลินทรีย์ ที่เปลือกของมะม่วง ลิ้นจี่ และลำไยสด

มะม่วง

ผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ โชคอนันต์ และมหาชนกที่จุ่มในสารละลายกรดเพอร์ออกซีแอซิดิก มีจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดน้อยกว่า ผลมะม่วงที่จุ่มในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ น้ำประปา และผลมะม่วงชุดควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ตามลำดับ โดยผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ โชคอนันต์ และมหาชนก มีจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดเท่ากับ 2.87, 4.20 และ 4.75 log cfu/cm² ตามลำดับ ดัง Table 4.1

ผลการวิเคราะห์จำนวนยีสต์และราบนเปลือกผลมะม่วง พบว่าผลมะม่วงทั้ง 3 พันธุ์ที่จุ่มในสารละลายกรดเพอร์ออกซีแอซิดิก มีจำนวนยีสต์และราน้อยกว่า ผลมะม่วงที่จุ่มในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ และผลมะม่วงชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ตามลำดับ โดยจำนวนยีสต์และราที่เปลือกผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ โชคอนันต์และมหาชนก เท่ากับ 3.13, 4.43 และ 3.23 log cfu/cm² ตามลำดับ ดัง Table 4.1

Table 4.1 Number of microorganisms on mango peel treated with different type of sanitizers

พันธุ์มะม่วง	กรรมวิธี	จำนวนจุลินทรีย์ (log cfu/cm ²) ^{1/}	
		แบคทีเรียทั้งหมด	ยีสต์และรา
น้ำดอกไม้	ชุดควบคุม (ไม่ล้าง)	4.51a* ± 0.66	4.78a ± 0.55
	น้ำประปา 3 นาที	4.35a ± 0.62	4.89a ± 0.04
	PAA 100 มิลลิกรัมต่อลิตร 3 นาที	2.87b ± 0.23	3.13b ± 0.29
	NaOCl 200 มิลลิกรัมต่อลิตร 3 นาที	3.28b ± 0.08	4.16a ± 0.59
โชคอนันต์	ชุดควบคุม (ไม่ล้าง)	5.57a ± 0.22	5.81a ± 0.22
	น้ำประปา 3 นาที	4.84ab ± 0.30	4.85b ± 0.47
	PAA 100 มิลลิกรัมต่อลิตร 3 นาที	4.20b ± 0.78	4.43b ± 0.61
	NaOCl 200 มิลลิกรัมต่อลิตร 3 นาที	4.35b ± 0.34	4.54b ± 0.16
มหาชนก	ชุดควบคุม (ไม่ล้าง)	4.75a ± 0.25	4.90a ± 0.29
	น้ำประปา 3 นาที	4.20ab ± 0.57	4.25ab ± 0.46
	PAA 100 มิลลิกรัมต่อลิตร 3 นาที	3.17b ± 0.30	3.23b ± 0.31
	NaOCl 200 มิลลิกรัมต่อลิตร 3 นาที	3.69ab ± 1.11	3.75b ± 0.96

หมายเหตุ - 1/ ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
 - * ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันตามแนวตั้งหมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)

ลิ้นจี่

ผลการศึกษาประสิทธิภาพของสารฆ่าเชื้อ 2 ชนิด ได้แก่ สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ (NaOCl) ความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร pH 6.68 และสารละลายกรดเพอร์ออกซีแอซิดิก (PAA) ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร pH 2.72 อุณหภูมิของสารละลาย 4+1 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในการล้าง 3 นาที เปรียบเทียบ

กับการล้างด้วยน้ำประปา pH 7.17 และชุดควบคุมที่ไม่ได้ล้าง เพื่อลดปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นที่เปลือกผลลิ้นจี่สด จำนวน 3 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ฮงฮวย กิมเจง และจักรพรรดิ ได้ผลการทดลองแสดงใน Table 4.2

ผลลิ้นจี่ชุดการทดลองละ 5 ผล ที่ล้างด้วยสารฆ่าเชื้อชนิดต่างๆ เป็นระยะเวลา 3 นาที เมื่อนำมาตรวจหาจุลินทรีย์ทั้งหมด และยีสต์และรา พบว่าจำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้นของผลลิ้นจี่พันธุ์ ฮงฮวย กิมเจง และจักรพรรดิ มีจำนวน 3.74, 4.32 และ 4.28 log cfu g⁻¹ จำนวนยีสต์และราเริ่มต้นมีจำนวน 3.88, 4.28 และ 4.23 log cfu g⁻¹ ตามลำดับ จุลินทรีย์ที่พบในผลลิ้นจี่มักเป็นจำพวก *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp. และ *Rhizopus* sp. เป็นต้น (Jiang et al., 2003) การล้างผลลิ้นจี่ทั้ง 3 พันธุ์ด้วยน้ำประปาไม่สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด และยีสต์และราได้อย่างมีนัยสำคัญเมื่อ เปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่ได้ล้าง การล้างผลแคนตาลูป และฮันนี่ดิวเมลอน ด้วยน้ำประปา ลด จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด และยีสต์และราได้ < 0.5 log cfu g⁻¹ (Ukuku et al., 2005 : Ukuku et al., 2006) สอดคล้องกับการทดลองเบื้องต้น ดังนั้น การล้างผลลิ้นจี่ด้วยน้ำ 07 ไม่เพียงพอที่จะลดจำนวนจุลินทรีย์ได้เมื่อเปรียบเทียบกับผลลิ้นจี่ที่ไม่ล้างน้ำ น้ำที่ใช้ล้างควรมีการกำจัดน้ำส่วนเกินออก ด้วยวิธีการที่เหมาะสม หากตกค้างอยู่บนผลผลิตผลจะส่งเสริมให้จุลินทรีย์เจริญและเกิดการเน่าเสียได้ (จิ่งแพ่, 2549) การใช้สารฆ่าเชื้อที่มีประสิทธิภาพมีความจำเป็นเพื่อลดจำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้น และยืดอายุการเก็บรักษา

การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารฆ่าเชื้อ 2 ชนิด พบว่ามีประสิทธิภาพแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่ได้ล้างและการล้างด้วยน้ำ พบว่าสารละลายกรดเพอร์ออกซีแอซิดมีประสิทธิภาพในการลดจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด และยีสต์และราได้ดีที่สุดในผลลิ้นจี่ทั้ง 3 พันธุ์ โดยสามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในผลลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย กิมเจง และจักรพรรดิได้ 1.66, 1.96 และ 1.56 log cfu g⁻¹ และลดจำนวนยีสต์และราได้ 1.59, 1.97 และ 1.69 log cfu g⁻¹ ตามลำดับ รองลงมาคือ NaOCl ลดจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดได้ 1.32, 0.69 และ 0.97 log cfu g⁻¹ และลดจำนวนยีสต์และราได้ 1.14, 0.86 และ 1.17 log cfu g⁻¹ ตามลำดับ

ลำไย

เมื่อนำผลลำไยพันธุ์ตอและเบ๊ยวเขียวมาล้างด้วยสารฆ่าเชื้อ 2 ชนิดเป็นเวลา 3 นาทีพบว่า จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด เริ่มต้นของผลลำไยพันธุ์ตอ และเบ๊ยวเขียวมีจำนวนเท่ากับ 5.41 และ 4.55 log cfu g⁻¹ และยีสต์และรา มีจำนวนเท่ากับ 5.38 และ 4.53 log cfu g⁻¹ ตามลำดับ การล้างผลลำไยด้วยน้ำประปาทำให้มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด และยีสต์และราลดลงไม่แตกต่างกับชุดควบคุมอย่าง มีนัยสำคัญทางสถิติในพันธุ์ตอ ($p > 0.05$) ขณะที่พันธุ์เบ๊ยวเขียวการล้างผลลำไยด้วยน้ำประปาส่งผล ให้มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มมากขึ้น แสดงว่าการล้างผลลำไยสดด้วยน้ำประปาไม่เพียงพอ ต่อการลดจำนวนจุลินทรีย์และยีสต์และรา การที่เพิ่มขึ้นอาจเนื่องจากการปนเปื้อนข้ามระหว่างผลลำไยขณะล้างได้

Table 4.2 Number of microorganisms on lychee peel treated with different type of sanitizers

พันธุ์ลิ้นจี่	กรรมวิธี	จำนวนจุลินทรีย์ (log cfu/g)1/	
		แบคทีเรียทั้งหมด	ยีสต์และรา
ฮงฮวย	ชุดควบคุม (ไม่ล้าง)	3.74 A + 0.41	3.88 A + 0.33
	น้ำประปา 3 นาที	3.30 B + 0.10	3.87 B + 0.32
	PAA 100 มิลลิกรัมต่อลิตร 3 นาที	2.08 D+ 0.07	2.29 D + 0.11
	NaOCl 200 มิลลิกรัมต่อลิตร 3 นาที	2.41 C + 0.24	2.74 C + 0.12
กิมเจง	ชุดควบคุม (ไม่ล้าง)	4.32 A + 0.08	4.28 A + 0.13
	น้ำประปา 3 นาที	4.09 B + 0.12	4.03 B + 0.15
	PAA 100 มิลลิกรัมต่อลิตร 3 นาที	2.37 D + 0.24	2.31 D + 0.21
	NaOCl 200 มิลลิกรัมต่อลิตร 3 นาที	3.64 C + 0.02	3.43 C + 0.03
จักรพรรดิ	ชุดควบคุม (ไม่ล้าง)	4.28 A + 0.04	4.23 A + 0.02
	น้ำประปา 3 นาที	4.23 B + 0.06	4.19 B + 0.19
	PAA 100 มิลลิกรัมต่อลิตร 3 นาที	2.73 D + 0.06	2.54 D + 0.02
	NaOCl 200 มิลลิกรัมต่อลิตร 3 นาที	3.32 C + 0.13	3.07 C + 0.15

หมายเหตุ - 1/ ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็น ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
 - * ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันตามแนวตั้งหมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)

Table 4.3 Number of microorganisms on longan peel treated with different type of sanitizers

พันธุ์ลำไย	กรรมวิธี	จำนวนจุลินทรีย์ (log cfu/g)1/	
		แบคทีเรียทั้งหมด	ยีสต์และรา
ดอ	ชุดควบคุม (ไม่ล้าง)	5.41 + 0.08 A	5.38 + 0.13 A
	น้ำประปา 3 นาที	5.48 + 0.08 A	5.45 + 0.07 A
	PAA 100 มิลลิกรัมต่อลิตร 3 นาที	3.16 + 0.41 C	3.34 + 0.13 C
	NaOCl 200 มิลลิกรัมต่อลิตร 3 นาที	3.60 + 0.15 B	3.73 + 0.19 B
เบี้ยวเขียว	ชุดควบคุม (ไม่ล้าง)	4.55 + 0.12 B	4.53 + 0.11 B
	น้ำประปา 3 นาที	5.14 + 0.16 A	5.06 + 0.13 A
	PAA 100 มิลลิกรัมต่อลิตร 3 นาที	2.84 + 0.24 D	2.61 + 0.11 D
	NaOCl 200 มิลลิกรัมต่อลิตร 3 นาที	3.10 + 0.23 C	2.91 + 0.20 C

หมายเหตุ - 1/ ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็น ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
 - * ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันตามแนวตั้งหมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)

ผลการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารละลายกรดเพอร์ออกซีแอซิดิก ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร pH 3.01 และสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ ความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร pH 6.67 พบว่าสามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ลงได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม โดยสารละลายกรดเพอร์ออกซีแอซิดิกมีประสิทธิภาพดีที่สุดในการลดจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด และยีสต์และรา โดยในผลลำไยพันธุ์ดอสามารถลดได้ 2.25 และ 2.04 log cfu g-1 และพันธุ์เปี้ยวเขียวลดได้ 1.61 และ 1.92 log cfu g-1ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม รองลงมาคือ NaOCl ลดจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด และยีสต์และราในผลลำไยพันธุ์ดอได้ 1.81 และ 1.65 log cfu g-1 และพันธุ์เปี้ยวเขียวลดได้ 1.45 และ 1.62 log cfu g-1ตามลำดับ

3. การศึกษาระดับความเข้มข้นของสารฆ่าเชื้อและระยะเวลาที่เหมาะสมในการลดจำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้นที่เปลือกของผลมะม่วง ลิ้นจี่และลำไย

มะม่วง

ผลการศึกษาชนิดของสารฆ่าเชื้อที่เหมาะสมในการลดจำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้นที่เปลือกของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ โชคอนันต์ และมหาชนก พบว่าสารละลายกรดเพอร์ออกซีแอซิดิกเป็น สารฆ่าเชื้อที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด ดังนั้นจึงใช้สารละลายกรดเพอร์ออกซีแอซิดิกในการศึกษาระดับความเข้มข้นของสารฆ่าเชื้อ และระยะเวลาที่เหมาะสมในการจุ่ม เพื่อลดจำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้นที่เปลือกของผลมะม่วง โดยการจุ่มผลมะม่วงลงในสารละลายกรดเพอร์ออกซีแอซิดิก ความเข้มข้น 100, 150 หรือ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 3 หรือ 5 นาที ตามลำดับ และนำมาวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ที่เหลืออยู่บนเปลือกของผลมะม่วง ได้ผลการทดลองดังใน Table 4.4 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ผลมะม่วงทั้ง 3 พันธุ์ที่จุ่มในสารละลายกรดเพอร์ออกซีแอซิดิก ความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 5 นาที มีจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดที่เปลือกน้อยที่สุด โดยผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่จุ่มด้วยสารละลายที่มีความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 5 นาที มีจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดมากกว่าผลที่จุ่มด้วยสารละลายที่มีความเข้มข้น 150 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ส่วนผลมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ และมหาชนกที่จุ่มด้วยสารละลายกรดเพอร์ออกซีแอซิดิกความเข้มข้น 100, 150 และ 200 มิลลิกรัม เป็นเวลา 3 และ 5 นาที มีจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จำนวนยีสต์และราที่เปลือกของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ โชคอนันต์และมหาชนก ที่จุ่มในสารละลายกรดเพอร์ออกซีแอซิดิก ความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 5 นาที มีจำนวนยีสต์และราน้อยที่สุด 3.01, 2.99 และ 3.13 log cfu/cm2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับผลมะม่วงชุดควบคุม (ไม่ล้าง) รองลงมา คือ ผลมะม่วงที่จุ่มด้วยสารละลายกรดเพอร์ออกซีแอซิดิก ความเข้มข้น 150 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 5 นาที

ลิ้นจี่

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าการล้างผลลิ้นจี่ทั้ง 3 พันธุ์ด้วย PAA ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพในการลดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้น และยีสต์และราได้ดีที่สุด จึงได้นำ PAA มาทดลองเพื่อหาความเข้มข้นและระยะเวลาในการแช่สารฆ่าเชื้อที่เหมาะสมเพื่อลดปริมาณจุลินทรีย์ที่เปลือกผลลิ้นจี่สด โดยผันแปรความเข้มข้นของสารฆ่าเชื้อเป็น 2 ระดับ คือ 100 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร และผันแปรระยะเวลาในการแช่ผลลิ้นจี่เป็น 2 ระดับ คือ 3 และ 5 นาที ได้ผลการทดลองแสดงใน Table 4.5

Table 4.4 Number of microorganisms on mango peel treated with peroxy acetic acid solution at different concentrations and soaking times

พันธุ์มะม่วง	กรรมวิธี	จำนวนจุลินทรีย์ (log cfu/cm ²) ^{1/}	
		แบคทีเรียทั้งหมด	ยีสต์และรา
น้ำดอกไม้	ชุดควบคุม (ไม่ล้าง)	4.80a* ± 0.07	4.87a ± 0.12
	PAA 100 มิลลิกรัมต่อลิตร 3 นาที	3.57b ± 0.20	4.20b ± 0.18
	PAA 150 มิลลิกรัมต่อลิตร 3 นาที	3.11c ± 0.36	3.57c ± 0.25
	PAA 200 มิลลิกรัมต่อลิตร 3 นาที	3.27bc ± 0.33	3.60c ± 0.20
	PAA 100 มิลลิกรัมต่อลิตร 5 นาที	3.13bc ± 0.26	3.31cd ± 0.16
	PAA 150 มิลลิกรัมต่อลิตร 5 นาที	2.47d ± 0.14	3.25cd ± 0.20
	PAA 200 มิลลิกรัมต่อลิตร 5 นาที	2.11d ± 0.27	3.01d ± 0.38
โชคอนันต์	ชุดควบคุม (ไม่ล้าง)	4.98a ± 0.25	5.05a ± 0.19
	PAA 100 มิลลิกรัมต่อลิตร 3 นาที	3.56b ± 0.37	3.66b ± 0.45
	PAA 150 มิลลิกรัมต่อลิตร 3 นาที	3.27b ± 0.35	3.61b ± 0.06
	PAA 200 มิลลิกรัมต่อลิตร 3 นาที	3.26b ± 0.67	2.98c ± 0.41
	PAA 100 มิลลิกรัมต่อลิตร 5 นาที	3.44b ± 0.28	3.61b ± 0.34
	PAA 150 มิลลิกรัมต่อลิตร 5 นาที	3.21b ± 0.25	3.03c ± 0.41
	PAA 200 มิลลิกรัมต่อลิตร 5 นาที	2.98b ± 0.14	2.99c ± 0.24
มหาชนก	ชุดควบคุม (ไม่ล้าง)	4.65a ± 0.69	4.87a ± 0.56
	PAA 100 มิลลิกรัมต่อลิตร 3 นาที	3.49b ± 0.39	3.70b ± 0.10
	PAA 150 มิลลิกรัมต่อลิตร 3 นาที	3.35b ± 0.11	3.63b ± 0.14
	PAA 200 มิลลิกรัมต่อลิตร 3 นาที	3.30b ± 0.30	3.30bc ± 0.26
	PAA 100 มิลลิกรัมต่อลิตร 5 นาที	3.36b ± 0.23	3.60b ± 0.08
	PAA 150 มิลลิกรัมต่อลิตร 5 นาที	3.28b ± 0.25	3.13c ± 0.18
	PAA 200 มิลลิกรัมต่อลิตร 5 นาที	3.21b ± 0.13	3.13c ± 0.09
หมายเหตุ	- 1/ ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน - * ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันตามแนวตั้งหมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$)		

การล้างผลล้นจีทั้ง 3 พันธุ์ ด้วย PAA ในทุกชุดการทดลองมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด และยีสต์และราน้อยกว่าชุดควบคุม แสดงให้เห็นว่าเซลล์จุลินทรีย์ที่เปลือกผลล้นจีได้ถูกฆ่าหรือกำจัดออกไป ที่ระดับความเข้มข้นเดียวกัน การล้างผลล้นจีทั้ง 3 พันธุ์ด้วย PAA ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 5 นาที สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด และยีสต์และรา ได้มากกว่า 3 นาทีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยลดจำนวนจุลินทรีย์ดังกล่าวได้เพิ่มขึ้น $> 0.5 \log \text{ cfu g}^{-1}$ การล้างด้วย PAA ความเข้มข้น 100 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 5 นาที ไม่มีความแตกต่างของจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด และยีสต์และราอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยลดจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในผลล้นจีพันธุ์ฮงฮวย กิมเจง และจักรพรรดิได้ 2.08, 2.50, 2.13 log cfu

g-1 และ 2.28, 2.61, 2.14 log cfu g-1 เมื่อล้างผลลิ้นจี่ที่ความเข้มข้น 100 และ 200 mL-1 เป็นเวลา 5 นาที ตามลำดับ และลดจำนวนยีสต์และราได้ 2.46, 2.40, 1.88 log cfu g-1 และ 2.54, 2.60, 1.82 log cfu g-1 เมื่อล้างผลลิ้นจี่ที่ความเข้มข้น 100 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 5 นาที ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ระดับความเข้มข้นร่วมกับระยะเวลาส่งผลต่อจำนวนจุลินทรีย์ ทั้งหมดที่ลดลงในผลลิ้นจี่ทั้ง 3 พันธุ์ และจำนวนยีสต์และราในผลลิ้นจี่พันธุ์กิมเจงและจักรพรรดิ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยการใช้ PAA ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 5 นาที สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด และยีสต์และราได้มากที่สุด อย่างไรก็ตาม การใช้ PAA ความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 5 นาทีลดจำนวนยีสต์และราในผลลิ้นจี่พันธุ์ฮวงฮวยได้มากที่สุด แต่ไม่มีความแตกต่างกับการใช้ที่ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 5 นาที การใช้สารฆ่าเชื้อที่ระดับความเข้มข้นต่ำและระยะเวลาในการสัมผัสนานเป็น สิ่งที่เหมาะสม โดยจะไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตผล และมีประสิทธิภาพในการกำจัดจุลินทรีย์ได้ดีที่สุด (Ruiz-Cruz et al., 2006) ดังนั้นชุดการทดลองที่สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด และยีสต์และราได้มากที่สุดคือ การใช้ PAA ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 5 นาที โดยลดจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดได้ 2.08, 2.40 และ 2.13 log cfu g-1 และยีสต์และราลดได้ 2.46, 2.40 และ 1.88 log cfu g-1 ตามลำดับ เมื่อล้างผลลิ้นจี่พันธุ์ฮวงฮวย กิมเจง และจักรพรรดิ

Table 4.5 Number of microorganisms on lychee peel treated with peroxy acetic acid solution at different concentrations and soaking times

พันธุ์ลิ้นจี่	กรรมวิธี	จำนวนจุลินทรีย์ (log cfu/g)1/	
		แบคทีเรียทั้งหมด	ยีสต์และรา
ฮวงฮวย	ชุดควบคุม (ไม่ล้าง)	4.45 A + 0.06	4.44 A + 0.03
	PAA 100 มิลลิกรัมต่อลิตร 3 นาที	3.01 B + 0.08	2.85 B + 0.24
	PAA 200 มิลลิกรัมต่อลิตร 3 นาที	2.51 C + 0.12	2.47 C + 0.11
	PAA 100 มิลลิกรัมต่อลิตร 5 นาที	2.37 D + 0.16	1.97 D + 0.32
	PAA 200 มิลลิกรัมต่อลิตร 5 นาที	2.17 D + 0.16	1.90 D + 0.24
กิมเจง	ชุดควบคุม (ไม่ล้าง)	4.40 A + 0.06	4.22 A + 0.06
	PAA 100 มิลลิกรัมต่อลิตร 3 นาที	2.53 B + 0.19	2.27 B + 0.11
	PAA 200 มิลลิกรัมต่อลิตร 3 นาที	1.78 C + 0.29	1.59 C + 0.22
	PAA 100 มิลลิกรัมต่อลิตร 5 นาที	1.89 C + 0.28	1.82 C + 0.35
	PAA 200 มิลลิกรัมต่อลิตร 5 นาที	1.78 C + 0.38	1.62 C + 0.37
จักรพรรดิ	ชุดควบคุม (ไม่ล้าง)	4.76 A + 0.10	4.23 A + 0.07
	PAA 100 มิลลิกรัมต่อลิตร 3 นาที	3.37 B + 0.25	3.04 B + 0.17
	PAA 200 มิลลิกรัมต่อลิตร 3 นาที	2.49 C + 0.24	2.34 C + 0.24
	PAA 100 มิลลิกรัมต่อลิตร 5 นาที	2.63 C + 0.27	2.35 C + 0.22
	PAA 200 มิลลิกรัมต่อลิตร 5 นาที	2.62 C + 0.23	2.41 C + 0.06

หมายเหตุ - 1/ ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็น ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
 - * ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันตามแนวตั้งหมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$)

4. การศึกษานิตของสารฆ่าเชื้อที่เหมาะสมสำหรับการลดจำนวนจุลินทรีย์ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้น เนื้อลิ้นจี่ และเนื้อลำไย

มะม่วง

ผลการศึกษานิตของสารฆ่าเชื้อสำหรับการลดจำนวนจุลินทรีย์ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์น้ำดอกไม้ โชคอนันต์และมหาชนก โดยจุ่มผลมะม่วงสุกด้วยสารละลายกรดเพอร์ออกซีแอซิด-ดิก ความเข้มข้น 150 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 5 นาที ก่อนปอกเปลือก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน พบว่า สารละลายไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ ความเข้มข้น 2.5 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพในการควบคุมจำนวนจุลินทรีย์ที่เนื้อมะม่วงสุกทั้ง 3 พันธุ์ ได้ดีที่สุด รองลงมาคือ สารละลายกรดเพอร์ออกซีแอซิดดิก ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร และสารละลายกรดซิตริก 0.1 โมลต่อลิตร มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกัน ดัง Table 4.6

Table 4.6 Number of microorganisms in mango pulp treated with different type of sanitizers on day 7 of storage at $10 \pm 1^{\circ}\text{C}$

พันธุ์มะม่วง	กรรมวิธี	จำนวนจุลินทรีย์ (log cfu/g)1/	
		แบคทีเรียทั้งหมด	ยีสต์และรา
น้ำดอกไม้	ชุดควบคุม 1 (ไม่ล้างทั้งเปลือกและเนื้อ)	$4.04a \pm 0.60$	$4.10a \pm 0.47$
	ชุดควบคุม 2 (ล้างเปลือกแต่ไม่ล้างเนื้อ)	$3.45ab \pm 0.33$	$3.68ab \pm 0.11$
	NaOCl 100 มิลลิกรัมต่อลิตร 1 นาที	$3.51ab \pm 0.29$	$3.82ab \pm 0.31$
	PAA 50 มิลลิกรัมต่อลิตร 1 นาที	$3.08b \pm 0.98$	$2.52c \pm 0.46$
	H ₂ O ₂ 2.5% 1 นาที	$1.25c \pm 0.85$	$1.39d \pm 0.55$
	Citric acid 0.1 โมลต่อลิตร 1 นาที	$2.95b \pm 0.51$	$3.62b \pm 0.13$
โชคอนันต์	ชุดควบคุม 1 (ไม่ล้างทั้งเปลือกและเนื้อ)	$4.11a \pm 0.19$	$4.25a \pm 0.23$
	ชุดควบคุม 2 (ล้างเปลือกแต่ไม่ล้างเนื้อ)	$3.96ab \pm 0.25$	$3.96abc \pm 0.18$
	NaOCl 100 มิลลิกรัมต่อลิตร 1 นาที	$3.65b \pm 0.18$	$3.61c \pm 0.32$
	PAA 50 มิลลิกรัมต่อลิตร 1 นาที	$3.03c \pm 0.70$	$3.03d \pm 0.46$
	H ₂ O ₂ 2.5% 1 นาที	$1.94d \pm 0.26$	$2.54e \pm 0.34$
	Citric acid 0.1 โมลต่อลิตร 1 นาที	$3.72ab \pm 0.16$	$3.80bc \pm 0.20$
มหาชนก	ชุดควบคุม 1 (ไม่ล้างทั้งเปลือกและเนื้อ)	$4.34a \pm 0.18$	$4.21a \pm 0.09$
	ชุดควบคุม 2 (ล้างเปลือกแต่ไม่ล้างเนื้อ)	$3.50b \pm 0.19$	$4.06ab \pm 0.08$
	NaOCl 100 มิลลิกรัมต่อลิตร 1 นาที	$3.27b \pm 0.23$	$3.85bc \pm 0.15$
	PAA 50 มิลลิกรัมต่อลิตร 1 นาที	$2.36c \pm 0.36$	$3.71c \pm 0.12$
	H ₂ O ₂ 2.5% 1 นาที	$1.94d \pm 0.37$	$2.95d \pm 0.41$
	Citric acid 0.1 โมลต่อลิตร 1 นาที	$2.45c \pm 0.27$	$3.90bc \pm 0.16$

หมายเหตุ - 1/ ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็น ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

- * ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันตามแนวตั้งหมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)

ลิ้นจี่

ผลการศึกษาประสิทธิภาพของสารฆ่าเชื้อ 3 ชนิด ได้แก่ NaOCl ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร pH 6.65 และ PAA ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร pH 3.68 อุณหภูมิของสารละลาย 4 + 1 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในการล้าง 3 นาที เปรียบเทียบกับการล้างด้วยน้ำประปา pH 7.52 และชุดควบคุมที่ไม่ได้ล้าง เพื่อลดปริมาณจุลินทรีย์ที่เนื้อลิ้นจี่สดจำนวน 3 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ฮงฮวย กิมเจง และจักรพรรดิ โดยก่อนทำการทดลองล้างเปลือกผลลิ้นจี่ด้วย PAA ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นควั่นเมล็ดและเปลือกออก นำเนื้อลิ้นจี่มาแช่ในสารฆ่าเชื้อชนิดต่างๆ ได้ผลการทดลองดังแสดงใน Table 4.7

จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด และยีสต์และราในเนื้อลิ้นจี่สดพันธุ์ฮงฮวย กิมเจง และจักรพรรดิ ในชุดควบคุมมีจำนวน 3.81, 4.13, 4.40 log cfu g⁻¹ และ 3.84, 3.94, 4.06 log cfu g⁻¹ ตามลำดับ ในขณะที่การล้างด้วยน้ำส่งผลให้จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด และยีสต์และราไม่แตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) จุลินทรีย์ที่พบในเนื้อลิ้นจี่สดดังกล่าว มาจากการปนเปื้อนจากเปลือกและอากาศในระหว่างการควั่นเมล็ด หรือน้ำที่ใช้ล้างประสิทธิภาพของสารฆ่าเชื้อ 2 ชนิดที่ใช้ในการศึกษามีความแตกต่างกับชุดควบคุมและการล้างน้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดย PAA มีประสิทธิภาพดีที่สุดในการลดจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด และยีสต์และรา ในเนื้อลิ้นจี่ทั้ง 3 พันธุ์ โดยสามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด และยีสต์และรา ในเนื้อลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย กิมเจง และจักรพรรดิ ได้ 1.58, 1.93, 1.22 log cfu g⁻¹ และ 1.84, 2.25, 0.96 log cfu g⁻¹ ตามลำดับ รองลงมาคือ NaOCl ลดจำนวนจุลินทรีย์ดังกล่าวได้ 1.26, 1.49, 0.71 log cfu g⁻¹ และ 1.50, 1.49, 0.63 log cfu g⁻¹ ตามลำดับ

แม้ว่า NaOCl ซึ่งเป็นสารประกอบคลอรีนจะมีประสิทธิภาพในการยับยั้งหรือกำจัดจุลินทรีย์ อย่างไรก็ดีตามประสิทธิภาพมีข้อจำกัดโดยสารประกอบอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำ จะทำให้ ประสิทธิภาพลดลง สารอินทรีย์ที่พบอาจอยู่ในน้ำที่ใช้ล้าง หรือจากเซลล์ของผลไม้ที่ถูกหั่นชิ้น (Rivera, 2005) ทำให้ค่า pH ของ NaOCl เปลี่ยนไปปกติค่า pH ที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วง 6.0–7.5 เป็นช่วง pH ที่จะมีคลอรีนที่อยู่ในรูปของกรดไฮโปคลอรัสที่ไม่แตกตัว ซึ่งเป็นรูปที่มีประสิทธิภาพในการทำลายจุลินทรีย์ หากค่า pH สูงกว่า 7.5 จะส่งผลให้คลอรีนส่วนใหญ่อยู่ในรูปของไฮโปคลอไรต์ (OCI-) ที่ไม่มีประสิทธิภาพในการทำลายจุลินทรีย์ (Zagory, 1999)

สำหรับเนื้อลิ้นจี่มีลักษณะเนื้อหนา ฉ่ำน้ำสูง ส่งผลให้ขณะควั่นเมล็ดมีของเหลวจากเซลล์ไหลออกมามาก ซึ่งเป็นสารประกอบอินทรีย์หลายชนิดและเป็นสารอาหารที่ดีต่อการเจริญของจุลินทรีย์ ผลการศึกษาล้างแครอทหั่นชิ้น พบว่าการใช้ NaOCl ที่ความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพในการยับยั้ง *Escherichia coli* 0157 : H7, *Salmonella* spp. และ *Listeria monocytogenes* ได้น้อยกว่า PAA ความเข้มข้น 40 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อใช้ในน้ำที่ผ่านการใช้ซ้ำซึ่งลดจำนวนจุลินทรีย์ได้เพียง 0.5–1 log cfu g⁻¹ ขณะที่การใช้ในน้ำประปาสามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ได้ ถึง 2–3 log cfu g⁻¹ และมีประสิทธิภาพในการยับยั้งจุลินทรีย์ดีกว่า PAA (Ruiz-Cruz et al., 2006)

ลำไย

หลังจากล้างผลลำไยด้วย PAA ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 3 นาที จากนั้นนำเนื้อลำไยแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 1% เป็นเวลา 5 นาที แล้วล้างด้วยสารฆ่าเชื้อ 2 ชนิด ได้แก่ PAA ความ

เข้มข้น 50 mL.L-1 pH 3.57 และ NaOCl ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร pH 6.67 เป็นเวลา 3 นาที พบว่า ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในเนื้อลำไยชุดควบคุมที่ไม่ได้ล้าง พันธุ์ดอและเบี้ยวเขียวมีจำนวนเท่ากับ 5.40 และ 3.81 ตามลำดับ และยีสต์และรา มีจำนวนเท่ากับ 5.30 และ 3.61 ตามลำดับ ซึ่งจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดและยีสต์และรา ดังกล่าวมีจำนวนไม่แตกต่างกับการล้างเนื้อลำไยด้วยน้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

Table 4.7 Number of microorganisms in lychee pulp treated with different type of sanitizers on day 6 of storage at $4 \pm 1^{\circ}\text{C}$

พันธุ์ลำไย	กรรมวิธี	จำนวนจุลินทรีย์ (log cfu/g)1/	
		แบคทีเรียทั้งหมด	ยีสต์และรา
ฮงฮวย	ชุดควบคุม (ไม่ล้างทั้งเปลือกและเนื้อ)	3.81 A + 0.13	3.84 A + 0.08
	ล้างน้ำ	3.84 A + 0.11	3.72 A + 0.17
	PAA 50 มิลลิกรัมต่อลิตร 3 นาที	2.23 C + 0.08	2.00 C + 0.10
	NaOCl 50 มิลลิกรัมต่อลิตร 3 นาที	2.55 B + 0.08	2.33 B + 0.06
กิมเจง	ชุดควบคุม (ไม่ล้างทั้งเปลือกและเนื้อ)	4.13 A + 0.09	3.94 A + 0.10
	ล้างน้ำ	4.16 A + 0.04	3.75 B + 0.09
	PAA 50 มิลลิกรัมต่อลิตร 3 นาที	2.21 C + 0.05	1.69 D + 0.10
	NaOCl 50 มิลลิกรัมต่อลิตร 3 นาที	2.64 B + 0.26	2.45 C + 0.11
จักรพรรดิ	ชุดควบคุม (ไม่ล้างทั้งเปลือกและเนื้อ)	4.40 A + 0.11	4.06 A + 0.14
	ล้างน้ำ	3.95 B + 0.13	4.04 A + 0.12
	PAA 50 มิลลิกรัมต่อลิตร 3 นาที	2.18 D + 0.29	2.10 C + 0.10
	NaOCl 50 มิลลิกรัมต่อลิตร 3 นาที	2.69 C + 0.05	2.43 B + 0.10
หมายเหตุ	- 1/ ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็น ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน - * ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันตามแนวตั้งหมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)		

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของ PAA และ NaOCl พบว่าสารฆ่าเชื้อทั้งสองชนิดสามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ลงได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม โดย PAA มีประสิทธิภาพดีที่สุดในการลดจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด และยีสต์และรา โดยในลำไยพันธุ์ดอลดได้ 2.13 และ 1.99 ตามลำดับ และพันธุ์เบี้ยวเขียวลดได้ 1.15 และ 0.85 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม รองลงมาคือ NaOCl ลดจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด และยีสต์และราในผลลำไยพันธุ์ดอได้ 1.07 และ 0.92 ตามลำดับ และพันธุ์เบี้ยวเขียวลดได้ 0.71 และ 0.44 ตามลำดับ

Table 4.8 Number of microorganisms in longan pulp treated with different type of sanitizers on day 6 of storage at $4\pm 1^{\circ}\text{C}$

พันธุ์ลำไย	กรรมวิธี	จำนวนจุลินทรีย์ (log cfu/g)1/	
		แบคทีเรียทั้งหมด	ยีสต์และรา
ดอ	ชุดควบคุม (ไม่ล้างทั้งเปลือกและเนื้อ)	5.40 + 0.10 A	5.30 + 0.16 A
	ล้างน้ำ	5.20 + 0.20 A	5.11 + 0.08 A
	PAA 50 มิลลิกรัมต่อลิตร 3 นาที	3.27 + 0.26 C	3.31 + 0.09 C
	NaOCl 50 มิลลิกรัมต่อลิตร 3 นาที	4.33 + 0.03 B	4.38 + 0.03 B
แป้วเขียว	ชุดควบคุม (ไม่ล้างทั้งเปลือกและเนื้อ)	3.81 + 0.11 A	3.61 + 0.12 A
	ล้างน้ำ	3.58 + 0.21 A	3.57 + 0.08 A
	PAA 50 มิลลิกรัมต่อลิตร 3 นาที	2.66 + 0.17 C	2.76 + 0.06 C
	NaOCl 50 มิลลิกรัมต่อลิตร 3 นาที	3.10 + 0.09 B	3.17 + 0.12 B
หมายเหตุ	- 1/ ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็น ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน - * ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันตามแนวดังหมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)		

5. การศึกษาระดับความเข้มข้นของสารฆ่าเชื้อ และระยะเวลาที่เหมาะสมในการลดจำนวนจุลินทรีย์ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้น เนื้อลิ้นจี่และเนื้อลำไย

มะม่วง

จากการทดลองที่ 3 พบว่าสารละลายไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์เป็นสารฆ่าเชื้อที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมจำนวนจุลินทรีย์ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นได้ดีที่สุด จึงใช้สารละลายไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ในการศึกษาระดับความเข้มข้นของสารฆ่าเชื้อ และระยะเวลาที่เหมาะสมในการลดจำนวนจุลินทรีย์ของเนื้อมะม่วงสุก โดยการจุ่มเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นลงในสารละลายไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน พบว่า เนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์น้ำดอกไม้ ที่จุ่มด้วยสารละลายไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ ความเข้มข้น 3.0 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 2 นาที มีการเจริญของแบคทีเรียทั้งหมด ยีสต์และรา น้อยที่สุด 2.37 และ 2.65 log cfu/g ตามลำดับ และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นที่ไม่จุ่มสารฆ่าเชื้อ รองลงมาคือ เนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นที่จุ่มด้วยสารละลายที่ระดับความเข้มข้น 2.5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 2 นาที 2.52 และ 2.67 log cfu/g ตามลำดับ ดัง Table 4.9

การใช้สารละลายไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นสูง เป็นเวลานาน มีประสิทธิภาพในการควบคุมจำนวนจุลินทรีย์มากกว่าการใช้สารละลายที่ความเข้มข้นต่ำและเวลาน้อย ซึ่งจากผล การทดลอง พบว่าการใช้สารละลายไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ ความเข้มข้น 3.0% เป็นเวลา 2 นาที จุ่มเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้น มีประสิทธิภาพในการควบคุมจุลินทรีย์ได้ดีที่สุด แต่ที่ระดับความเข้มข้น และระยะเวลาดังกล่าว มีประสิทธิภาพในการควบคุมจำนวนจุลินทรีย์ได้ไม่แตกต่าง ($p > 0.05$) จากการใช้สารละลายไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ ความเข้มข้น 2.0% หรือ 2.5% เป็นเวลา 2 นาที อย่างไรก็ตาม การใช้สารฆ่าเชื้อที่ระดับความเข้มข้นต่ำและเป็นเวลานาน สามารถควบคุมจำนวนจุลินทรีย์ได้ และไม่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นการใช้สารละลาย

ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ ความเข้มข้น 2.0% เป็นเวลา 2 นาที จึงเป็นระดับความเข้มข้น และระยะเวลาที่เหมาะสม
 สำหรับใช้ในการควบคุมจำนวนจุลินทรีย์ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้น

Table 4.9 Number of microorganisms on day 7 of storage at 10±1 °C of cut-ripe mango treated with hydrogen peroxide solution at different concentrations and soaking times

กรรมวิธี	จำนวนจุลินทรีย์ (log cfu/g) 1/	
	แบคทีเรียทั้งหมด	ยีสต์และรา
ชุดควบคุม 1 (ไม่ล้างทั้งเปลือกและเนื้อ)	4.65a* ± 0.18	5.13a ± 0.14
ชุดควบคุม 2 (ล้างเปลือกแต่ไม่ล้างเนื้อ)	3.26b ± 0.23	3.99b ± 0.27
H2O2 1.0% 1 นาที	3.11bc ± 0.25	3.53c ± 0.34
H2O2 1.5% 1 นาที	2.95bcd ± 0.39	3.35cd ± 0.28
H2O2 2.0% 1 นาที	2.91bcde ± 0.26	3.23cde ± 0.29
H2O2 2.5% 1 นาที	2.79cde ± 0.27	3.10def ± 0.45
H2O2 3.0% 1 นาที	2.61def ± 0.53	2.96efg ± 0.39
H2O2 1.0% 2 นาที	2.88bcde ± 0.47	3.19cde ± 0.21
H2O2 1.5% 2 นาที	2.62def ± 0.43	3.18cde ± 0.20
H2O2 2.0% 2 นาที	2.55def ± 0.32	2.76fg ± 0.45
H2O2 2.5% 2 นาที	2.52ef ± 0.46	2.67g ± 0.35
H2O2 3.0% 2 นาที	2.37f ± 0.37	2.65g ± 0.43
หมายเหตุ	- 1/ ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน - *ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันตามแนวตั้งหมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (p < 0.05)	

5. การศึกษาระดับความเข้มข้นของสารฆ่าเชื้อและระยะเวลาที่เหมาะสมในการลดจำนวนจุลินทรีย์ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้น และเนื้อลิ้นจี่สด

สารฆ่าเชื้อที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมจำนวนจุลินทรีย์รองลงมาจากสารละลายไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ คือสารละลายกรดเพอร์ออกซีแอซิดิก จึงเลือกใช้ในการศึกษาเพื่อทดแทนสารละลายไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ในครั้งนี้ และเก็บรักษาเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นไว้ที่อุณหภูมิ 10±1 องศาเซลเซียส และวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ของเนื้อมะม่วงสุก ในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา ได้ผลการทดลองดังใน Table 4.10 ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

มะม่วง

เนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์น้ำดอกไม้ โชคอนันต์และมหาชนก ที่จุ่มด้วยสารละลายกรดเพอร์ออกซีแอซิดิก ความเข้มข้น 60 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 2 นาที มีปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด ยีสต์และรา น้อยที่สุด และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p < 0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนแบคทีเรียทั้งหมด และยีสต์และราของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นที่ไม่ล้าง โดยเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์น้ำดอกไม้ โชคอนันต์และมหาชนก มีจำนวน

แบคทีเรียทั้งหมด 1.72, 3.17 และ 2.84 log cfu/g ตามลำดับ และมีจำนวนยีสต์และราเท่ากับ 2.64, 3.47 และ 2.61 log cfu/g ตามลำดับ

ลิ้นจี่

ผลการศึกษานิตของสารฆ่าเชื้อที่เหมาะสมในการลดปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นที่เนื้อลิ้นจี่สด พบว่า PAA เป็นสารฆ่าเชื้อที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดในการลดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้น และยีสต์และรา จึงได้นำ PAA มาทดลองเพื่อหาความเข้มข้นและระยะเวลาในการแช่สารฆ่าเชื้อที่เหมาะสมเพื่อลดปริมาณจุลินทรีย์ที่เนื้อลิ้นจี่สด โดยแปรความเข้มข้นของสารฆ่าเชื้อเป็น 2 ระดับ คือ 50 และ 75 มิลลิกรัมต่อลิตร และแปรระยะเวลาในการแช่ผลลิ้นจี่เป็น 2 ระดับ คือ 1 และ 3 นาที โดยก่อนทำการทดลองแช่ผลลิ้นจี่ใน PAA ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 5 นาที ได้ผลการทดลองแสดงใน Table 4.11

จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด และยีสต์และราในเนื้อลิ้นจี่สดทั้ง 3 พันธุ์ ที่แช่ใน PAA ที่ระดับความเข้มข้นและระยะเวลาต่างๆ มีจำนวนลดลงและแตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) การใช้ PAA ความเข้มข้น 50 หรือ 75 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือ ระยะเวลาในการแช่ 1 หรือ 3 นาที ไม่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของสารฆ่าเชื้อ ดังนั้น การใช้ PAA ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 1 นาที จึงเพียงพอที่จะสามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด และยีสต์และรา ในเนื้อลิ้นจี่สดทั้ง 3 พันธุ์ โดยลดจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในเนื้อลิ้นจี่สดพันธุ์ฮงฮวย กิมเจง และจักรพรรดิได้ 1.45, 1.78 และ 1.94 log cfu g-1 ตามลำดับ และลดจำนวนยีสต์และราได้ 1.50, 2.36 และ 1.96 log cfu g-1 ตามลำดับ FDA ได้อนุญาตให้ใช้ PAA เพื่อเป็นสารฆ่าเชื้อในผักและผลไม้สด โดยสามารถใช้ในเนื้อผลไม้ได้ถึง 80 µg/mL (CFR, 2007)

อย่างไรก็ตาม การศึกษาการล้างผักกาดหอมหั่นชิ้นด้วย PAA ความเข้มข้น 40 และ 80 µg/mL เป็นเวลา 1 และ 5 นาที พบว่า ระยะเวลาที่นานขึ้นส่งผลให้ลดจำนวน *Enterobacter sakazakii* ได้มากขึ้น ขณะที่ความเข้มข้นทั้ง 2 ระดับ ไม่ส่งผลต่อจำนวนจุลินทรีย์ที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยลดจำนวน *E. sakazakii* ได้ 2.26 และ 2.45 log cfu g-1 เมื่อล้างผักกาดหอมหั่นชิ้นด้วย PAA ความเข้มข้น 40 µg/mL เป็นเวลา 1 และ 5 นาที และลดได้ 5.31, > 5.46 log cfu g-1 เมื่อล้างผักกาดหอมหั่นชิ้นด้วย PAA ความเข้มข้น 80 µg/mL เป็นเวลา 1 และ 5 นาที ตามลำดับ (Kim et al., 2006)

6. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และอายุการเก็บรักษาของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้น เนื้อลิ้นจี่ และเนื้อลำไยสดพร้อมบริโภค

มะม่วง

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และอายุการเก็บรักษาเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์น้ำดอกไม้ พันธุ์โชคอนันต์ และพันธุ์มหาชนก โดยการจุ่มผลมะม่วงในสารละลาย กรดเพอร์ออกซีแอซิดิก ความเข้มข้น 150 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 5 นาที หลังจากนั้นปอกเปลือก และหั่นเนื้อมะม่วงสุกออกเป็นชิ้นด้านละ 8 ชิ้น จุ่มเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นในสารละลายกรดเพอร์ออกซีแอซิดิก ความเข้มข้น 40 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 2 นาที ปล่อยให้สะเด็ดน้ำ บรรจุขึ้นเนื้อ มะม่วงสุกลงใน polystyrene clamshell และเก็บรักษาไว้ในตู้เย็นอุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน

Table 4.10 Number of microorganisms on day 7 of storage at $10\pm 1^{\circ}\text{C}$ of cut-ripe mango treated with peroxy acetic acid solution at different concentrations and soaking times

พันธุ์มะม่วง	กรรมวิธี	จำนวนจุลินทรีย์ (log cfu/g) 1/	
		แบคทีเรียทั้งหมด	ยีสต์และรา
น้ำดอกไม้	ชุดควบคุม 1 (ไม่ล้างทั้งเปลือกและเนื้อ)	4.85a* $\pm$ 0.57	5.13a $\pm$ 0.15
	ชุดควบคุม 2 (ล้างเปลือกแต่ไม่ล้างเนื้อ)	3.12b $\pm$ 0.56	3.99b $\pm$ 0.30
	PAA 40 มิลลิกรัมต่อลิตร 1 นาที	2.83b $\pm$ 0.16	3.12c $\pm$ 0.49
	PAA 50 มิลลิกรัมต่อลิตร 1 นาที	2.56bc $\pm$ 0.27	3.15c $\pm$ 0.23
	PAA 60 มิลลิกรัมต่อลิตร 1 นาที	1.97cd $\pm$ 0.32	2.71c $\pm$ 0.59
	PAA 40 มิลลิกรัมต่อลิตร 2 นาที	2.07cd $\pm$ 0.35	2.73c $\pm$ 0.51
	PAA 50 มิลลิกรัมต่อลิตร 2 นาที	1.87d $\pm$ 0.15	2.72c $\pm$ 0.12
	PAA 60 มิลลิกรัมต่อลิตร 2 นาที	1.72d $\pm$ 0.36	2.64c $\pm$ 0.42
โชคอนันต์	ชุดควบคุม 1 (ไม่ล้างทั้งเปลือกและเนื้อ)	4.92a $\pm$ 0.13	4.92a $\pm$ 0.32
	ชุดควบคุม 2 (ล้างเปลือกแต่ไม่ล้างเนื้อ)	4.15b $\pm$ 0.14	4.37b $\pm$ 0.05
	PAA 40 มิลลิกรัมต่อลิตร 1 นาที	3.78c $\pm$ 0.16	4.20b $\pm$ 0.11
	PAA 50 มิลลิกรัมต่อลิตร 1 นาที	3.69c $\pm$ 0.19	3.95c $\pm$ 0.10
	PAA 60 มิลลิกรัมต่อลิตร 1 นาที	3.32d $\pm$ 0.14	3.67d $\pm$ 0.15
	PAA 40 มิลลิกรัมต่อลิตร 2 นาที	3.34d $\pm$ 0.14	3.68d $\pm$ 0.27
	PAA 50 มิลลิกรัมต่อลิตร 2 นาที	3.20d $\pm$ 0.18	3.52d $\pm$ 0.17
	PAA 60 มิลลิกรัมต่อลิตร 2 นาที	3.17d $\pm$ 0.11	3.47d $\pm$ 0.09
มหาชนก	ชุดควบคุม 1 (ไม่ล้างทั้งเปลือกและเนื้อ)	5.14a $\pm$ 0.41	5.33a $\pm$ 0.11
	ชุดควบคุม 2 (ล้างเปลือกแต่ไม่ล้างเนื้อ)	3.75b $\pm$ 0.21	4.05b $\pm$ 0.12
	PAA 40 มิลลิกรัมต่อลิตร 1 นาที	3.53bc $\pm$ 0.09	3.71b $\pm$ 0.22
	PAA 50 มิลลิกรัมต่อลิตร 1 นาที	3.41c $\pm$ 0.11	3.30c $\pm$ 0.22
	PAA 60 มิลลิกรัมต่อลิตร 1 นาที	2.94d $\pm$ 0.27	2.66d $\pm$ 0.49
	PAA 40 มิลลิกรัมต่อลิตร 2 นาที	3.04d $\pm$ 0.20	2.96cd $\pm$ 0.50
	PAA 50 มิลลิกรัมต่อลิตร 2 นาที	2.87d $\pm$ 0.24	2.80d $\pm$ 0.26
	PAA 60 มิลลิกรัมต่อลิตร 2 นาที	2.84d $\pm$ 0.28	2.61d $\pm$ 0.22

หมายเหตุ - 1/ ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็น ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
 - *ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันตามแนวตั้งหมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)

Table 4.11 Number of microorganisms on day 6 of storage at $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ of lychee pulp treated with peroxy acetic acid solution at different concentrations and soaking times

พันธุ์ลิ้นจี่	กรรมวิธี	จำนวนจุลินทรีย์ (log cfu/g)1/	
		แบคทีเรียทั้งหมด	ยีสต์และรา
สงฮวย	ชุดควบคุม (ไม่ล้าง)	3.94 A + 0.19	3.77 A + 0.07
	PAA 50 มิลลิกรัมต่อลิตร 1 นาที	2.48 C + 0.09	2.27 C + 0.13
	PAA 75 มิลลิกรัมต่อลิตร 1 นาที	2.68 B + 0.10	2.42 B + 0.07
	PAA 50 มิลลิกรัมต่อลิตร 3 นาที	2.64 BC + 0.06	2.22 C + 0.13
	PAA 75 มิลลิกรัมต่อลิตร 3 นาที	2.52 CD + 0.10	2.32 BC + 0.08
กิมเจง	ชุดควบคุม (ไม่ล้าง)	3.93 A + 0.11	3.94 A + 0.10
	PAA 50 มิลลิกรัมต่อลิตร 1 นาที	2.15 CD + 0.12	1.58 C + 0.15
	PAA 75 มิลลิกรัมต่อลิตร 1 นาที	2.36 B + 0.08	1.89 B + 0.21
	PAA 50 มิลลิกรัมต่อลิตร 3 นาที	2.25 BC + 0.13	1.70 C + 0.11
	PAA 75 มิลลิกรัมต่อลิตร 3 นาที	2.11 D + 0.10	1.73 BC + 0.10
จักรพรรดิ	ชุดควบคุม (ไม่ล้าง)	4.27 A + 0.20	3.74 A + 0.30
	PAA 50 มิลลิกรัมต่อลิตร 1 นาที	2.33 C + 0.30	1.71 C + 0.18
	PAA 75 มิลลิกรัมต่อลิตร 1 นาที	2.50 C + 0.11	1.62 C + 0.14
	PAA 50 มิลลิกรัมต่อลิตร 3 นาที	2.40 C + 0.28	1.83 C + 0.35
	PAA 75 มิลลิกรัมต่อลิตร 3 นาที	2.81 D + 0.13	2.33 B + 0.12
หมายเหตุ	- 1/ ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็น ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน - *ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันตามแนวตั้งหมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)		

1) การเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้น

ค่า L^* ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงค่า L^* ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์น้ำดอกไม้ โชคอนันต์ และมหาชนก พบว่า ค่า L^* ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นทั้ง 3 ชุดการทดลอง มีการเปลี่ยนแปลงลดลงตลอดระยะเวลาเก็บรักษา ในทั้ง 3 พันธุ์ ดัง Fig. 4.9 a-c โดยค่า L^* ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์น้ำดอกไม้จากชุดการทดลองที่ 1 มีค่าสูงที่สุดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นจากชุดการทดลองที่ 2 และ 3 แต่เนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นจากชุดการทดลองที่ 2 และ 3 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ตลอดระยะเวลาเก็บรักษา สำหรับเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์โชคอนันต์จากชุดการทดลองที่ 3 มีค่า L^* น้อยที่สุด และมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นจากชุดการทดลองที่ 2 และเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนกจากชุดการทดลองที่ 3 มีค่า L^* ต่ำที่สุดและแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นชุดการทดลองที่ 1 และ 2

ค่า C^* ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์น้ำดอกไม้ โชคอนันต์และมหาชนกทั้ง 3 ชุดการทดลอง ลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา (Figure 4.1.10ก-ค) โดยเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์น้ำดอกไม้จากชุดการทดลองที่ 3 มีค่า C^* ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับชุดการทดลองที่ 2 แต่แตกต่างกับชุดการ

ทดลองที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) สำหรับเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์โชคอนันต์จากทุกชุดการทดลอง มีค่า C^* ลดลงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ตลอดระยะเวลาการทดลอง และเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนกจากชุดการทดลองที่ 3 มีค่าต่ำกว่าเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นจากทุกชุดการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ค่า H^o เนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์น้ำดอกไม้ โชคอนันต์และมหาชนก จากทุกชุดการทดลองมีค่า H^o ลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์น้ำดอกไม้จากทั้ง 3 ชุดการทดลอง มีค่า H^o ลดลงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ยกเว้นในวันที่ 9 และ 12 ของการเก็บรักษา พบว่า เนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นจากชุดการทดลองที่ 3 มีค่า H^o น้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นจากชุดการทดลองที่ 1 และ 2 ดัง Fig. 4.11a สำหรับเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์โชคอนันต์ พบว่า เนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นจากทุกชุดการทดลองที่ 3 มีค่า H^o ต่ำที่สุด แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นจากชุดการทดลองที่ 1 แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นจากชุดการทดลองที่ 2 ดัง Figure 4.1.11b และเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนกทั้ง 3 ชุดการทดลอง มีค่า H^o ลดลงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นจากชุดการทดลองที่ 3 มีค่า H^o สูงที่สุด ดัง Fig. 4.11c

2) การเปลี่ยนแปลงค่าความแน่นเนื้อของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้น

ค่าความแน่นเนื้อของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์น้ำดอกไม้ โชคอนันต์และมหาชนก แต่ละชุดการทดลองมีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์น้ำดอกไม้จากทั้ง 3 ชุดการทดลอง มีค่าความแน่นเนื้อลดลงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นจากชุดการทดลองที่ 2 มีค่าความแน่นเนื้อสูงที่สุด 2.30 นิวตัน ดัง Fig. 4.12a เมื่อเริ่มต้นการทดลอง สำหรับเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์โชคอนันต์ ค่าความแน่นเนื้อลดลงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ระหว่างชุดการทดลองทั้ง 3 ดัง Fig. 4.12b และเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนกจากชุดการทดลองที่ 2 มีค่าความแน่นเนื้อไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับชุดการทดลองที่ 1 และ 3 แต่ค่าความแน่นเนื้อของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นจากชุดการทดลองที่ 1 แตกต่างกับค่าความแน่นเนื้อจากชุดการทดลองที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นจากชุดการทดลองที่ 3 มีค่าความแน่นเนื้อสูงที่สุด 2.08 นิวตัน เมื่อเริ่มต้นการทดลอง Fig. 4.12c

3) เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด

การสูญเสียน้ำหนักสดของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์น้ำดอกไม้ โชคอนันต์และมหาชนก แต่ละชุดการทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์น้ำดอกไม้จากชุดการทดลองที่ 3 มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดน้อยที่สุด 0.17 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 3 วัน และเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์โชคอนันต์จากชุดการทดลองที่ 2 สูญเสียน้ำหนักสดมากที่สุด 0.56 เปอร์เซ็นต์ ในวันที่ 3 ของการเก็บรักษา และเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนกจากชุดการทดลองที่ 2 สูญเสียน้ำหนักสด น้อยที่สุด 0.20 เปอร์เซ็นต์ ในวันที่ 3 ของการเก็บรักษา (Fig. 4.13a-c)

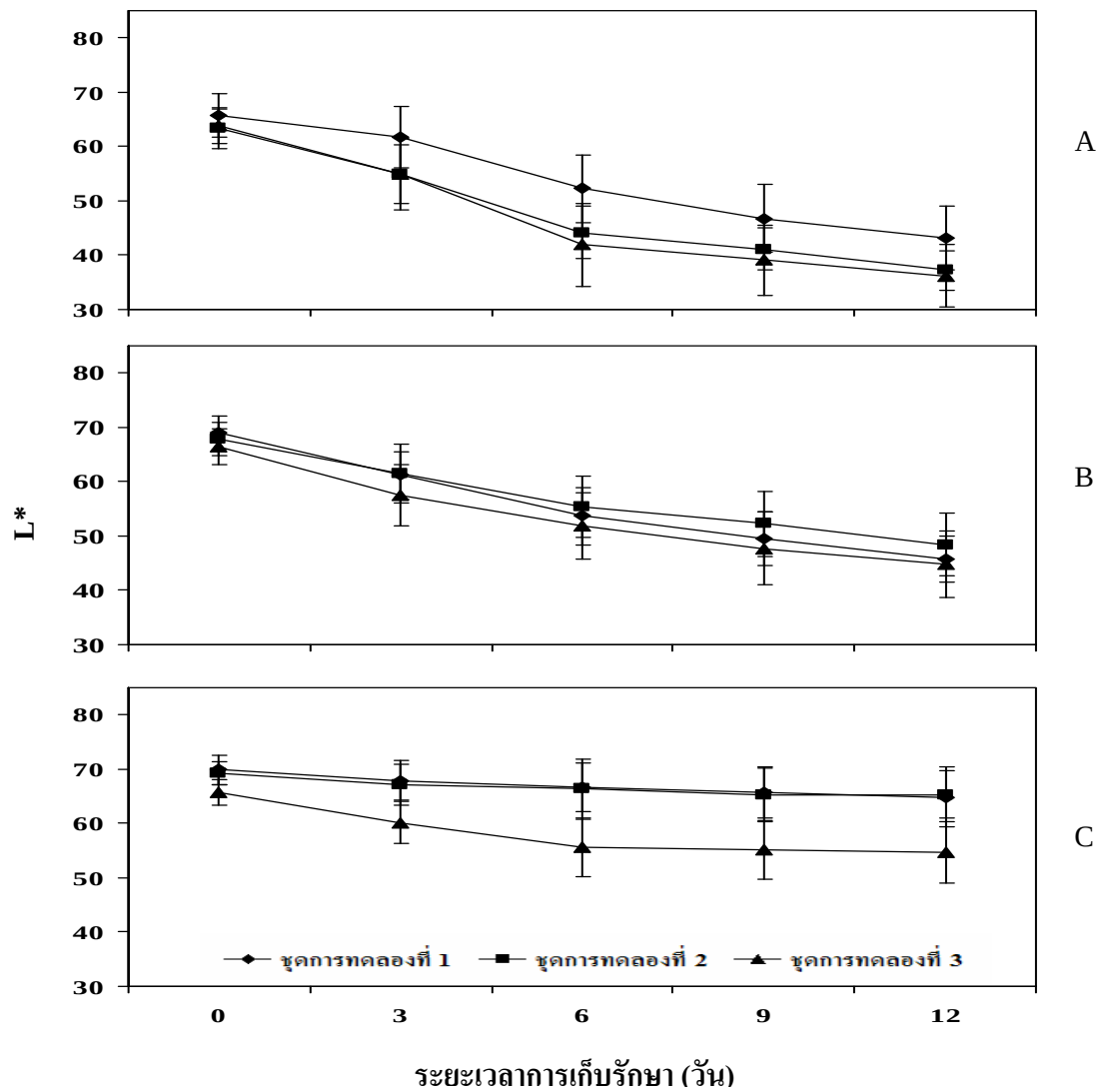


Figure 4.9: Changes in L* value of ready to eat cut mango during storage at $4 \pm 1^{\circ}\text{C}$ for 12 days: (a) Nam dok Mai, (b) Chok Anan and (c) Maha Chanok mango

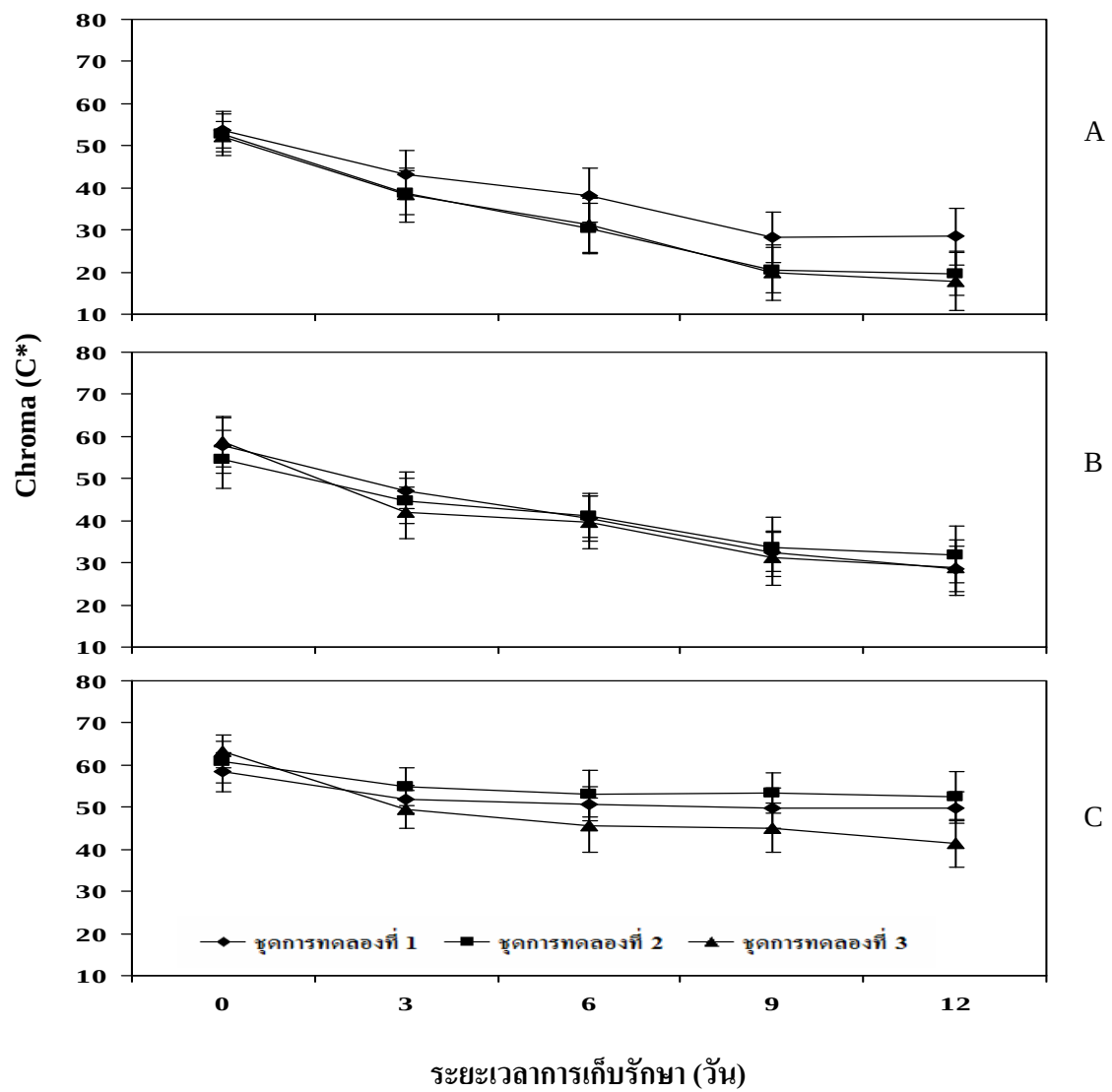


Figure 4.10: Changes in Chroma (C*) value of ready to eat cut mango during storage at 4±1°C for 12 days: (a) Nam dok Mai, (b) Chok Anan and (c) Maha Chanok mango

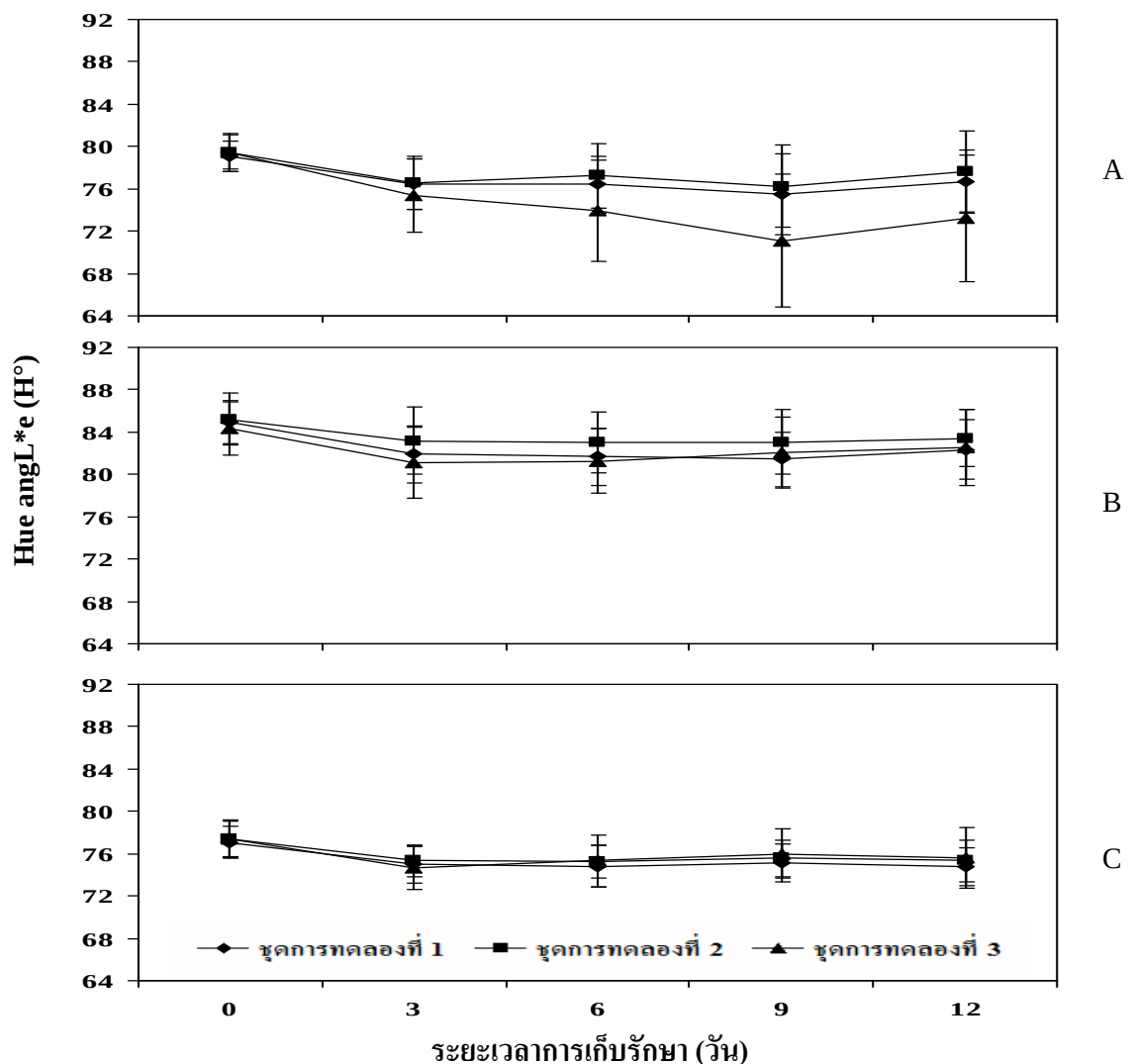


Figure 4.11: Changes in Hue angle (H°) value of ready to eat cut mango during storage at 4±1°C for 12 days: (a) Nam dok Mai, (b) Chok Anan and (c) Maha Chanok mango

4) ปริมาณวิตามินซีของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้น

เนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์น้ำดอกไม้ โชคอนันต์และมหาชนก จากทั้ง 3 ชุดการทดลองมีปริมาณวิตามินซีลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์น้ำดอกไม้จาก ชุดการทดลองที่ 3 มีปริมาณวิตามินซีน้อยกว่าชุดการทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เท่ากับ 16.14 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมของเนื้อในวันเริ่มต้นการทดลอง ดัง Fig. 4.14a สำหรับเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์โชคอนันต์ พบว่า เนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นจากการทดลองที่ 3 มีปริมาณวิตามินซีน้อยที่สุดและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับชุดการทดลองที่ 1 และ 2 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 3, 6 และ 9 วัน ซึ่งปริมาณวิตามินซีเมื่อเริ่มต้นการทดลองของเนื้อมะม่วงสุกจากการทดลองที่ 3 มีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 29.72 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมของเนื้อ ดัง Fig.

4.14b และปริมาณวิตามินซีของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์มหาชนกจากชุดการทดลองที่ 2 มีค่าสูงกว่าชุดการทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ตลอดระยะเวลาการทดลอง โดยปริมาณซีเมื่อเริ่มต้นเท่ากับ 23.42 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัมของเนื้อ ดัง Fig. 4.14c

5) ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นจากทั้ง 3 ชุดการทดลอง มีค่าลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยพบว่า เนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์น้ำดอกไม้ โชคอนันต์ และมหาชนก จากชุดการทดลองที่ 3 มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้น้อยที่สุด และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับชุดการทดลองอื่นๆ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้จากชุดการทดลองที่ 3 ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นทั้ง 3 พันธุ์ เมื่อเริ่มต้นการทดลอง เท่ากับ 15.43, 16.56 และ 13.47 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดัง Fig. 4.15a-c

6) ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ในรูปกรดซิตริก

เนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์น้ำดอกไม้จากชุดการทดลองที่ 2 มีปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้สูงกว่าเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นจากชุดการทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นจากชุดการทดลองที่ 2 เมื่อเริ่มต้นการเก็บรักษา เท่ากับ 0.34 เปอร์เซ็นต์ ดัง Fig. 4.16a สำหรับเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์โชคอนันต์จากชุดการทดลองที่ 3 มีปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้น้อยกว่าเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นรูปแบบอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เท่ากับ 0.20 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเริ่มต้นการทดลอง ดัง Fig. 4.16b และเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นจากชุดการทดลองที่ 1 มีปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้สูงที่สุด 0.37 เปอร์เซ็นต์ และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับชุดการทดลองอื่นๆ ดัง Fig. 4.16c

7) ค่าพีเอช

ค่าพีเอชของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์น้ำดอกไม้จากชุดการทดลองที่ 1 สูงที่สุด และค่าพีเอชเริ่มต้นการทดลองของชุดการทดลองที่ 1 เท่ากับ 4.65 รองลงมาคือ ชุดการทดลองที่ 3 เท่ากับ 4.43 และเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์โชคอนันต์และมหาชนก พบว่า ค่าพีเอชของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นจากชุดการทดลองที่ 3 มีค่าพีเอชสูงที่สุด เท่ากับ 4.70 และ 4.26 ตามลำดับ และค่าพีเอชของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นทั้ง 3 พันธุ์ มีค่าลดลงและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ดัง Fig. 4.17a-c และเนื้อมะม่วงพันธุ์มหาชนก

8) อัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้

อัตราส่วน TSS/TA ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์น้ำดอกไม้ โชคอนันต์และมหาชนกทุก ชุดการทดลอง มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยอัตราส่วน TSS/TA จากชุดการทดลองที่ 1 ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์น้ำดอกไม้มีค่าสูงที่สุด 75.78 เมื่อเริ่มต้นการทดลอง ดัง Fig. 4.18a และชุดการทดลองที่ 3 ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์โชคอนันต์มีอัตราส่วน TSS/TA สูงที่สุด 84.84 เมื่อเริ่มต้นการเก็บรักษา ดัง Fig. 4.18b สำหรับเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนก อัตราส่วน TSS/TA ของชุดการทดลองที่ 2 มีค่าสูงที่สุดเมื่อเริ่มต้นและวันที่ 3 ของการทดลอง แต่เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้นพบว่า อัตราส่วน TSS/TA ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นจากชุดการทดลองที่ 3 มีค่าสูงที่สุด ดัง Fig. 4.18c

9) จำนวนจุลินทรีย์ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้น

ผลการวิเคราะห์จำนวนแบคทีเรียทั้งหมด ยีสต์และรา ระหว่างการเก็บรักษาเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์น้ำดอกไม้ และโชคอนันต์ พบว่าไม่มีโคโลนีของจุลินทรีย์เกิดขึ้นที่ระดับความเจือจาง ของตัวอย่างที่เตรียม (10-1) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 วัน สำหรับเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นจากชุดการทดลองที่ 3 จึงรายงานผลจำนวนแบคทีเรียทั้งหมด ยีสต์และรา มีน้อยกว่า 10 โคโลนีต่อกรัมเนื้อมะม่วง (โดยประมาณ) (APHA, 2001) จำนวนแบคทีเรียทั้งหมด ยีสต์และราของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นจากชุดการทดลองที่ 1 มีจำนวนเพิ่มขึ้นระหว่างวันที่ 6 ถึง 12 ของการเก็บรักษา ในขณะที่จำนวนแบคทีเรียทั้งหมด ยีสต์และราของเนื้อมะม่วงจากชุดการทดลองที่ 2 มีจำนวนเพิ่มขึ้นระหว่างวันที่ 9 ถึง 12 ของการเก็บรักษา โดยจำนวนแบคทีเรียทั้งหมด ยีสต์และราของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นจากชุดการทดลองที่ 1 มีจำนวนมากกว่าจำนวนแบคทีเรียทั้งหมด ยีสต์และราของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นจากชุดการทดลองที่ 2 ส่วนจำนวนแบคทีเรียทั้งหมด ยีสต์และรา ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนก ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 วัน พบว่าไม่มีโคโลนีของจุลินทรีย์ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นจากชุดการทดลองที่ 3 แต่พบว่าเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นจากชุดการทดลองที่ 1 และ 2 มีจำนวนจุลินทรีย์เพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ทั้งจำนวนแบคทีเรียทั้งหมด ยีสต์และรา ในวันที่ 6 ถึง 12 ของการเก็บรักษา ดัง Table 4.12 และ 4.13

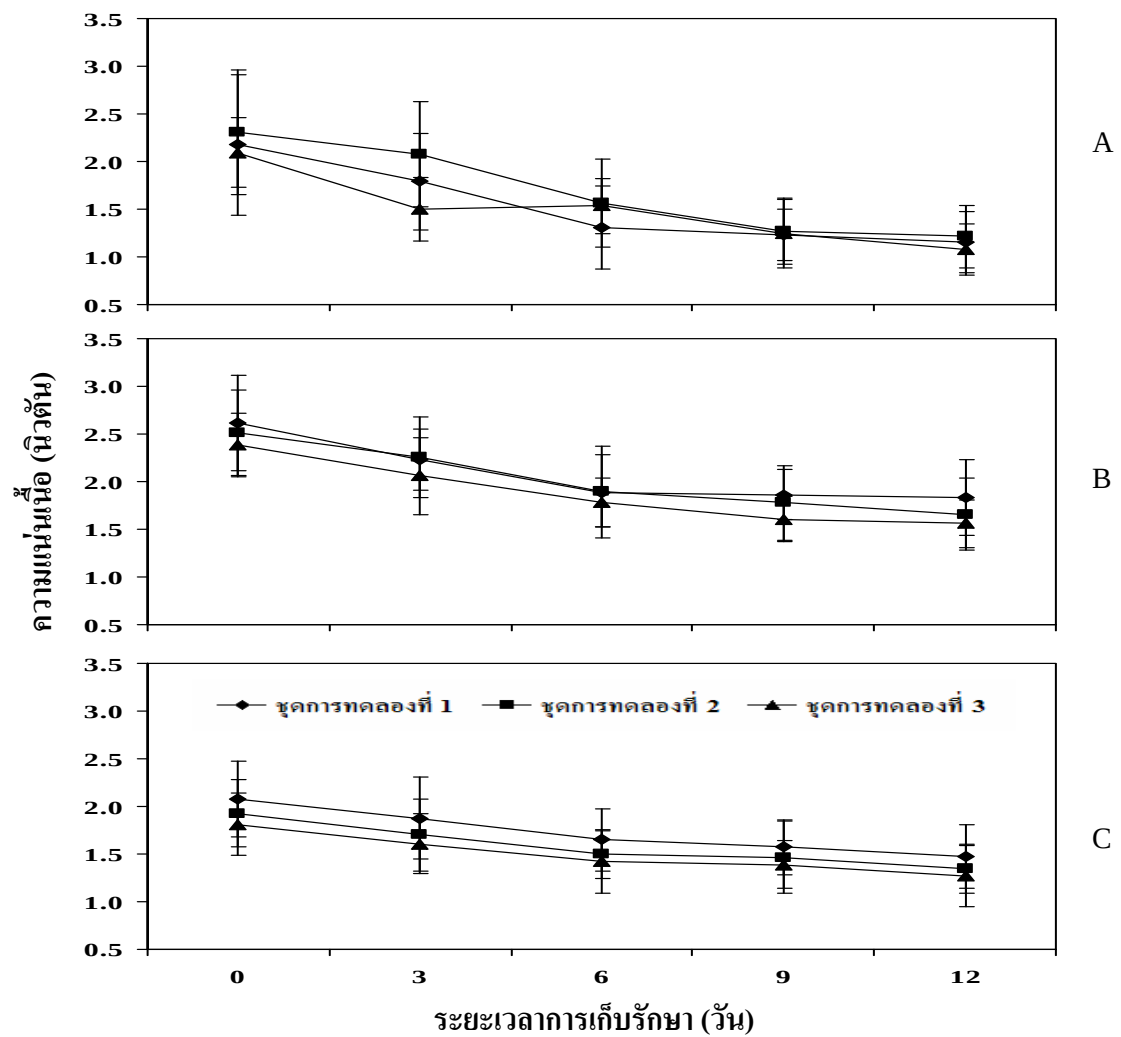


Figure 4.12: Changes in firmness of ready to eat cut mango during storage at 4±1°C for 12 days: (a) Nam dok Mai, (b) Chok Anan and (c) Maha Chanok mango

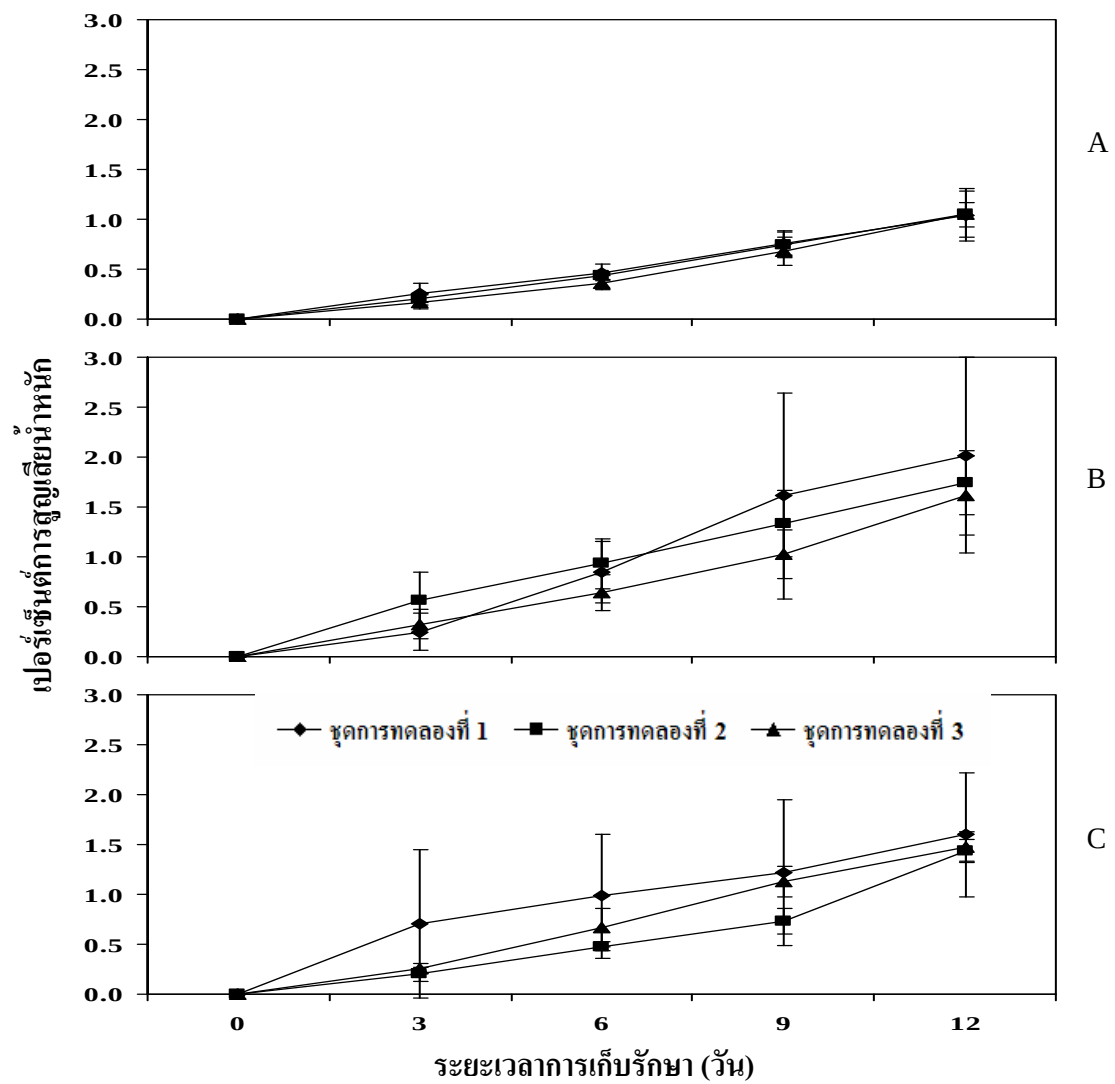


Figure 4.13: Changes in weight loss of ready to eat cut mango during storage at $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ for 12 days: (a) Nam dok Mai, (b) Chok Anan and (c) Maha Chanok mango

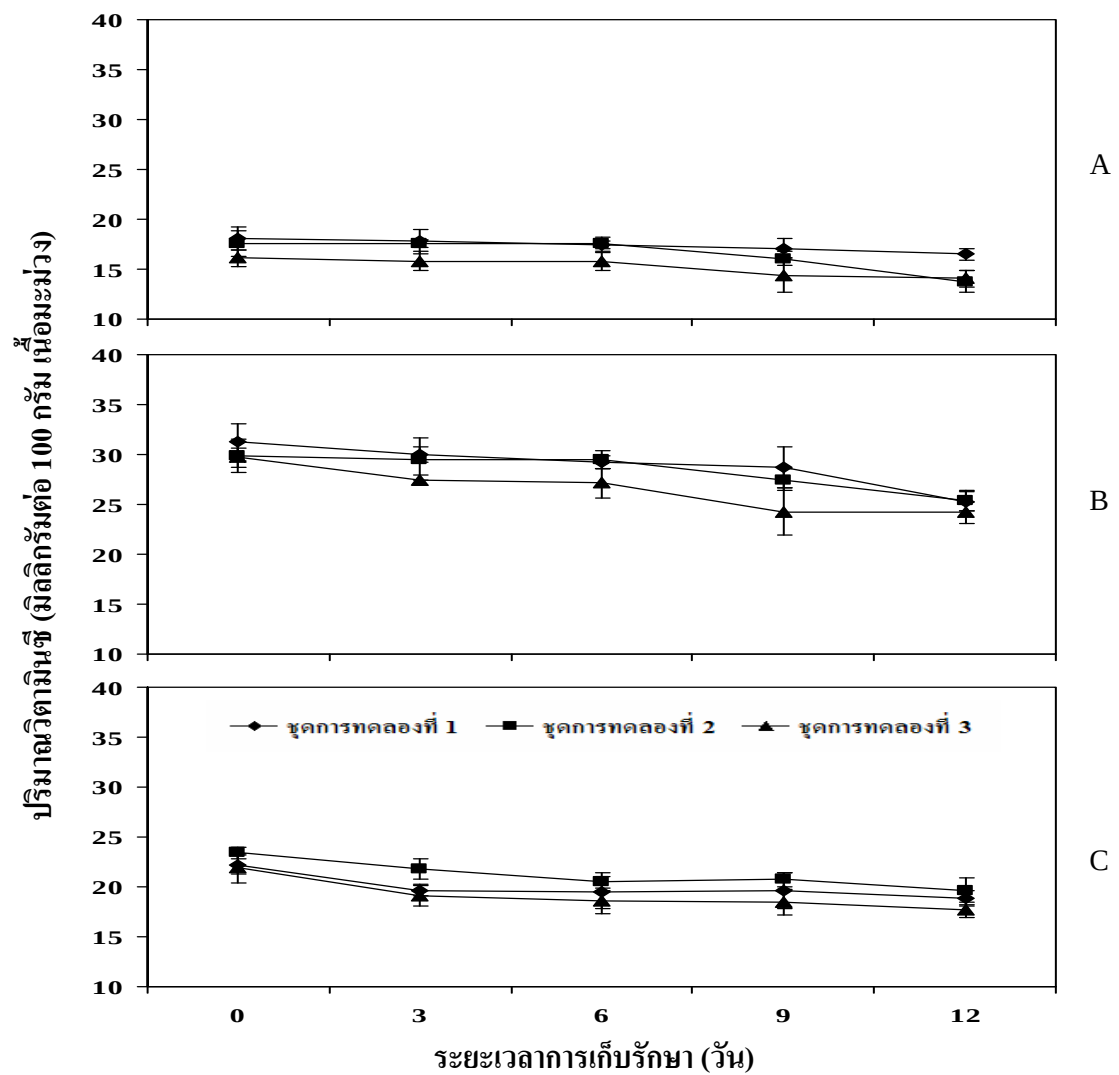


Figure 4.14: Changes in vitamin C of ready to eat cut mango during storage at 4±1°C for 12 days: (a) Nam dok Mai, (b) Chok Anan and (c) Maha Chanok mango

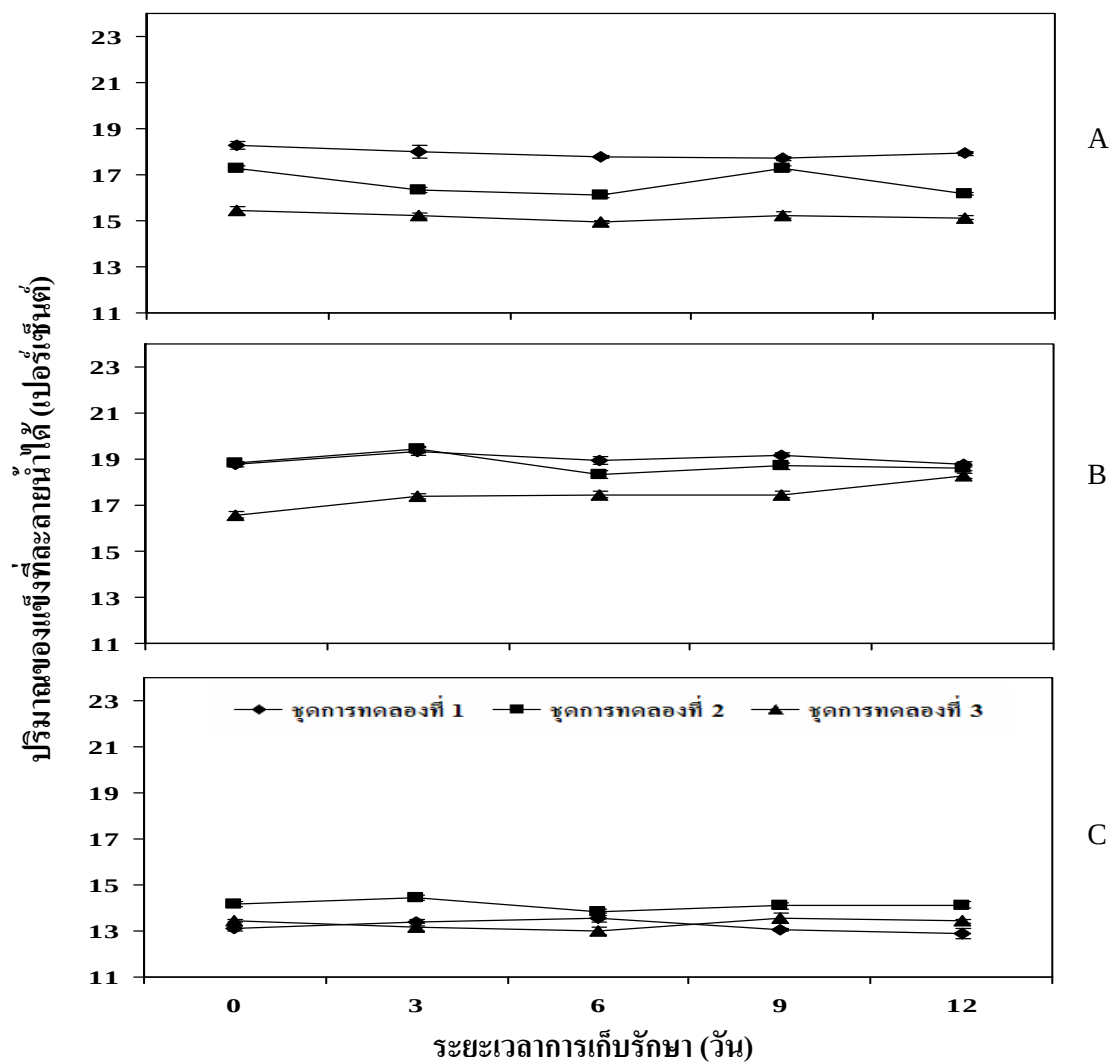


Figure 4.15: Changes in TSS value of ready to eat cut mango during storage at $4\pm1^{\circ}\text{C}$ for 12 days: (a) Nam dok Mai, (b) Chok Anan and (c) Maha Chanok mango

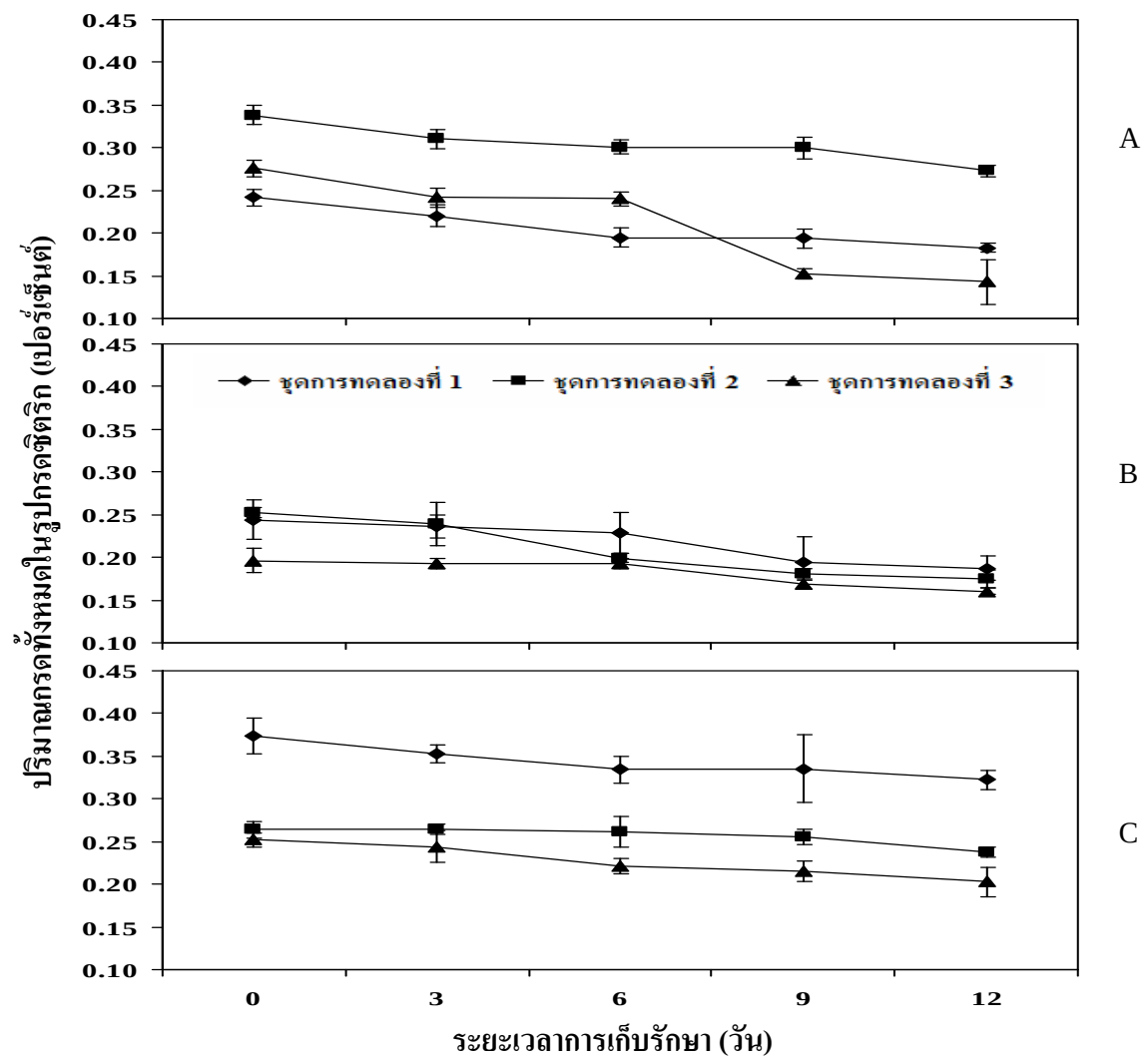


Figure 4.16: Changes in TA value of ready to eat cut mango during storage at 4±1°C for 12 days: (a) Nam dok Mai, (b) Chok Anan and (c) Maha Chanok mango

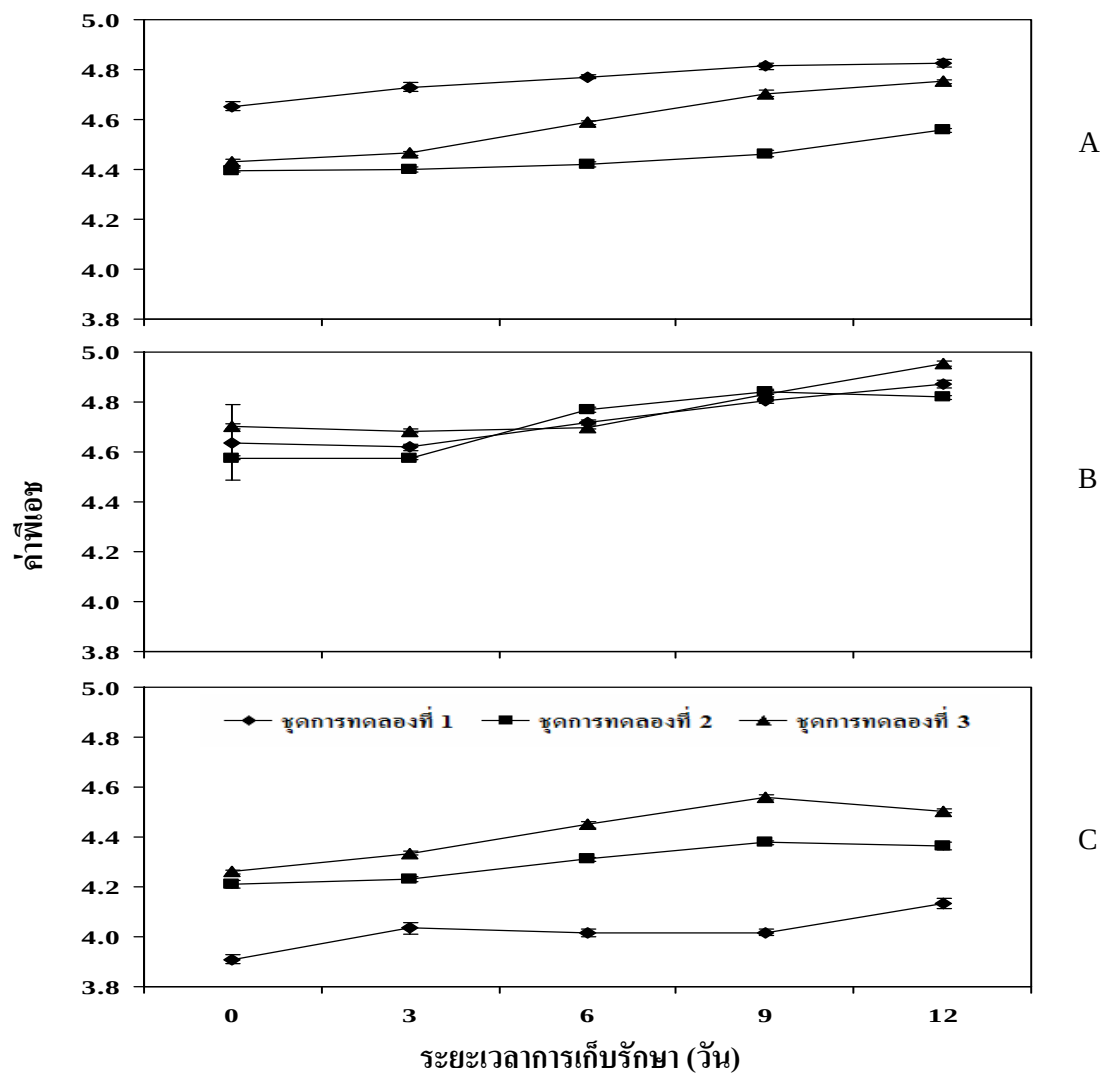


Figure 4.17: Changes in pH value of ready to eat cut mango during storage at $4\pm1^{\circ}\text{C}$ for 12 days:
 (a) Nam dok Mai, (b) Chok Anan and (c) Maha Chanok mango

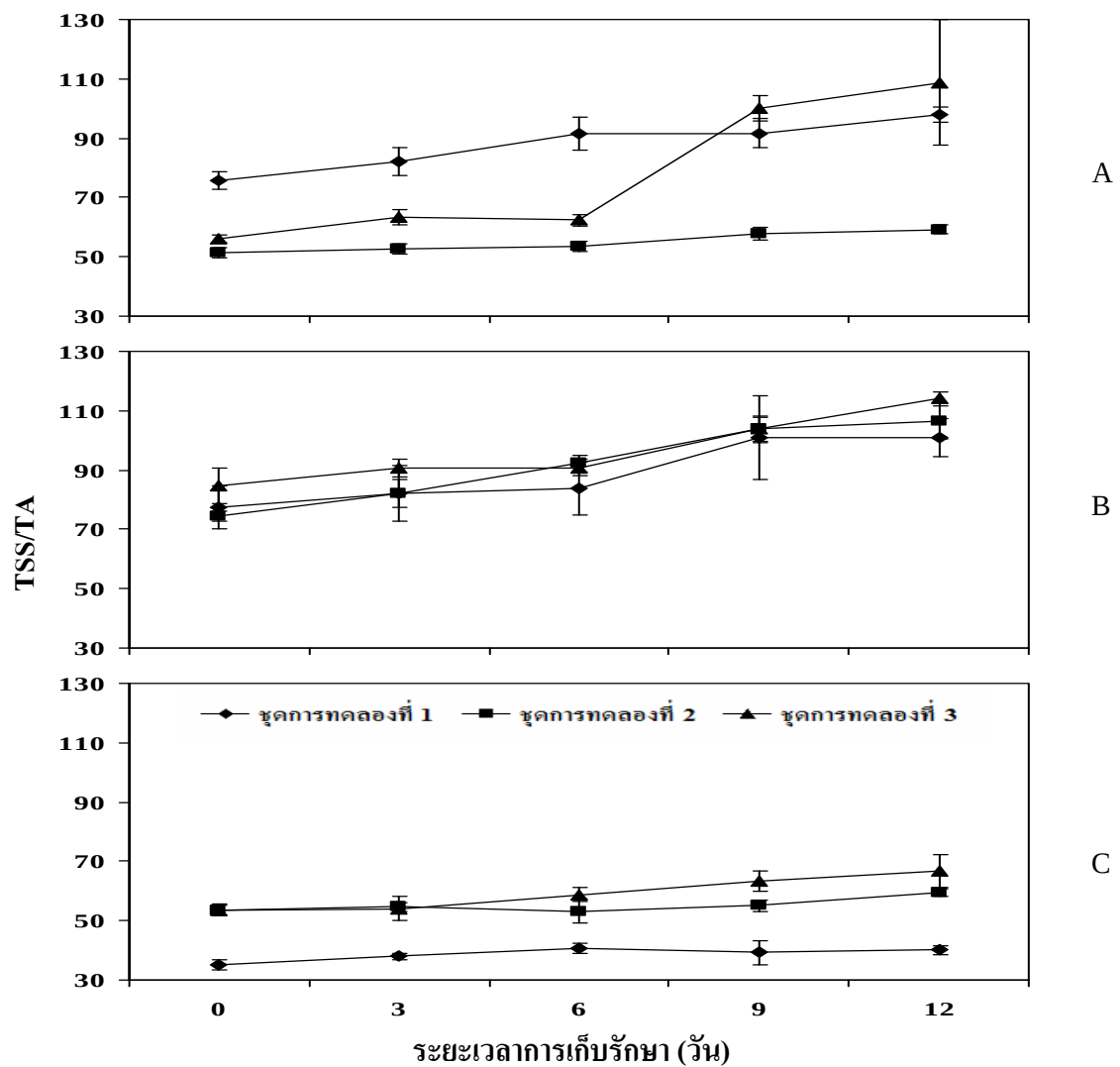


Figure 4.18: Changes in TSS/TA ratio of ready to eat cut mango during storage at $4\pm1^{\circ}\text{C}$ for 12 days:
 (a) Nam dok Mai, (b) Chok Anan and (c) Maha Chanok mango

Table 4.12 The change of total number of bacteria in cut-ripe mango stored at $4\pm1^{\circ}\text{C}$ for 12 days

จำนวนแบบที่เรียงทั้งหมด (ไดโกลีต่อกรัม)											กรรมวิธี		
ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)													
12	9			6			3			0			
ประมาณ 230 c	ประมาณ 30 b	ประมาณ < 10 a	ประมาณ 170 c	ประมาณ 10 b	ประมาณ < 10 a	ประมาณ 40 b	ประมาณ < 10 a	ประมาณ < 10 a	ประมาณ < 10 a	ประมาณ < 10 a	ชุดการทดลอง ที่ 1	ชุดการทดลอง ที่ 2	ชุดการทดลอง ที่ 3
ประมาณ 250 c	ประมาณ 60 b	ประมาณ < 10 a	ประมาณ 180 c	ประมาณ 10 b	ประมาณ < 10 a	ประมาณ 120 b	ประมาณ < 10 a	ประมาณ < 10 a	ประมาณ < 10 a	ประมาณ < 10 a	ชุดการทดลอง ที่ 1	ชุดการทดลอง ที่ 2	ชุดการทดลอง ที่ 3
ประมาณ 230 c	ประมาณ 90 b	ประมาณ < 10 a	ประมาณ 50 c	ประมาณ 30 b	ประมาณ < 10 a	ประมาณ 10 b	ประมาณ 10 b	ประมาณ < 10 a	ประมาณ < 10 a	ประมาณ < 10 a	ชุดการทดลอง ที่ 1	ชุดการทดลอง ที่ 2	ชุดการทดลอง ที่ 3

หมายเหตุ : - อ้างอิงการรายงานจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ตามวิธี APHA (2001)

- ตัวอย่างภาษาก้องกึ่งต่างก็แตกต่างกันตามแหล่งที่มาของเสียงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$)

10) การประเมินทางประสาทสัมผัส

ลักษณะที่ปรากฏ ผลการการวิเคราะห์คะแนนความชอบของผู้ทดสอบชิมที่มีต่อลักษณะที่ปรากฏของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์น้ำดอกไม้ โชคอนันต์ และมหาชนก ทั้ง 3 ชุดการทดลอง ในแต่ละวันของการเก็บรักษา พบว่าคะแนนที่ได้ไม่มีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่เมื่อพิจารณาคะแนนความชอบเฉลี่ยแล้วจะเห็นว่าผู้ทดสอบชิมมีความชอบต่อลักษณะสีของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นจากชุดการทดลองที่ 3 น้อยที่สุด ตลอดการเก็บรักษา คะแนนความชอบต่อลักษณะสีของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นทุกชุดการทดลอง มีค่าลดลงเรื่อยๆ ทั้งนี้เนื่องจากเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นมีสีคล้ำลง และมีลักษณะฉ่ำน้ำ เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น สอดคล้องกับการวิเคราะห์ค่าสีของเนื้อ มะม่วงสุกหั่นชิ้น ที่พบว่าค่าสี L^* ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นมีค่าลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ซึ่งแสดงว่าเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นมีสีคล้ำลง ดัง Fig. 4.19 a-c

ลักษณะเนื้อสัมผัส การวิเคราะห์คะแนนความชอบของผู้ทดสอบชิมที่มีต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นทั้ง 3 พันธุ์ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา พบว่าคะแนนความชอบในแต่ละวันต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นทั้ง 3 ชุดการทดลอง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ระหว่างการเก็บรักษา คะแนนความชอบของลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ทั้ง 3 ชุดการทดลอง มีค่าค่อนข้างคงที่ในช่วง 3 วันแรกของการเก็บรักษา ซึ่งมีค่าประมาณ 7 ถึง 8 คะแนน และมีค่าลดลงอย่างรวดเร็วจนเหลือประมาณ 2 คะแนนในวันที่ 9 ของการเก็บรักษา เนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์โชคอนันต์มีคะแนนความชอบลดลงอย่างช้าๆ ใน 6 วันแรกของการเก็บรักษา และลดลงจนมีคะแนนความชอบน้อยที่สุดเมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการเก็บรักษา ส่วนเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนกมีอัตราการลดลงของคะแนนความชอบค่อนข้างคงที่ ซึ่งคะแนนความชอบมีค่าลดลงตลอดการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 วัน ดัง Fig. 4.1.20a-c

กลิ่น การวิเคราะห์คะแนนความชอบของผู้ทดสอบชิมที่มีต่อกลิ่นของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้น 3 พันธุ์ ทั้ง 3 ชุดการทดลอง ในแต่ละวันของการเก็บรักษา พบว่าคะแนนที่ได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์น้ำดอกไม้ทั้ง 3 ชุดการทดลอง ได้รับคะแนนความชอบที่มีต่อกลิ่นของเนื้อมะม่วงลดลงเรื่อยๆ ตลอดการเก็บรักษา คะแนนความชอบที่มีต่อกลิ่นของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์โชคอนันต์ทั้ง 3 ชุดการทดลอง มีค่าไม่เปลี่ยนแปลงมากนักในช่วง 6 วันแรกของการเก็บรักษา และมีค่าลดลงมากจนกระทั่งสิ้นสุดการเก็บรักษา ส่วนเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนกทั้ง 3 ชุดการทดลอง มีคะแนนความชอบของผู้ทดสอบชิมที่มีต่อกลิ่นค่อนข้างคงที่จนถึงวันที่ 9 ของการเก็บรักษา ซึ่งมีค่าประมาณ 6 ถึง 8 คะแนน และมีค่าลดลงอย่างรวดเร็วเหลือเพียง 2 คะแนน เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษา ทั้งนี้เนื่องจากมะม่วงพันธุ์มหาชนกมีกลิ่นค่อนข้างแรง เป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัว จึงสามารถรักษากลิ่นของเนื้อมะม่วงไว้ได้เป็นเวลานาน ต่างจากมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์และน้ำดอกไม้ ที่มีกลิ่นไม่ฉุน จึงทำให้กลิ่นของเนื้อมะม่วงมีความ เข้มลดลงรวดเร็วกว่ากลิ่นของเนื้อมะม่วงพันธุ์มหาชนก ระหว่างการเก็บรักษา ดัง Fig. 4.21a-c

รสชาติ ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนผลการประเมินความชอบรสชาติของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นทั้ง 3 พันธุ์ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ระหว่างเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นแต่ละชุดการทดลองในแต่ละวันของการเก็บรักษา เนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์น้ำดอกไม้ทั้ง 3 ชุดการทดลอง มีคะแนนความชอบรสชาติประมาณ 7 ถึง 8 ในวันแรก และวันที่ 3 ของการเก็บรักษา และมีค่าลดลงมากจนมีค่าต่ำกว่า 5 คะแนนในวันที่ 6 จนกระทั่งสิ้นสุดการเก็บรักษา เนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์โชคอนันต์ทั้ง 3 ชุดการทดลอง ได้รับคะแนนความชอบรสชาติลดลงเรื่อยๆ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ส่วนคะแนนความชอบรสชาติจากผู้

ทดสอบชิมของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชน มีค่าลดลงอย่างช้าๆ จนถึงวันที่ 9 และลดลงอย่างรวดเร็วในวันที่ 12 ของการเก็บรักษา ทั้ง 3 ชุดการทดลอง ดัง Fig. 4.22a-c

การยอมรับโดยรวม ผลการวิเคราะห์คะแนนการยอมรับโดยรวมของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์น้ำดอกไม้ โชคอนันต์ และมหาชน ตลอดระยะเวลาการ พบว่าคะแนนการยอมรับโดยรวมของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นทั้ง 3 ชุดการทดลอง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยคะแนนการยอมรับโดยรวมของเนื้อมะม่วงทั้ง 3 พันธุ์ ทุกชุดการทดลอง มีค่ามากกว่า 5 คะแนน (เฉยๆ) จนถึงวันที่ 6 ของการเก็บรักษา แต่เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 9 วัน พบว่าคะแนนการยอมรับโดยรวมของเนื้อมะม่วงมีค่าต่ำกว่า 5 คะแนน ทำให้สิ้นสุดอายุการเก็บรักษาเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นทั้ง 3 พันธุ์ ดัง Fig. 4.23a-c

ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นทั้ง 3 พันธุ์ พบว่าผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบต่อคุณลักษณะต่างๆ ลดลงเรื่อยๆ โดยที่สารละลายกรดเพอร์ออกซิ-แอซิดิกไม่มีผลต่อลักษณะต่างๆ เมื่อพิจารณาคะแนนการยอมรับโดยรวม เพื่อตัดสินอายุการเก็บรักษาของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้น โดยหากคะแนนการยอมรับโดยรวมต่ำกว่า 5.0 คะแนน จะถือว่าสิ้นสุดอายุการเก็บรักษา พบว่าเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นทุกชุดการทดลอง ได้รับคะแนนการยอมรับโดยรวมต่ำกว่า 5.0 คะแนน ในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา ดังนั้นเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์น้ำดอกไม้ โชคอนันต์ และมหาชน มีอายุการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 วัน ที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส

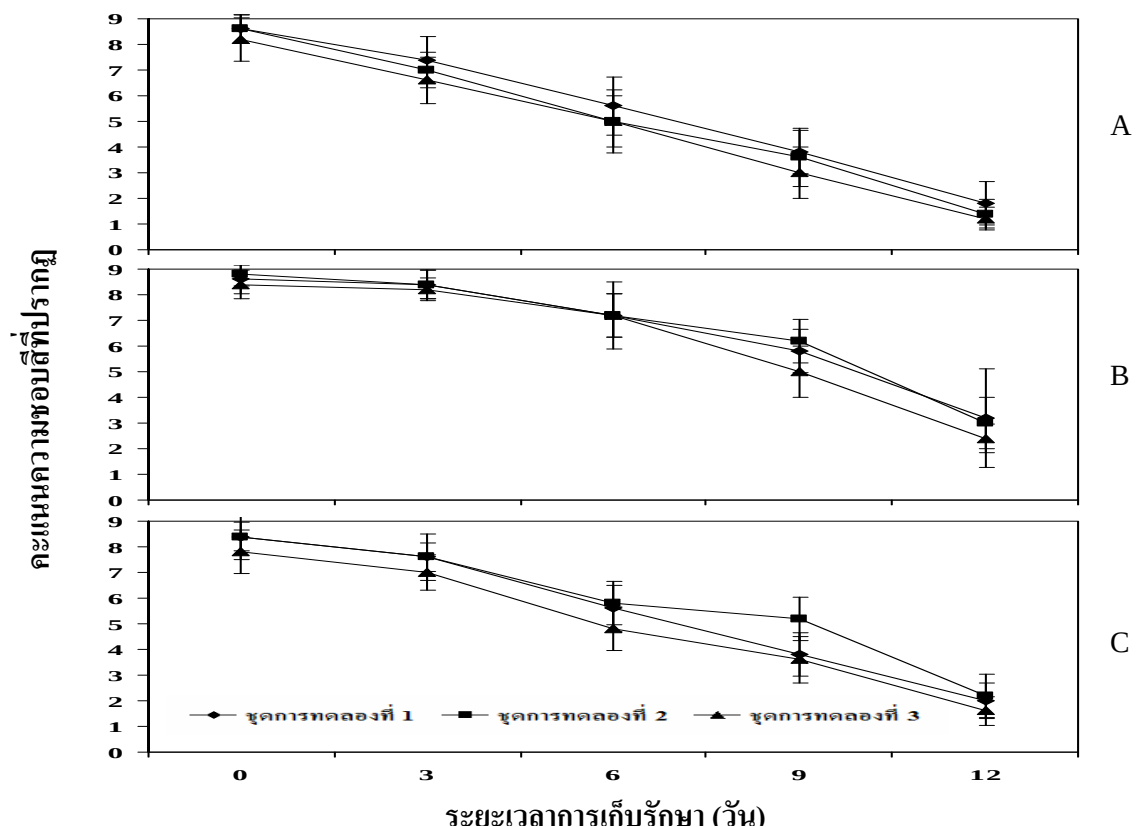


Figure 4.19: Changes in apparent color-liking score of ready to eat cut mango during storage at $4 \pm 1^{\circ}\text{C}$ for 12 days: (a) Nam dok Mai, (b) Chok Anan and (c) Maha Chanok mango

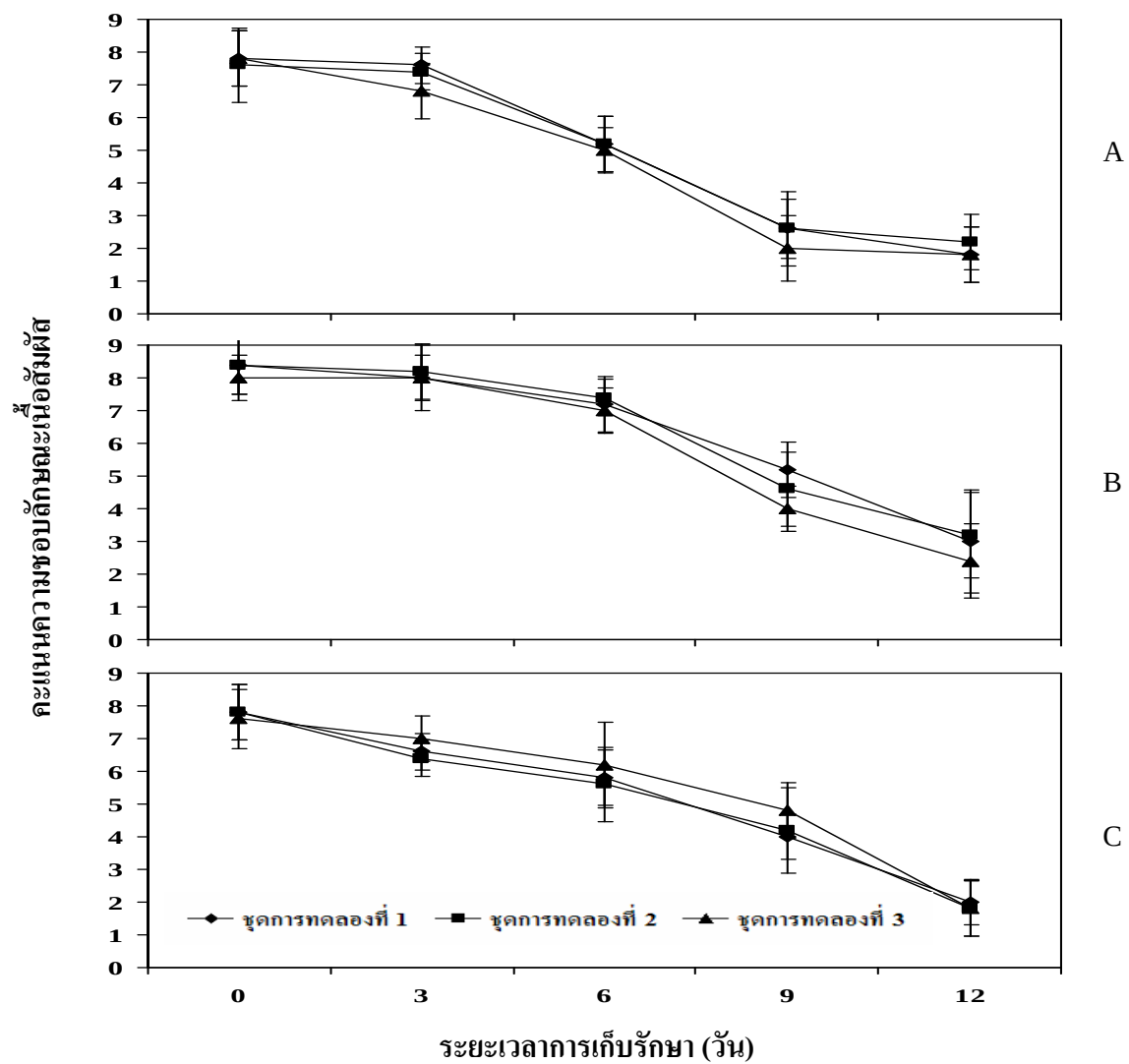


Figure 4.20: Changes in texture-liking score of ready to eat cut mango during storage at $4\pm1^{\circ}\text{C}$ for 12 days: (a) Nam dok Mai, (b) Chok Anan and (c) Maha Chanok mango

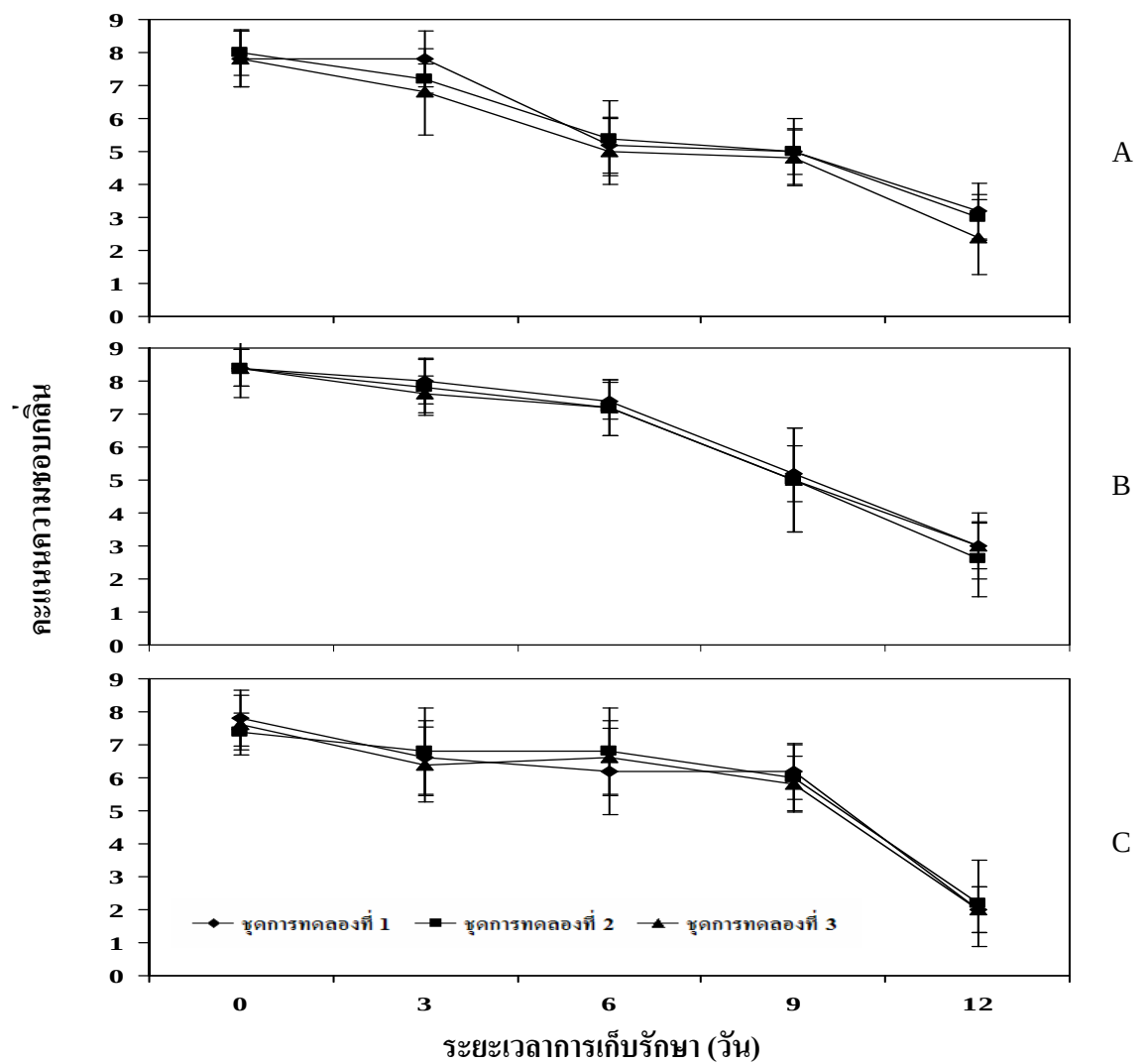


Figure 4.21: Changes in odor-liking score of ready to eat cut mango during storage at 4±1°C for 12 days: (a) Nam dok Mai, (b) Chok Anan and (c) Maha Chanok mango

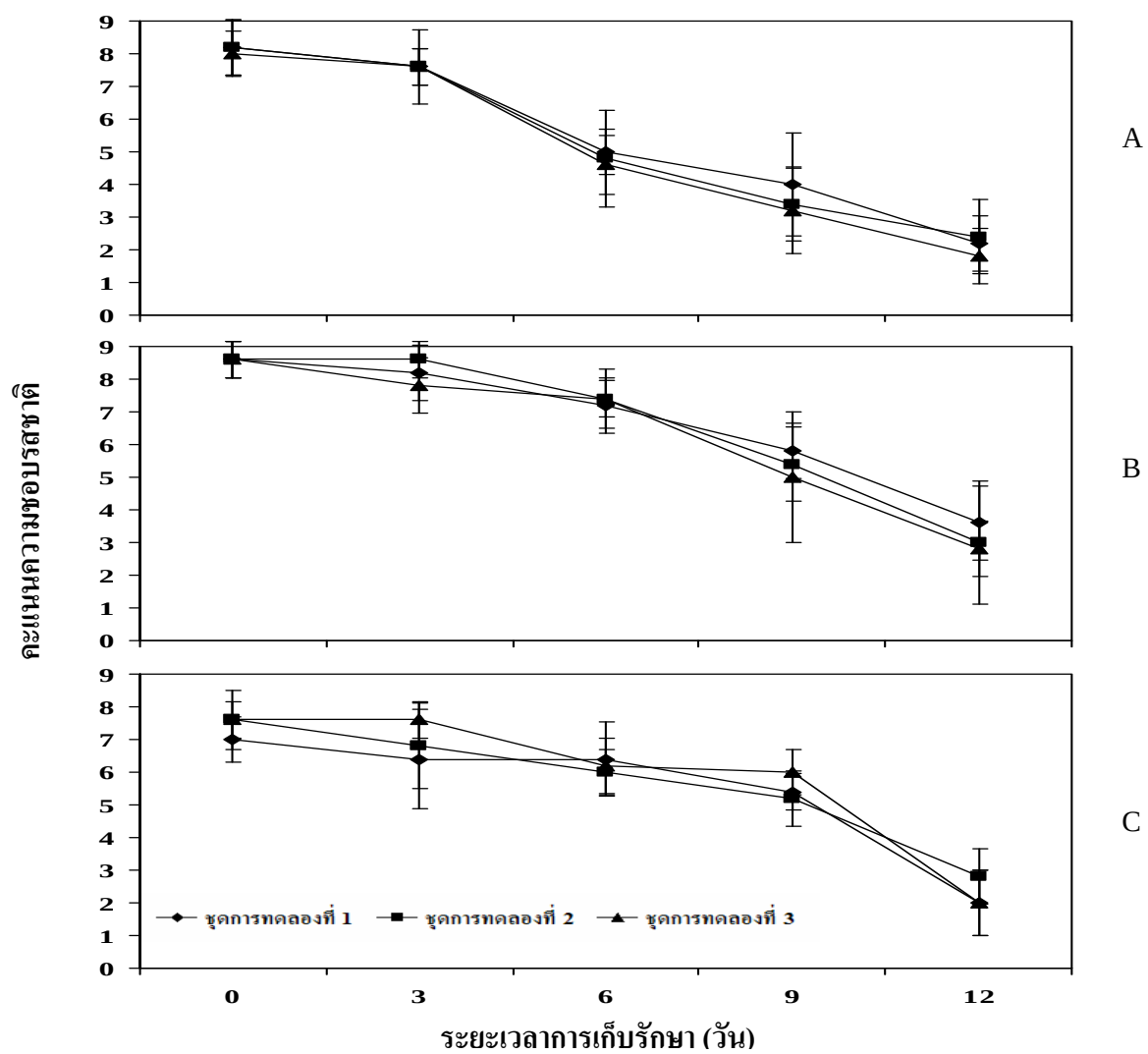


Figure 4.22: Changes in taste-liking score of ready to eat cut mango during storage at $4\pm1^{\circ}\text{C}$ for 12 days: (a) Nam dok Mai, (b) Chok Anan and (c) Maha Chanok mango

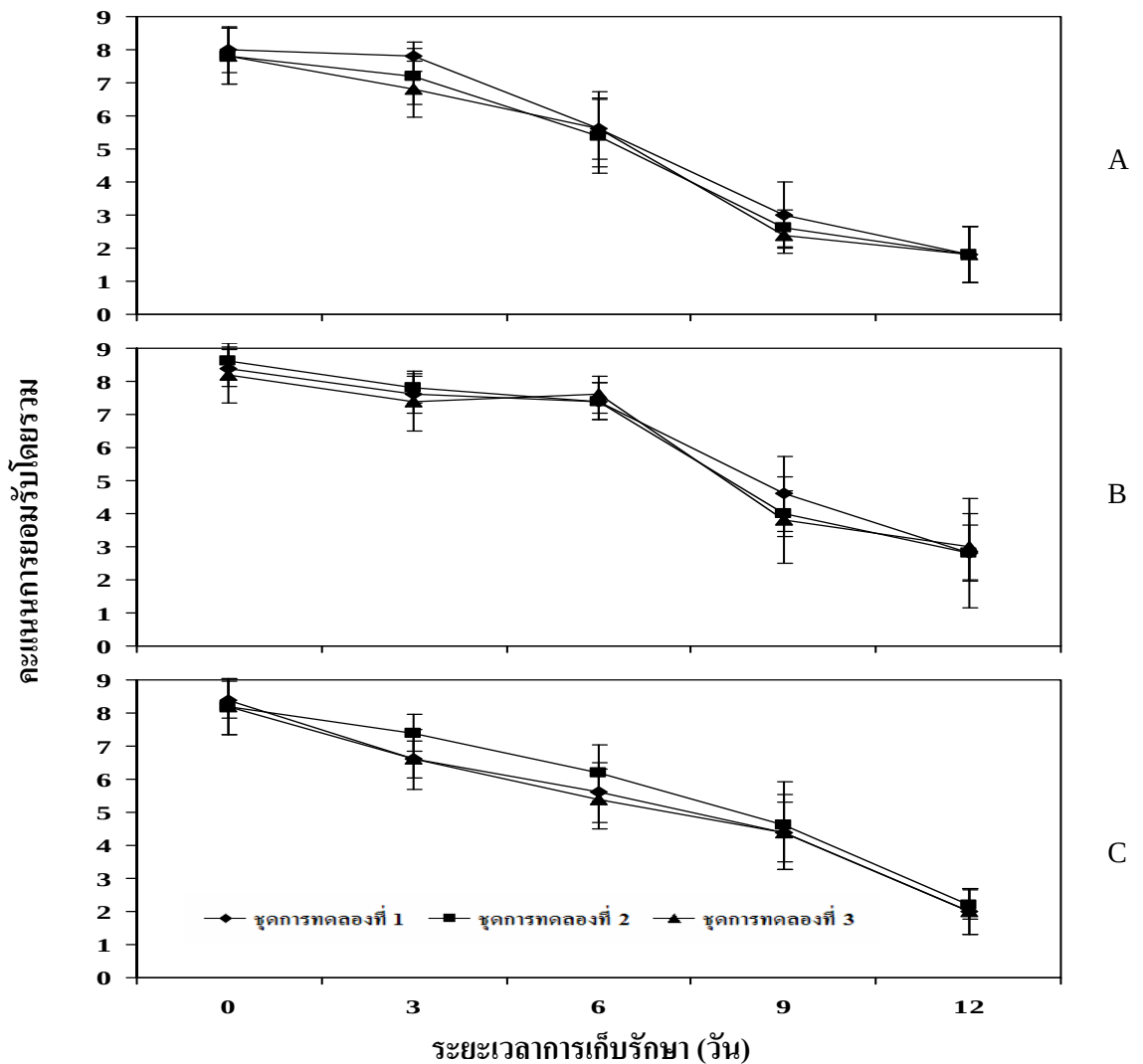


Figure 4.23: Changes in overall-liking score of ready to eat cut mango during storage at $4\pm1^{\circ}\text{C}$ for 12 days: (a) Nam dok Mai, (b) Chok Anan and (c) Maha Chanok mango

ล้นจี

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเพื่อหาสารฆ่าเชื้อ และระดับความเข้มข้นและระยะเวลาที่เหมาะสมในการลดจำนวนจุลินทรีย์ในเปลือกและเนื้อล้นจีสด 3 พันธุ์ พบว่าการล้างเปลือกผลล้นจีด้วย PAA ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 5 นาที และล้างเนื้อล้นจีด้วย PAA ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 1 นาที สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด และยีสต์และราได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ ระหว่างการเก็บรักษาเนื้อล้นจีสดทั้ง 3 พันธุ์ หลังจากล้างเปลือกและเนื้อล้นจีสดด้วยสารฆ่าเชืวดังกล่าว ที่เก็บรักษาใน polystyrene clamshell อุณหภูมิ 4 ± 1 องศา

เซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95+2 % เป็นระยะเวลา 12 วัน เปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่ได้ล้างทั้งเปลือกและเนื้อ และผลลึ้นจีที่ล้างเปลือกด้วย PAA เพียงอย่างเดียว ได้ผลการทดลองดังนี้

1. การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ

1) การเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัส วัดในรูปของความแน่นเนื้อ ผลการวิเคราะห์แสดงใน Figure 4.1.24 ก-ค พบว่า ในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษาเนื้อลิ้นจี่พันธุ์สงฮวยจากชุดควบคุม เนื้อลิ้นจี่จากชุดการทดลองที่ล้างเปลือก และเนื้อลิ้นจี่จากชุดการทดลองที่ล้างเปลือกและเนื้อ มีค่าความแน่นเนื้อเท่ากับ 1.88, 1.95 และ 2.02 นิวตัน เนื้อลิ้นจี่พันธุ์กิมเจมีค่าความแน่นเนื้อเท่ากับ 1.52, 1.79 และ 1.89 นิวตัน และเนื้อลิ้นจี่พันธุ์จักรพรรดิมีค่าเท่ากับ 2.02, 1.94 และ 1.97 นิวตัน ตามลำดับ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 12 วัน เนื้อลิ้นจี่มีความแน่นเนื้อค่อยๆ ลดลงในทุกชุดการทดลอง และแตกต่างจากวันเริ่มต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยเนื้อลิ้นจี่พันธุ์ สงฮวยจากชุดการทดลองดังกล่าวข้างต้นมีค่าความแน่นเนื้อเท่ากับ 1.46, 1.52 และ 1.61 นิวตัน เนื้อลิ้นจี่พันธุ์กิมเจมีค่าความแน่นเนื้อเท่ากับ 1.00, 1.37 และ 1.51 นิวตัน และเนื้อลิ้นจี่พันธุ์จักรพรรดิมีค่าความแน่นเนื้อเท่ากับ 1.48, 1.50 และ 1.55 นิวตัน ตามลำดับ และสำหรับพันธุ์สงฮวยและจักรพรรดิไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ของค่าความแน่นเนื้อระหว่างชุดการทดลองในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา และสำหรับพันธุ์กิมเจมีเนื้อลิ้นจี่จากชุดควบคุมมีค่าความแน่นเนื้อน้อยที่สุดเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

โดยทั่วไปผนังเซลล์พืชประกอบด้วยเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส สารประกอบเพกทิน ลิกนิน และโปรตีน ซึ่งทำหน้าที่เป็นเยื่อหุ้มเซลล์อยู่ด้านนอก เชื่อมต่อกันด้วยมิดเดิลลามেলাซึ่งมีองค์ประกอบหลักเป็นสารประกอบเพกทิน การเปลี่ยนแปลงค่าความแน่นเนื้อที่ลดลงเป็นผลมาจากเซลล์สูญเสียแรงต่ง โดยการสูญเสียน้ำออกจากเซลล์ระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาการ สลายตัวของพอลิแซ็กคาไรด์ที่เป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์ ทำให้เนื้อเยื่อพืชมีความกรอบลดลง หรือนิ่มมากขึ้น โดยมีเอนไซม์ cellulase และ hemicellulase เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา นอกจากนี้ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของสารประกอบเพกทิน อันเนื่องมาจากเอนไซม์ polygalacturonase , α - และ β -galactosidase โดยจะไปเร่งปฏิกิริยาการไฮโดรไลซิสสารประกอบเพกทินที่ละลายน้ำได้ทำให้เนื้อ ลิ้นจี่มีความแน่นเนื้อน้อยลง (Toivonen and Brummell, 2008) นอกจากนี้ระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น อาจมีการเจริญจุลินทรีย์ที่สามารถที่ย่อยสลายเพกทินในเนื้อลิ้นจี่จำพวก pectolytic bacteria ซึ่งจะทำให้เนื้อเยื่อของพืชอ่อนตัวลง (สุมาลี, 2541)

2) การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก เนื้อลิ้นจี่จากชุดควบคุม เนื้อลิ้นจี่จากชุดการทดลองที่ล้างเปลือก และเนื้อลิ้นจี่จากชุดการทดลองที่ล้างเปลือกและเนื้อ เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 12 วัน ที่อุณหภูมิ 4+1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95+ 2% พบว่าเนื้อลิ้นจี่ทั้ง 3 พันธุ์สูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วตาม ระยะเวลาในการเก็บรักษาในอัตราที่คงที่ เมื่อสิ้นสุดการทดลองเนื้อลิ้นจี่พันธุ์สงฮวยจากชุดการทดลองดังกล่าวสูญเสียน้ำหนัก 4.42, 3.46 และ 4.20% เนื้อลิ้นจี่พันธุ์กิมเจมีสูญเสียน้ำหนัก 3.37, 3.93 และ 4.30% และเนื้อลิ้นจี่พันธุ์จักรพรรดิมีการสูญเสียน้ำหนัก 4.10, 3.75 และ 4.09 % ตามลำดับ ดัง Fig. 4.25a-c เปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นสัมพันธ์กับค่าความแน่นเนื้อ ที่ลดลง และจากการสังเกตพบว่าในทุกชุดการทดลองจะมีน้ำขังอยู่บริเวณก้นกล่อง polystyrene clamshell สาเหตุอาจเนื่องมาจากการคายน้ำออกมาจากเนื้อลิ้นจี่และเนื่องจากเป็นพลาสติกชนิด แข็งจึงทำให้น้ำระเหยออกไปได้ยาก

เนื้อลิ้นจี่พันธุ์ Rose ที่แช่ในสารละลาย cysteine 4.9 g kg⁻¹ ร่วมกับ ascorbic acid (AA) 2.0 g kg⁻¹ และ 4-hexyl resorcinol (4-HR) เป็นเวลา 10 นาที , สารละลาย sucrose 502 g kg⁻¹ ที่ประกอบด้วย cysteine 4.9 g kg⁻¹ ร่วมกับ AA 20 g kg⁻¹ และ 4-HR 0.134 g kg⁻¹ เป็นเวลา 10 นาที ภายใต้สภาวะสุญญากาศ 570 mmHg และทิ้งไว้ในความดันอากาศปกติอีก 10 นาที, สารละลาย sucrose 502 g kg⁻¹ เป็นเวลา 10 นาที ภายใต้สภาวะสุญญากาศ 570 mmHg และทิ้งไว้ในความดันอากาศปกติอีก 10 นาที มีปริมาณของเหลวจากเซลล์หลังเก็บรักษาเป็นเวลา 4 วัน ที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส ปริมาตร 12.10-16.80 มิลลิลิตร/100 กรัม และเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เป็น 22.10-37.80 มิลลิลิตร/100 กรัม หลังเก็บรักษาเป็นเวลา 24 วัน (Shah and Nart, 2008)

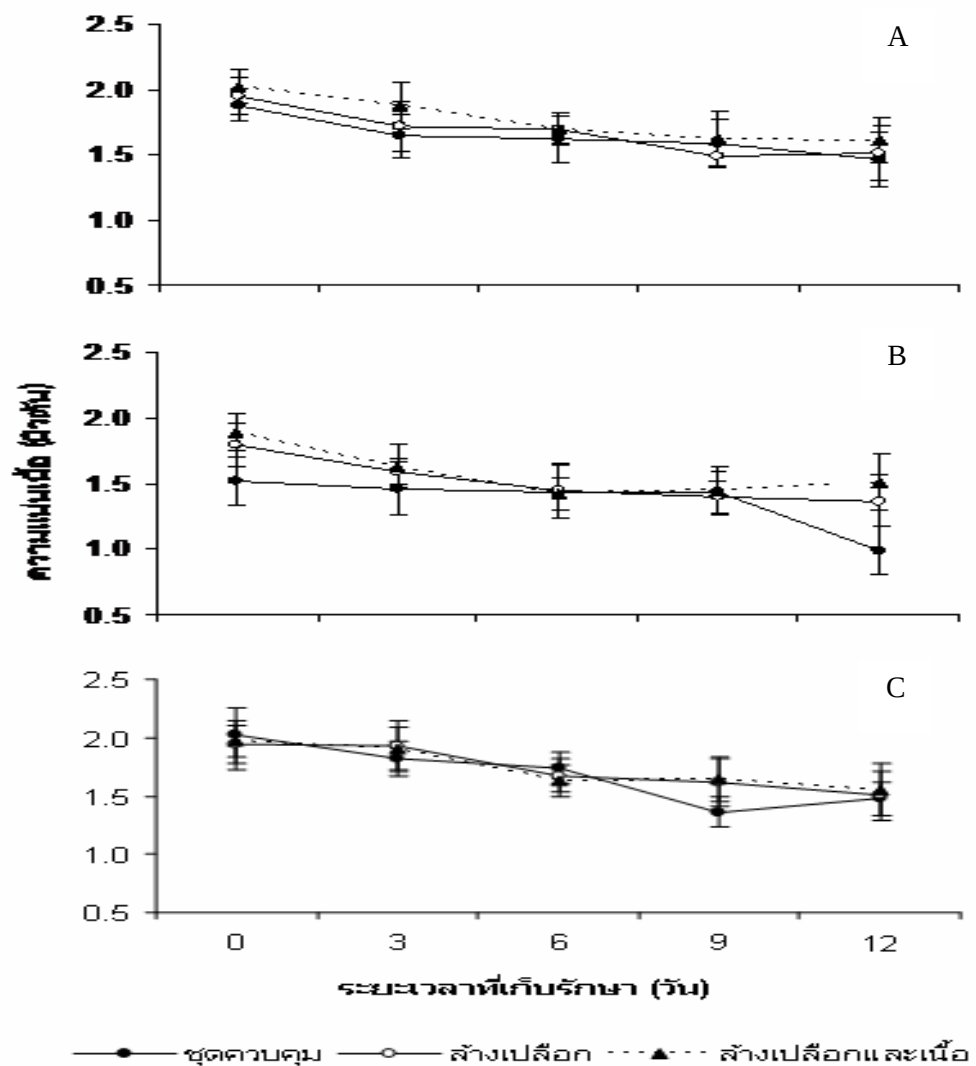


Figure 4.24: Changes in firmness of lychee pulp that peel and pulp were washed with 100 and 50 mg/l of peroxy acetic acid for 5 and 1 min and stored at 4±1°C and 95±2%RH for 12 days: (a) Honghuay, (b) Kimjeng and (c) Emperor lychee

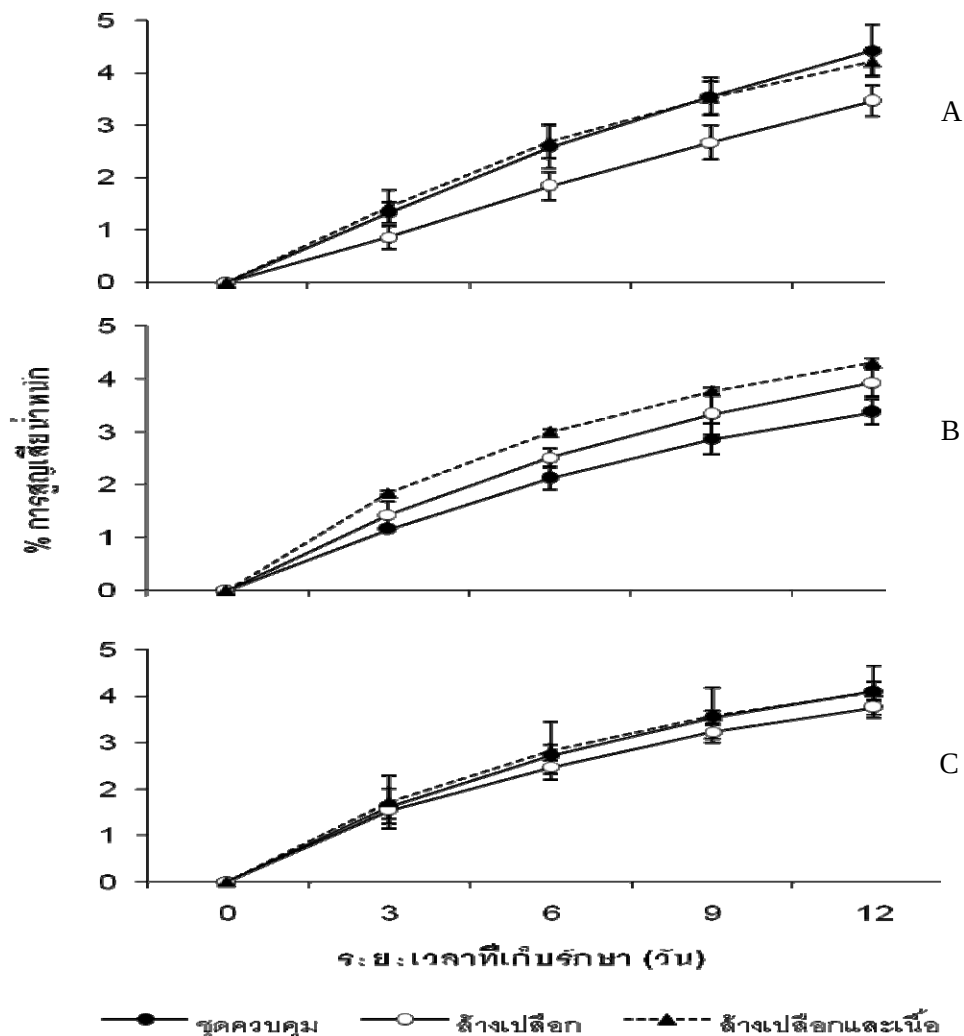


Figure 4.25: Changes in %weight loss of lychee pulp that peel and pulp were washed with 100 and 50 mg/l of peroxy acetic acid for 5 and 1 min and stored at $4\pm1^{\circ}\text{C}$ and $95\pm2\%\text{RH}$ for 12 days: (a) Honghuay, (b) Kimjeng and (c) Emperor lychee

2. การเปลี่ยนแปลงทางเคมี

1) การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช เนื้อลิ้นจี่พันธุ์ฮวงฮวยจากชุดควบคุม เนื้อลิ้นจี่จากชุดการทดลองที่ล้างเปลือก และเนื้อลิ้นจี่จากชุดการทดลองที่ล้างเปลือกและเนื้อมีค่า pH เริ่มต้นคือ 4.34, 4.48 และ 4.44 ตามลำดับ ภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 3 วัน ที่อุณหภูมิ $4\pm1^{\circ}\text{C}$ องศาเซลเซียส ค่า pH ของเนื้อลิ้นจี่จากชุดควบคุมและจากชุดการทดลองที่ล้างเปลือกมีค่า pH ลดลงอย่างรวดเร็ว คือ 4.09 และ 3.90 ตามลำดับ และค่อยๆ ลดลงอย่างช้าๆ จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลองมีค่า pH เท่ากับ 3.40 และ 3.76 ตามลำดับ ขณะที่เนื้อลิ้นจี่จากชุดการทดลองที่ล้างเปลือกและเนื้อมีค่า pH ค่อนข้างคงที่เป็นระยะเวลา 9 วัน และลดลงอย่างรวดเร็ว

ภายหลังเก็บรักษาเป็นเวลา 12 วัน มีค่า pH เท่ากับ 3.94 และแตกต่างจากชุดการทดลองทั้งสองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดัง Fig. 4.27a

เนื้อลิ้นจี่พันธุ์กิมเจงของชุดควบคุม ชุดการทดลองที่ล้างเปลือก และชุดทดลองที่ล้างเปลือกและเนื้อมีค่า pH เริ่มต้นคือ 4.63, 4.66 และ 4.65 ตามลำดับ ภายหลังเก็บรักษาเป็นเวลา 12 วัน เนื้อลิ้นจี่มีค่า pH ก่อนข้างคองที่ ยกเว้นเนื้อลิ้นจี่จากชุดควบคุมที่มีค่า pH ลดลงเพียงเล็กน้อย และแตกต่างจากชุดการทดลองที่เหลืออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อสิ้นสุดการทดลองเนื้อลิ้นจี่จากชุดการทดลองดังกล่าวข้างต้นมีค่า pH เท่ากับ 4.54, 4.67 และ 4.66 ตามลำดับ ดัง Fig. 4.27b

เนื้อลิ้นจี่พันธุ์จักรพรรดิจากชุดควบคุม เนื้อลิ้นจี่จากชุดการทดลองที่ล้างเปลือก และเนื้อลิ้นจี่จากชุดการทดลองที่ล้างเปลือกและเนื้อมีค่า pH เริ่มต้นคือ 5.07, 4.83 และ 5.09 ตามลำดับ ภายหลังเก็บรักษาเป็นเวลา 6 วัน เนื้อลิ้นจี่จากชุดควบคุมมีค่า pH ค่อย ๆ ลดลงจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลองมีค่า pH เท่ากับ 4.68 และแตกต่างจากชุดการทดลองอีกสองชุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ขณะที่เนื้อลิ้นจี่จากชุดการทดลองที่ล้างเปลือก และเนื้อลิ้นจี่จากชุดการทดลองที่ล้างเปลือกและเนื้อมีค่า pH ก่อนข้างคองแปรแต่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และเมื่อสิ้นสุดการทดลองมีค่า pH เท่ากับ 5.09 และ 5.16 ตามลำดับ ดัง Fig. 4.27c

ค่า pH ที่ลดลงเกี่ยวข้องกับการเจริญของจุลินทรีย์ เมื่อจุลินทรีย์มีการเจริญ จุลินทรีย์จะใช้น้ำตาลกลูโคสเป็นแหล่งคาร์บอนและพลังงานในการเจริญเติบโตและผลิกรดขึ้นทำให้ ค่าความเป็นกรด-ด่างลดลง (สุมาลี, 2541) จากการศึกษาจะเห็นว่าเนื้อลิ้นจี่จากชุดควบคุมมี pH ลดลงอย่างต่อเนื่อง ขณะที่อีกสองชุดการทดลองมี pH ลดลงเพียงเล็กน้อย แสดงว่า การใช้สารฆ่าเชื้อ หรือสารละลายกรดเพอร์ออกไซด์ชนิดิกสามารถชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ได้ โดยเฉพาะชุดการทดลองที่ล้างเปลือกและเนื้อด้วยสารละลายกรดเพอร์ออกไซด์ชนิดิกความเข้มข้น 100 และ 50 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 5 และ 1 นาที มีการเปลี่ยนแปลงของค่า pH น้อยที่สุด โดยค่า pH ในวันเริ่มต้น ไม่แตกต่างจากวันที่ 12 ของการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

2) การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA) ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้แสดงในรูปของกรดมาลิก เมื่อเริ่มต้นการเก็บรักษาปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของเนื้อลิ้นจี่จากชุดควบคุม เนื้อลิ้นจี่จากชุดการทดลองที่ล้างเปลือก และเนื้อลิ้นจี่จากชุดการทดลองที่ล้างทั้งเปลือกและเนื้อ ในพันธุ์ฮวงฮวยมีปริมาณเท่ากับ 0.47, 0.38 และ 0.51 % ตามลำดับ พันธุ์กิมเจงมีปริมาณเท่ากับ 0.39, 0.38 และ 0.38 % ตามลำดับ และพันธุ์จักรพรรดิมีปริมาณเท่ากับ 0.39, 0.44 และ 0.37 % ตามลำดับ ภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 วัน ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของเนื้อลิ้นจี่เนื้อลิ้นจี่จากชุดการทดลองที่ล้างเปลือก และเนื้อลิ้นจี่จากชุดการทดลองที่ล้างทั้งเปลือกและเนื้อ จากทั้ง 3 พันธุ์ เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ขณะที่เนื้อลิ้นจี่จากชุดควบคุมปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาและแตกต่างจากอีกสองชุดการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ที่เพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์กับค่า pH ที่ลดลง โดยเมื่อสิ้นสุดการทดลองเนื้อลิ้นจี่พันธุ์ฮวงฮวยจากชุดการทดลองดังกล่าวข้างต้นมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เท่ากับ 0.84, 0.67 และ 0.52 ตามลำดับ เนื้อลิ้นจี่พันธุ์กิมเจงมีปริมาณเท่ากับ 0.47, 0.43 และ 0.43 ตามลำดับ และเนื้อลิ้นจี่พันธุ์จักรพรรดิมีปริมาณเท่ากับ 0.49, 0.44 และ 0.43 ตามลำดับ ดัง Fig. 4.28a-c

3) การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ส่วนใหญ่คือน้ำตาล ส่วนที่เหลือจะเป็นกรดอินทรีย์ กรด แอมิโน และเพกทินที่ละลายน้ำได้ (มลิวรรณและแสงแก้ว, 2550) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้แต่ ละชุดการทดลองส่วนใหญ่มีแนวโน้มลดลงเพียงเล็กน้อยเมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยการเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์ TSS มีค่าค่อนข้างผันแปรขึ้นและลง เมื่อเริ่มต้นการทดลองเนื้อลิ้นจี่พันธุ์ฮวงฮวยจากชุดควบคุม เนื้อลิ้นจี่จากชุดการทดลองที่ล้างเปลือก และเนื้อลิ้นจี่จากชุดการทดลองที่ล้างเปลือกและเนื้อที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 17.56, 17.74 และ 16.03 % ตามลำดับ พันธุ์กิมเจมีค่าเท่ากับ 20.10, 19.90 และ 19.52 % ตามลำดับ และพันธุ์จักรพรรดิมีค่าเท่ากับ 17.23, 18.54 และ 15.92 % ตามลำดับ ภายหลังการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 12 วัน ที่อุณหภูมิ 4+1 องศาเซลเซียส เนื้อลิ้นจี่พันธุ์ฮวงฮวยจากชุดการทดลองดังกล่าวข้างต้นมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ เท่ากับ 17.81, 16.61 และ 15.81 % ตามลำดับ เนื้อลิ้นจี่พันธุ์กิมเจมีค่าเท่ากับ 21.00, 20.92 และ 19.01 % ตามลำดับ และเนื้อลิ้นจี่พันธุ์จักรพรรดิมีค่าเท่ากับ 17.32, 17.52 และ 15.90 % ตามลำดับ ดัง Fig. 4.1.29 a-c

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างชุดการทดลอง เนื้อลิ้นจี่จากชุดการทดลองที่ล้างเปลือกและเนื้อด้วยสารละลายเพอร์ออกไซด์คลอรีน 100 และ 50 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 5 และ 1 นาที ส่งผลให้มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เมื่อเริ่มต้นการทดลองจนกระทั่งสิ้นสุดระยะเวลาการเก็บรักษา น้อย ที่สุดเมื่อเปรียบเทียบเทียบกับอีกสองชุดการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เป็นไปได้ว่าของแข็งที่ละลายน้ำได้อาจสูญเสียไปกับของเหลวจากเซลล์ขณะคว้านเมล็ดตอนแช่ในสารฆ่าเชื้อ จึงทำให้มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เริ่มต้นน้อยที่สุด นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงของปริมาณ ของแข็งที่ละลายน้ำได้ที่ไม่ชัดเจนเนื่องมาจากลิ้นจี่เป็นผลไม้ประเภท non-climacteric มีการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาทางเคมีภายหลังการเก็บเกี่ยวเพียงเล็กน้อย (จริงแท้, 2549)

ผลลิ้นจี่ที่ผ่านการรมก๊าซโอโซนความเข้มข้น 100 มิลลิกรัม/ชั่วโมง นาน 0, 30, 45 และ 60 นาที ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน มีแนวโน้มของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ลดลงเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น โดยมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย ซึ่งก่อนเก็บ รักษา มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้อยู่ระหว่าง 17.90-18.57 ๐บริกซ์ และหลังเก็บรักษามีค่าอยู่ระหว่าง 16.49-17.84 ๐บริกซ์ และไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในแต่ละชุดการทดลอง (อรุณทัย, 2546)

4) การเปลี่ยนแปลงสัดส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TSS/TA) เป็นตัวบ่งชี้ที่ดีของรสชาติของลิ้นจี่ได้ดีกว่า TSS เพียงอย่างเดียว ซึ่งไม่สามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ที่เชื่อถือได้ (Holcroft and Mitcham, 1996) วันเริ่มต้นการทดลองเนื้อลิ้นจี่พันธุ์ฮวงฮวยจากชุดควบคุม เนื้อลิ้นจี่จากชุดการทดลองที่ล้างเปลือก และเนื้อลิ้นจี่จากชุดการทดลองที่ล้างเปลือกและเนื้อมีค่าเท่ากับ 37.51, 34.58 และ 31.28 ตามลำดับ พันธุ์กิมเจมีสัดส่วนของ TSS/TA เท่ากับ 51.51, 53.01 และ 51.13 ตามลำดับ และพันธุ์จักรพรรดิมีค่าเท่ากับ 44.60, 49.39 และ 51.21 ตามลำดับ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4+1 องศาเซลเซียส สัดส่วน TSS/TA ลดลงอย่างช้าๆ และสิ้นสุดการทดลองมีค่าแตกต่างจากวันเริ่มต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยเนื้อลิ้นจี่พันธุ์ฮวงฮวยจากชุดการทดลองดังกล่าวข้างต้นมีค่าเท่ากับ 21.38, 24.97 และ 28.91 ตามลำดับ เนื้อลิ้นจี่พันธุ์กิมเจมีค่าเท่ากับ 44.83, 48.97 และ 44.06 ตามลำดับ และเนื้อลิ้นจี่พันธุ์จักรพรรดิมีค่าเท่ากับ 41.39, 47.65 และ 44.46 ตามลำดับ แสดงว่าเนื้อลิ้นจี่จากทุกชุดการทดลองมีรสชาติหวานน้อยลง เนื่องจากมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เพิ่มขึ้น ดัง Fig. 4.30 a-c

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างชุดการทดลองเนื้อลิ้นจี่พันธุ์ฮวงฮวยจากชุดควบคุม และจากชุดการทดลองที่ล้างเปลือกมีสัดส่วนของ TSS/TA ต่ำกว่า 30 หลังจากการเก็บรักษาเพียง 6 วัน แสดงว่ารสชาติอาจไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ค่าที่เหมาะสมของสัดส่วนระหว่างน้ำตาลและกรดที่จะ สามารถเก็บเกี่ยวผลลิ้นจี่ได้นั้นคือมีค่าอยู่ในช่วง 30-40 (Horcroft and Mitcham, 1996) ซึ่งลิ้นจี่พันธุ์กิมเจงและพันธุ์จักรพรรดิมีค่าอยู่ระหว่าง 40-50 แสดงว่าลิ้นจี่ที่นำมาทดลองมีความหวานมากกว่าพันธุ์ฮวงฮวยที่จะมีรสชาติหวานอมเปรี้ยวมากกว่า

5) การเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซี เริ่มต้นในเนื้อลิ้นจี่จากชุดควบคุม เนื้อลิ้นจี่จากชุดการทดลองที่ล้างเปลือก และเนื้อลิ้นจี่จากชุดการทดลองที่ล้างทั้งเปลือกและเนื้อ ในพันธุ์ฮวงฮวยมีปริมาณเท่ากับ 21.12, 19.84 และ 18.12 มิลลิกรัม/น้ำผลไม้ 100 มิลลิลิตร ตามลำดับ พันธุ์กิมเจงมีปริมาณเท่ากับ 6.06, 5.22 และ 4.76 มิลลิกรัม/น้ำผลไม้ 100 มิลลิลิตร ตามลำดับ พันธุ์จักรพรรดิมีปริมาณเท่ากับ 62.57, 70.55 และ 47.17 มิลลิกรัม/น้ำผลไม้ 100 มิลลิลิตร ตามลำดับ เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 12 วัน ที่อุณหภูมิ $4 + 1$ องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ $97 + 2\%$ ปริมาณวิตามินซีในเนื้อลิ้นจี่ทั้ง 3 พันธุ์ ลดลงอย่างรวดเร็ว ในอัตราค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา เมื่อสิ้นสุดการทดลองปริมาณวิตามินซีในเนื้อลิ้นจี่พันธุ์ฮวงฮวยมีปริมาณเท่ากับ 10.42, 8.20 และ 7.34 มิลลิกรัม/น้ำผลไม้ 100 มิลลิลิตร คิดเป็นการสูญเสียวิตามินซี 50.66, 58.66 และ 59.49% ตามลำดับ พันธุ์กิมเจงมีปริมาณเท่ากับ 3.20, 3.20 และ 2.49 มิลลิกรัม/น้ำผลไม้ 100 มิลลิลิตร คิดเป็นการสูญเสียวิตามินซี 47.19, 38.70 และ 47.69% ตามลำดับ พันธุ์จักรพรรดิมีปริมาณเท่ากับ 37.21, 36.50 และ 31.48 มิลลิกรัม/น้ำผลไม้ 100 มิลลิลิตร คิดเป็นการสูญเสียวิตามินซี 40.53, 48.26 และ 33.26% ตามลำดับ ดัง Fig. 4.31 a-c

ปริมาณวิตามินซีในเนื้อลิ้นจี่เมื่อเริ่มต้นจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง พบว่าเนื้อลิ้นจี่จากชุดการทดลองที่ล้างเปลือกและเนื้อมีปริมาณวิตามินซีเหลืออยู่น้อยกว่าชุดควบคุมและชุดการทดลองที่ล้างเปลือกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) การสูญเสียวิตามินซีเป็นผลมาจากคุณสมบัติในการทำปฏิกิริยาที่ว่องไวกับ O_2 ในอากาศ ความสามารถในการละลายน้ำได้ดี ทำให้วิตามินซีอาจสูญเสียไปกับของเหลวจากเซลล์ผลไม้ที่มีบาดแผลจากการควั่นเมล็ดขณะแช่ในสารฆ่าเชื้อ นอกจากนี้เอนไซม์ที่พบในผลไม้ เช่น แอสคอร์บิกออกซิเดส สามารถเร่งการสลายตัวของวิตามินซีในผลไม้สดได้เมื่อเนื้อเยื่อของผลไม้สดเกิดการเสียหายเนื่องจากการปอกหั่นหรือเกิดรอยขีด (นิธิยา, 2549)

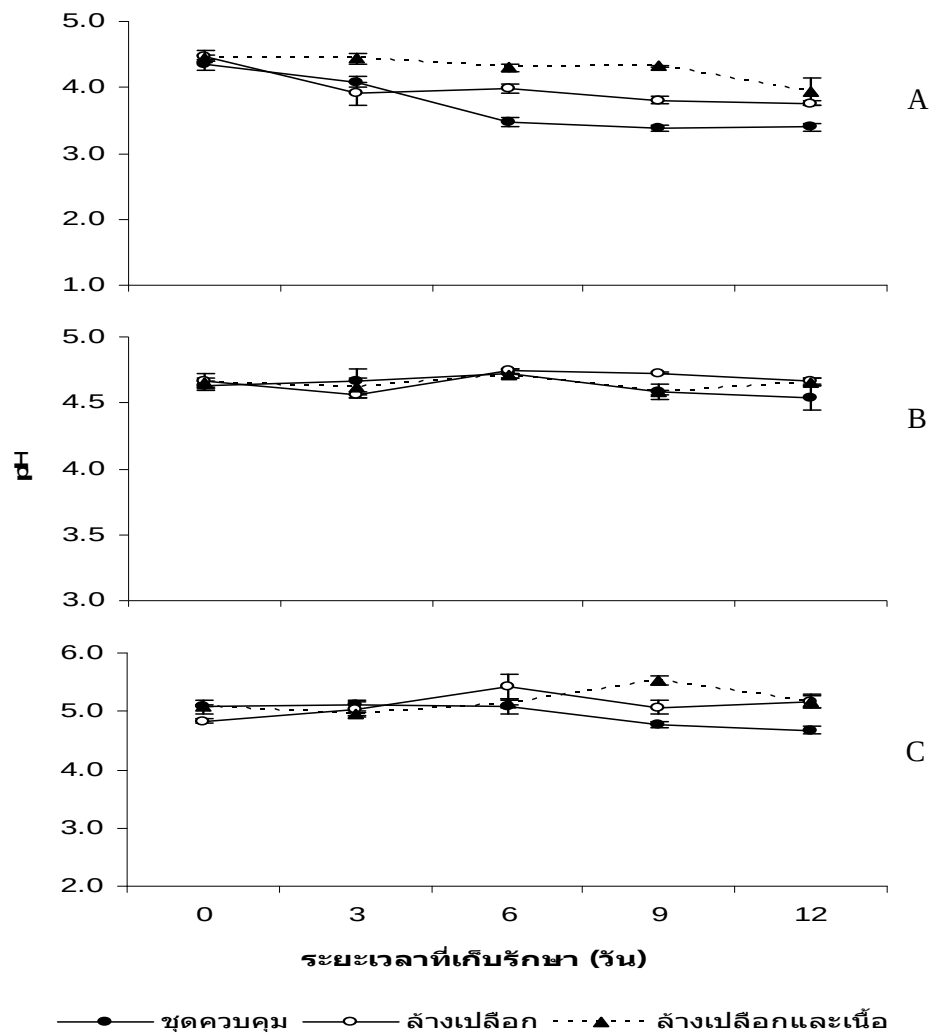


Figure 4.26: Changes in pH of lychee pulp that peel and pulp were washed with 100 and 50 mg/l of peroxy acetic acid for 5 and 1 min and stored at $4\pm1^{\circ}\text{C}$ and $95\pm2\%\text{RH}$ for 12 days: (a) Honghuay, (b) Kimjeng and (c) Emperor lychee

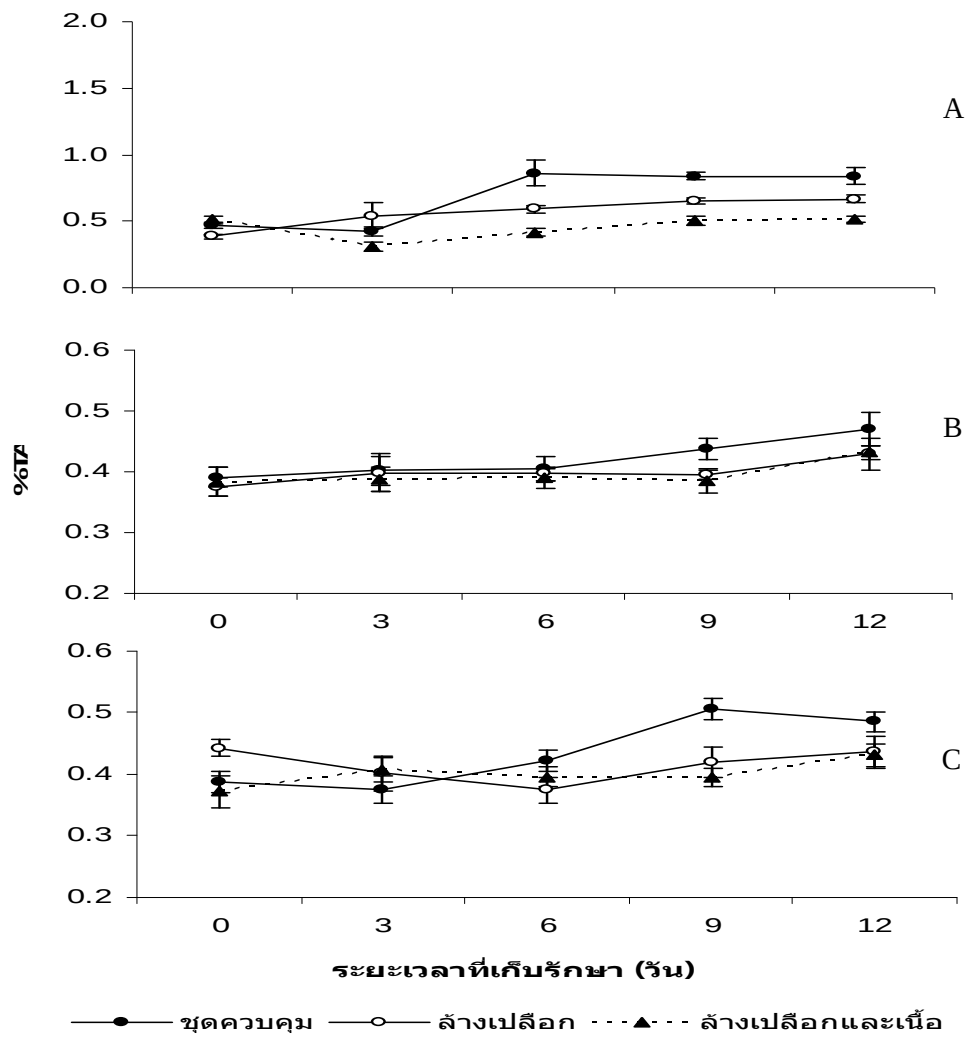


Figure 4.27: Changes in TA of lychee pulp that peel and pulp were washed with 100 and 50 mg/l of peroxy acetic acid for 5 and 1 min and stored at $4\pm1^{\circ}\text{C}$ and $95\pm2\%\text{RH}$ for 12 days: (a) Honghuay, (b) Kimjeng and (c) Emperor lychee

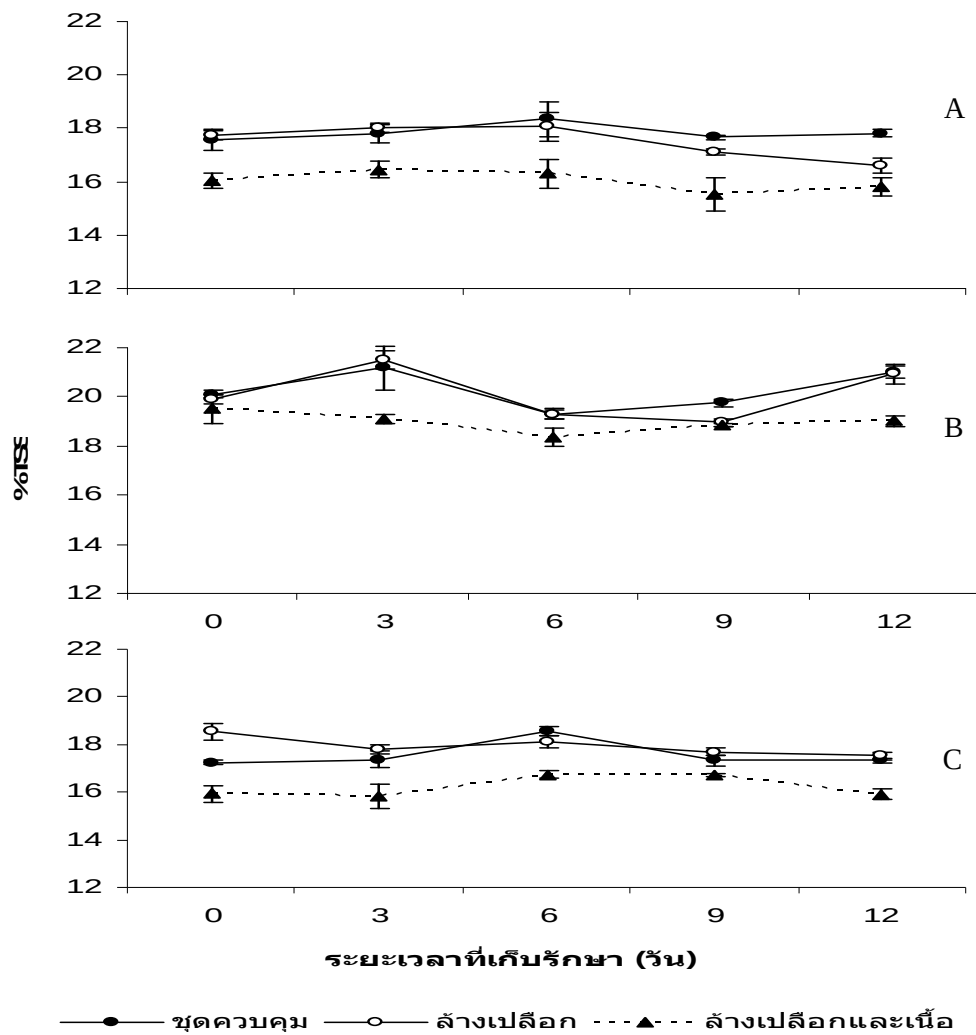


Figure 4.28: Changes in TSS of lychee pulp that peel and pulp were washed with 100 and 50 mg/l of peroxy acetic acid for 5 and 1 min and stored at $4\pm1^{\circ}\text{C}$ and $95\pm2\%\text{RH}$ for 12 days: (a) Honghuay, (b) Kimjeng and (c) Emperor lychee

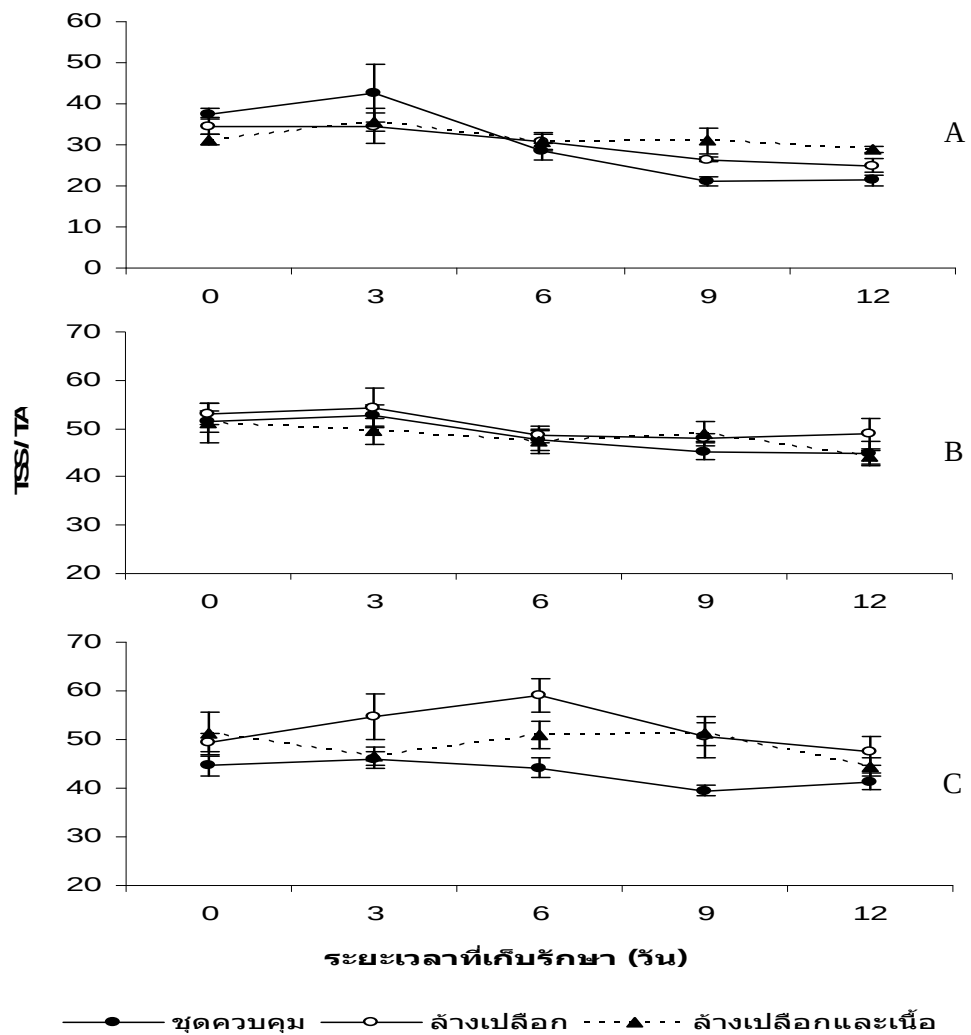


Figure 4.29: Changes in TSS/TA ratio of lychee pulp that peel and pulp were washed with 100 and 50 mg/l of peroxy acetic acid for 5 and 1 min and stored at $4\pm1^{\circ}\text{C}$ and $95\pm2\%\text{RH}$ for 12 days: (a) Honghuay, (b) Kimjeng and (c) Emperor lychee

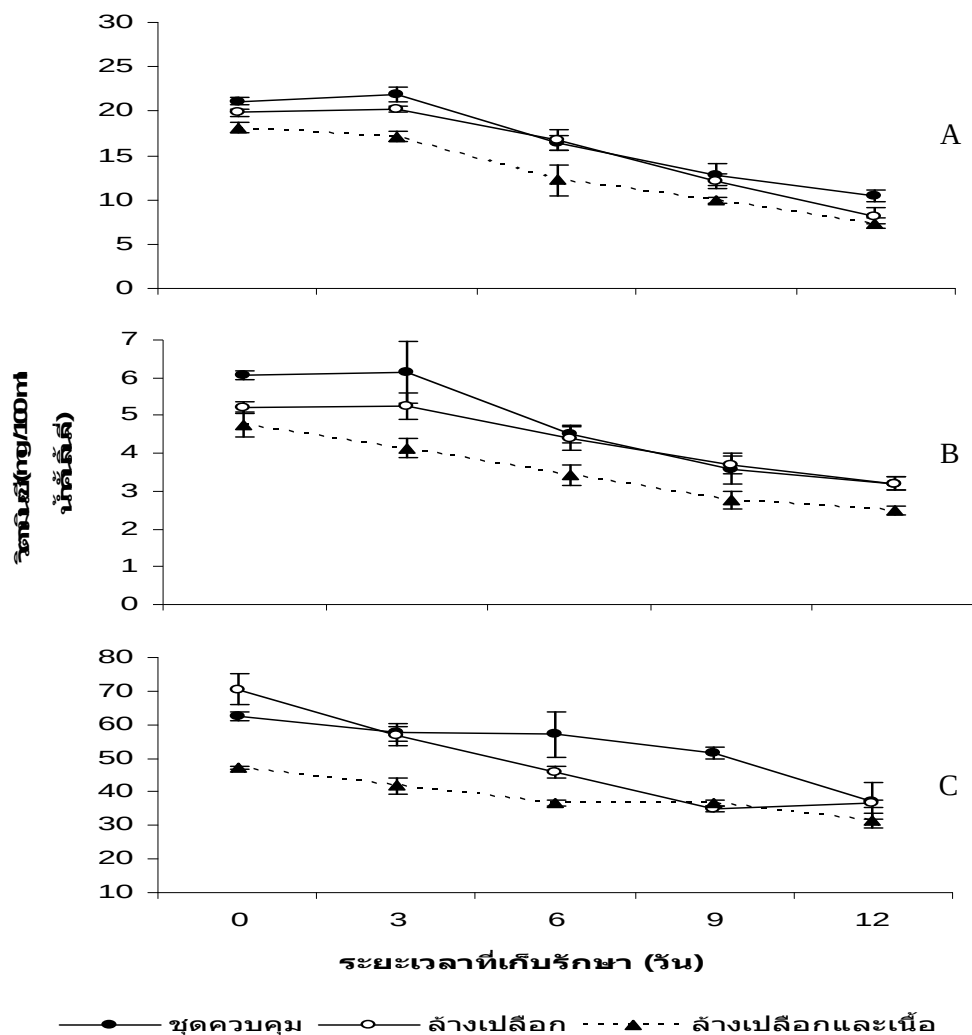


Figure 4.30: Changes in vitamin C of lychee pulp that peel and pulp were washed with 100 and 50 mg/l of peroxy acetic acid for 5 and 1 min and stored at $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ and $95\pm 2\%\text{RH}$ for 12 days: (a) Honghuay, (b) Kimjeng and (c) Emperor lychee

3. การเปลี่ยนแปลงทางจุลินทรีย์

จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดและยีสต์และราแสดงใน Fig. 4.32 a-c ผลการทดลองสอดคล้องกับผลการทดลองเบื้องต้น โดยในวันเริ่มต้นการล้างผลล้นจีและเนื้อล้นจีด้วยสารละลายกรดเพอร์ออกซิอะซิติก ความเข้มข้น 100 และ 50 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 5 และ 1 นาที ส่งผลให้มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดและยีสต์และราน้อยที่สุด แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับชุดการทดลองที่ล้างเปลือกเพียงอย่างเดียว ยกเว้นพันธุ์ฮวงฮวย ซึ่งจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดจากชุดควบคุม ชุดการทดลองที่ล้างเปลือก และชุดการทดลองที่ล้างเปลือกและเนื้อ ในวันเริ่มต้นมีจำนวนเท่ากับ 2.37, 2.12, 1.13 log cfu g⁻¹, 2.63, 0.96, 0.96 log cfu g⁻¹ และ 3.07, 2.32, 2.10 log cfu g⁻¹ ในเนื้อล้นจีพันธุ์ฮวงฮวย กิมเจง และจักรพรรดิ ตามลำดับ

จำนวนยีสต์และราจากชุดการทดลองดังกล่าวข้างต้นมีจำนวนเท่ากับ 2.29, 1.96, 1.51 log cfu g-1, 2.56, 0.60, 0.22 log cfu g-1 และ 3.16, 2.42, 2.05 log cfu g-1 ในเนื้อลิ้นจี่พันธุ์ฮวงฮวย พันธุ์กิมเจง และพันธุ์จักรพรรดิ ตามลำดับ โดยการล้างเปลือกและเนื้อลิ้นจี่ด้วยสารฆ่าเชื้อสามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดได้ 0.97-1.67 log cfu g-1 และลดจำนวนยีสต์และราได้ 0.78-2.34 log cfu g-1 เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม การล้างเปลือกและเนื้อลิ้นจี่ด้วยสารละลายกรดเพอร์ออกซิอะซิดิกสามารถชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ทั้งหมดและยีสต์และราได้ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา และมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งสองชนิดน้อยที่สุดเมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการเก็บรักษา 12 วัน ที่อุณหภูมิ 4+1 องศาเซลเซียส โดยชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ทั้งหมดและยีสต์และราได้เป็นเวลา 6 วันในเนื้อลิ้นจี่พันธุ์ฮวงฮวย และพันธุ์จักรพรรดิ และกิมเจงได้เป็นระยะเวลา 9 วัน และสิ้นสุดการทดลองเนื้อลิ้นจี่มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดและยีสต์และราไม่เกินเกณฑ์คุณภาพทางจุลินทรีย์ที่กำหนดไว้ โดยมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด 3.11, 2.62 และ 4.64 log cfu g-1 และยีสต์และรา 3.07, 2.93 และ 4.69 log cfu g-1 ในเนื้อลิ้นจี่พันธุ์ฮวงฮวย กิมเจง และจักรพรรดิ ตามลำดับ

ตามเกณฑ์คุณภาพสำหรับอาหารทั่วไปที่มีใช้อาหารควบคุมในหมวดอาหารพร้อมบริโภค (ผักและผลไม้) กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ และข้อกำหนดคุณภาพทางจุลินทรีย์สำหรับอาหารพร้อมบริโภค ของ Communicable disease and public health กำหนดให้จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดที่อยู่ในระดับน่าพึงพอใจ คือ < 106 cfu g-1 หรือ 6 log cfu g-1 และ 106 - <107 cfu g-1 อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ และจะไม่ยอมรับเมื่อมีจำนวน > 107 cfu g-1 จำนวนยีสต์และรา < 104 cfu g-1 หรือ 4 log cfu g-1 (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2547 : Gilbert et al., 2000)

อย่างไรก็ตาม เนื้อลิ้นจี่จากชุดควบคุมและชุดทดลองที่ล้างเปลือกมีจำนวนยีสต์และรามากกว่าเกณฑ์คุณภาพทางจุลินทรีย์ที่กำหนดหลังเก็บรักษาเป็นเวลา 3 และ 6 วัน ตามลำดับ ที่อุณหภูมิ 4+1 องศาเซลเซียส

ลำไย

นำผลลำไยมาแช่ในสารละลายกรดเพอร์ออกซิอะซิดิกความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 3 นาที จากนั้นนำผลลำไยมาคว่ำน้ำเกลือ ปอกเปลือก และนำเนื้อลำไยมาแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 1 % เป็นเวลา 5 นาที สะเด็ดน้ำ และนำเนื้อลำไยไปแช่ใน สารละลายกรดเพอร์ออกซิอะซิดิกความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 3 นาที สะเด็ดน้ำ บรรจุเนื้อลำไย สดลงใน clamshell จำนวน 15 ผล/clamshell เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4+1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน เทียบกับชุดควบคุมที่ 1 คือไม่แช่ในสารละลายกรดเพอร์ออกซิอะซิดิก และสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ และชุดควบคุมที่ 2 คือแช่ในสารละลายกรดเพอร์ออกซิอะซิดิก แต่ไม่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ทำการทดลองเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ของเนื้อลำไยสดพร้อมบริโภค ได้ผลการทดลองดังนี้

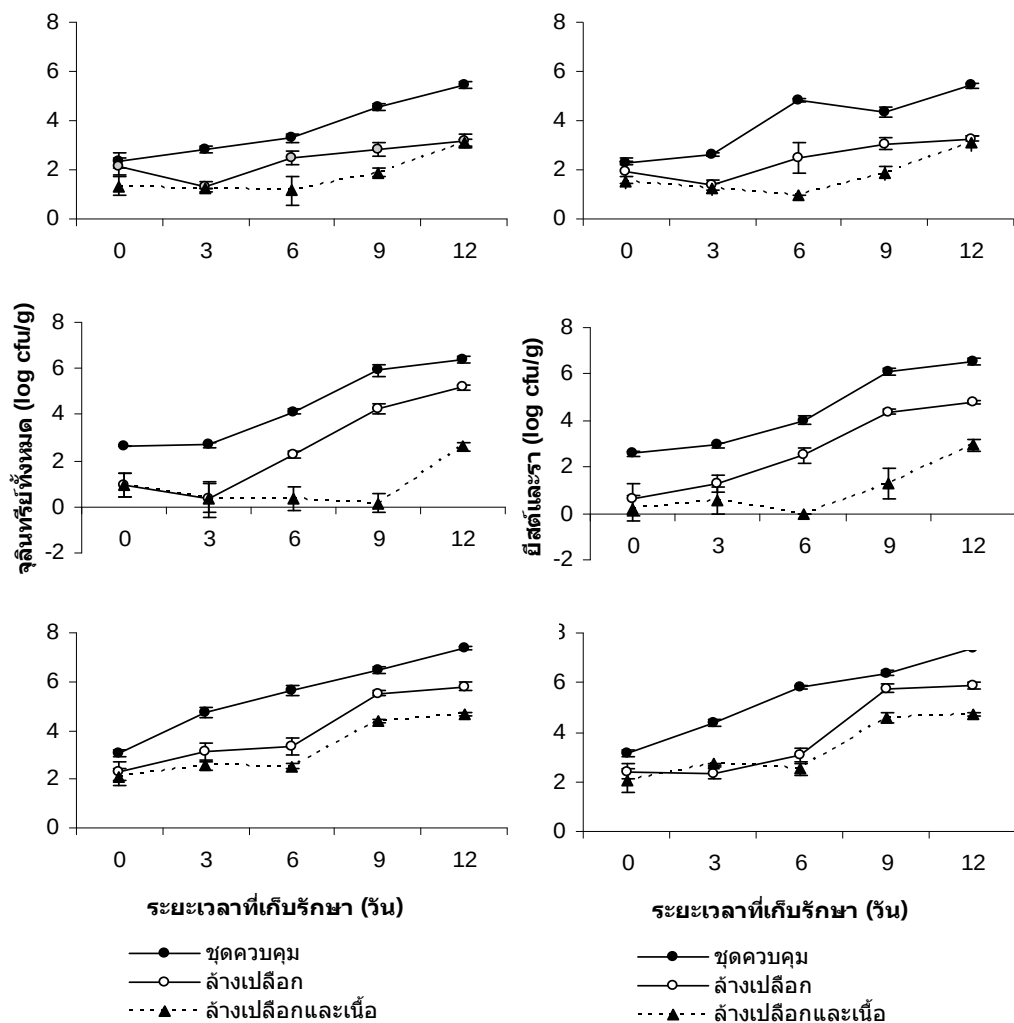


Figure 4.31: Changes in total number of microorganisms, yeasts and molds of lychee pulp that peel and pulp were washed with 100 and 50 mg/l of peroxy acetic acid for 5 and 1 min and stored at $4\pm1^{\circ}\text{C}$ and $95\pm2\%\text{RH}$ for 12 days: (a) Honghuay, (b) Kimjeng and (c) Emperor lychee

1. การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ

1) การเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัส เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของเนื้อลำไยสดพร้อมบริโภครวมทั้ง 2 พันธุ์ พบว่ามีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 วัน โดยค่าความแน่นเนื้อของชุดทดลองมีค่ามากที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ 1 และชุดควบคุมที่ 2 แต่ระหว่างชุดควบคุมที่ 1 และชุดควบคุมที่ 2 ไม่มีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ในทุกระยะเวลาการเก็บรักษาทั้ง 2 พันธุ์ ในเนื้อลำไยสดพันธุ์ต่อวันแรกของการเก็บรักษาชุดทดลองมีค่าความแน่น

เนื้อมากที่สุด คือ 4.46 นิวตัน รองลงมาคือชุดควบคุมที่1 มีค่า 3.49 นิวตัน และชุดควบคุมที่ 2 มีค่า 3.29 นิวตัน จากนั้นค่าความแน่นเนื้อจะลดลงเรื่อยจนวันสุดท้ายของการเก็บรักษาเนื้อลำไยสดพันธุ์ต่อจะมีค่าความแน่นเนื้อมากที่สุดในการทดลองคือ 3.46 นิวตัน รองลงมาคือชุดควบคุมที่2 มีค่า 2.52นิวตัน และชุดควบคุมที่ 1 มีค่า 2.43 นิวตัน ตามลำดับ ส่วนเนื้อลำไยสดพันธุ์เบ๊ยวเขียววันแรกของการเก็บรักษาชุดทดลองมีค่าความแน่นเนื้อมากที่สุด คือ 4.08 นิวตัน รองลงมาคือชุดควบคุมที่ 2 มีค่า 3.49 นิวตัน และชุดควบคุมที่ 1 มีค่า 3.42 นิวตัน จากนั้นค่าความแน่นเนื้อจะลดลงเรื่อยจนวันสุดท้ายของการเก็บรักษาเนื้อลำไยสดพันธุ์เบ๊ยวเขียวจะมีค่าความแน่นเนื้อมากที่สุดในการทดลองคือ 3.56 นิวตัน รองลงมาคือชุดควบคุมที่ 2 มีค่า 3.12 นิวตัน และชุดควบคุมที่ 1 มีค่า 2.93 นิวตัน ตามลำดับ จากผลการทดลองแสดงว่าการใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ช่วยให้เนื้อสัมผัสของลำไยสดพร้อมบริโภคดีขึ้น โดยแคลเซียมไอออนช่วยรักษาโครงสร้างเซลล์ โดยเพิ่ม cross linkages ระหว่างพอลิเมอร์ของเพกทิน โดยเฉพาะใน middle lamella (Durigan et al., 2005) ทำให้เนื้อลำไยสดมีค่าความแน่นเนื้อดีขึ้น Luna-Guzman และคณะ (1999) ได้ศึกษาผลของแคลเซียมคลอไรด์และความร้อนต่อความแน่นเนื้อของแคนตาลูปหั่นชิ้น โดยใช้ความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ และเวลาในการจุ่มที่แตกต่างกัน พบว่าแคนตาลูปหั่นชิ้นที่จุ่มด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ มีคุณภาพเนื้อสัมผัสที่ดีกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และความเข้มข้นของแคลเซียมที่สูงขึ้นจะปรับปรุงคุณภาพของเนื้อสัมผัสได้มากขึ้น นอกจากนี้พบว่าสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของผลไม้สดพร้อมบริโภคได้อีกหลายชนิดเช่น ท้อ (Manganaris et al., 2007) และ สตรอเบอรี่ (Aguayo et al., 2006)

2) การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก ของเนื้อลำไยสดพร้อมบริโภคทั้ง 2 พันธุ์ เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 12 วัน พบว่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในทุกๆชุด การทดลอง และทั้ง 2 พันธุ์ โดยพบว่าในเนื้อลำไยสดพันธุ์ต่อจะมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักมากที่สุดในการทดลอง รองลงมาคือชุดควบคุมที่2 และชุดควบคุมที่1 ตามลำดับ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของชุดทดลอง ชุดควบคุมที่ 2 และชุดควบคุมที่ 1 มีค่าเท่ากับ 10.48, 9.75 และ4.86% ตามลำดับ โดยที่ชุดทดลอง และชุดควบคุมที่2 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่ชุดควบคุมที่1 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเทียบกับชุดการทดลองอื่นๆ ส่วนในเนื้อลำไยสดพันธุ์เบ๊ยวเขียวมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักมากที่สุดในชุดทดลอง รองลงมาคือชุดควบคุมที่2 และชุดควบคุมที่ 1 ตามลำดับ ตั้งแต่วันเริ่มเก็บรักษาจนถึงวันที่ 9 โดยในวันที่12 วันสุดท้ายของการเก็บรักษาชุดควบคุมมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด รองลงมาคือชุดทดลอง และชุดควบคุมที่2 โดยมีค่าเท่ากับ 10.91, 8.89 และ7.31% ตามลำดับ แต่ทุกๆชุดการทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

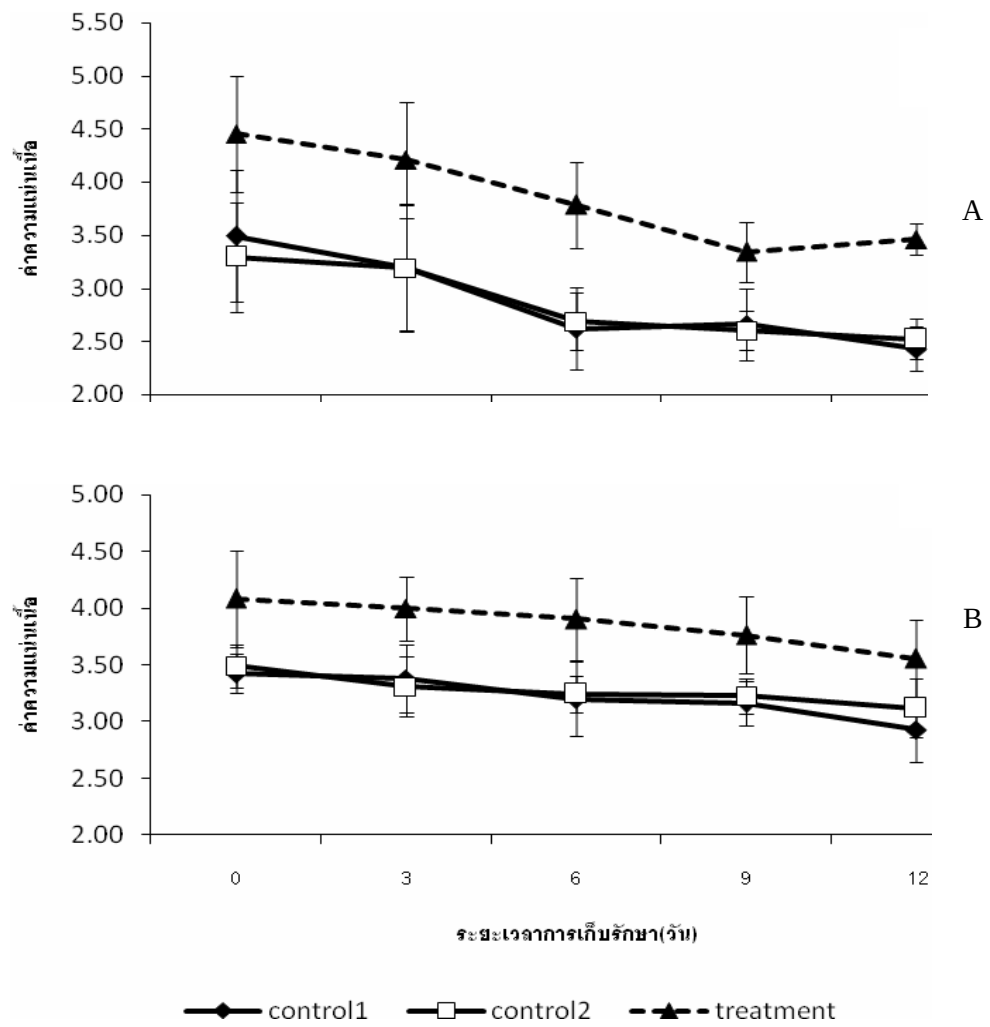


Figure 4.32: Changes in firmness of ready to eat longan pulp treated with different type of sanitizers and stored at $4\pm1^{\circ}\text{C}$ and $95\pm2\%\text{RH}$ for 12 days: (a) E-daw and (b) Biaokhiao longan

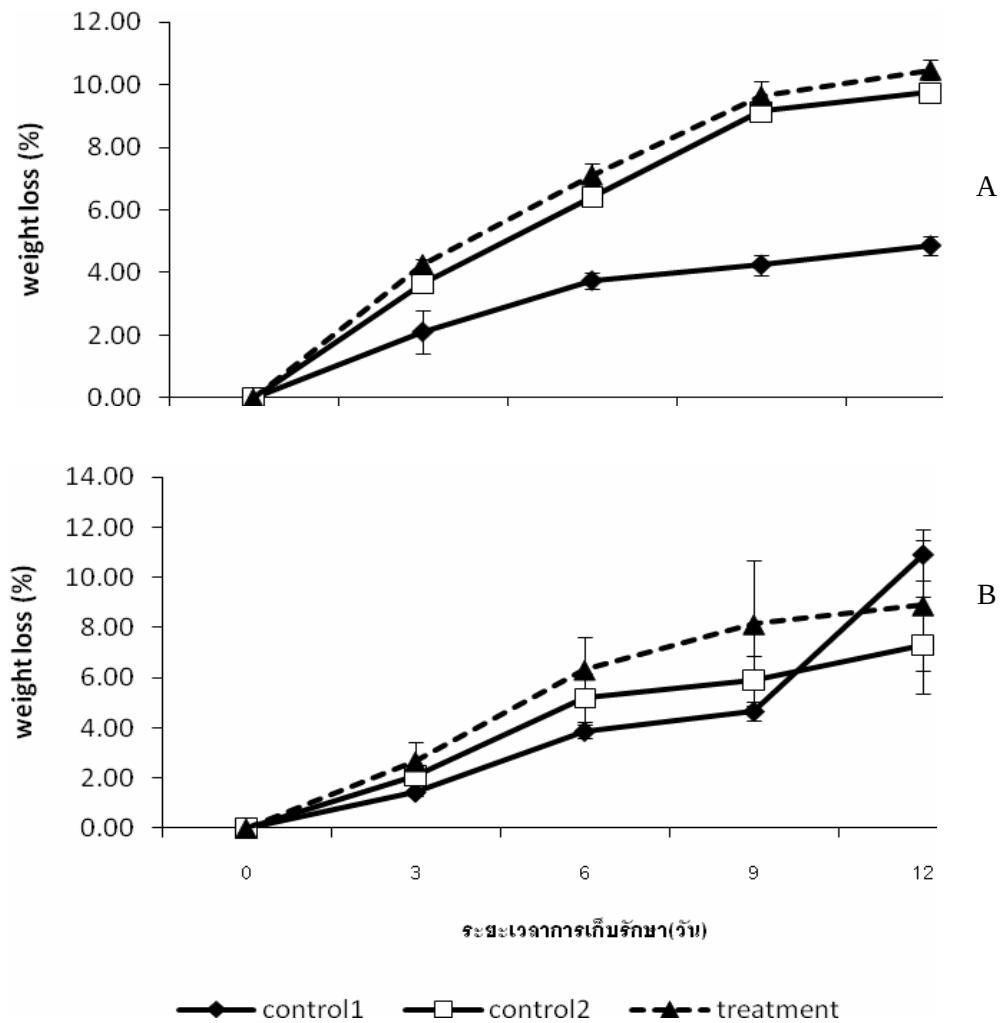


Figure 4.33: Changes in %weight loss of ready to eat longan pulp treated with different type of sanitizers and stored at $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ and $95\pm 2\%\text{RH}$ for 12 days: (a) E-daw and (b) Biaokhiao longan

2. การเปลี่ยนแปลงทางเคมี

1) การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช ของเนื้อลำไยสดพร้อมบริโภคที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 12 วัน พบว่าเนื้อลำไยสดพันธุ์ดอในวันเริ่มต้นการทดลองจะมีค่าพีเอชสูงสุดในชุดควบคุมที่ 2 คือ 6.98 และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเทียบกับชุดควบคุมที่ 1 และชุดทดลอง ส่วนชุดควบคุมที่ 1 และชุดทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) คือมีค่าพีเอชเท่ากับ 6.77 และ 6.80 ตามลำดับ และหลังจากนั้นค่าพีเอชจะค่อนข้างคงที่ จนถึงวันที่ 9 ค่าพีเอชของชุดควบคุมที่ 1 จะลดลงอย่างรวดเร็วคือมีค่าพีเอชเท่ากับ 5.19 เนื่องจากเนื้อลำไยสดเกิดการเน่าเสีย ส่วนชุดควบคุมที่ 2 และชุดทดลองมีค่าพีเอชค่อนข้างคงที่ตลอดการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 12 วัน เมื่อพิจารณาค่าพีเอชในเนื้อลำไยสดพันธุ์

เบียร์เขียวพบว่าในวันเริ่มต้นการทดลองชุดควบคุมที่ 1 มีค่า พีเอชสูงที่สุด รองลงมาคือชุดทดลอง และชุดควบคุมที่ 2 ตามลำดับ โดยมีค่าพีเอชเท่ากับ 6.60, 6.58 และ 6.36 ตามลำดับ หลังจากนั้นค่าพีเอชมีแนวโน้มคงที่ จนกระทั่งวันที่ 9 พบว่าชุดควบคุมที่ 1 และชุดทดลองมีค่าพีเอชลดลงเหลือ 5.73 และ 5.75 ตามลำดับ ส่วนชุดควบคุมที่ 2 มีค่าพีเอชลดลงในวันที่ 12 คือมีค่าพีเอชเท่ากับ 5.00 และในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาชุดควบคุมที่ 1 มีค่าพีเอชต่ำสุด รองลงมาคือชุดควบคุมที่ 2 และชุดทดลอง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 4.80 5.00 และ 5.14 ตามลำดับ โดยทุกๆ ชุดการทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

2) การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA) ของเนื้อลำไยสดพร้อมบริโภครวมทั้ง 2 พันธุ์ มีแนวโน้มคล้ายคลึงกันคือมีค่าค่อนข้างคงที่ตั้งแต่วันแรกของการเก็บรักษาจนถึงวันที่ 6 ของการเก็บรักษา หลังจากนั้น 6 ของการเก็บรักษาในเนื้อลำไยสดพันธุ์ต่อชุดการทดลองที่ 1 จะมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อย ส่วนชุดควบคุมที่ 2 และชุดทดลองจะมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาชุดควบคุมที่ 1 มีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้มากที่สุด รองลงมาคือชุดควบคุมที่ 2 และชุดทดลอง ตามลำดับ โดยมีค่าเท่ากับ 0.23, 0.05 และ 0.04% ตามลำดับ และทุกๆ ชุดการทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่วนเนื้อลำไยสดพันธุ์เบียร์เขียวหลังวันที่ 6 ของการเก็บรักษาทุกๆ ชุดการทดลองมีค่าเพิ่มมากขึ้น และวันสุดท้ายของการเก็บรักษาชุดการทดลองทั้ง 3 ชุด แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยชุดควบคุมที่ 1 มีปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้มากที่สุด รองลงมาคือชุดควบคุมที่ 2 และชุดทดลอง ตามลำดับ โดยมีค่าเท่ากับ 0.24, 0.17 และ 0.15% ตามลำดับ แสดงว่าการแช่ในสารละลาย PAA และสารละลายแคลเซียมคลอไรด์มีผลต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของเนื้อลำไยสดพร้อมบริโภครวมทั้ง 2 พันธุ์

3) การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ของเนื้อลำไยสดพร้อมบริโภคเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 12 วัน พบว่าทั้ง 2 พันธุ์ มีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้นในวันที่ 3 โดยในเนื้อลำไยสดพันธุ์ต่อ ชุดควบคุมที่ 1 ชุดควบคุมที่ 2 และชุดทดลองมีค่าเท่ากับ 21.64, 21.67 และ 19.58% ตามลำดับ ส่วนในเนื้อลำไยสดพันธุ์เบียร์เขียว ชุดควบคุมที่ 1 ชุดควบคุมที่ 2 และชุดทดลองมีค่าเท่ากับ 18.17, 16.81 และ 15.01% ตามลำดับ และหลังจากนั้นมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย เมื่อพิจารณาปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในเนื้อลำไยสดพันธุ์ต่อพบว่าในวันเริ่มต้นและวันสุดท้ายของการเก็บรักษาชุดทดลอง (แช่สารละลาย PA และสารละลายแคลเซียมคลอไรด์) มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำน้อยที่สุด รองลงมาคือชุดควบคุมที่ 2 (แช่สารละลาย PA) และชุดควบคุมที่ 1 ซึ่งไม่แช่ในสารละลายมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำมากที่สุด คือ 20.68% ในวันแรกของการเก็บรักษา และ 18.88% ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา โดยทุกๆ ชุดการทดลองทั้งวันเริ่มต้นและวันสุดท้ายของการเก็บรักษาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่วนในเนื้อลำไยสดพันธุ์เบียร์เขียว พบว่าในวันเริ่มต้นและวันสุดท้ายของการเก็บรักษาชุดควบคุมที่ 2 มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ น้อยที่สุด รองลงมาคือชุดทดลอง และชุดควบคุมที่ 1 ซึ่งไม่แช่ในสารละลายมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำมากที่สุด คือ 15.87% ในวันแรกและ 15.41% ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ซึ่งพบว่าค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำในวันแรกและวันสุดท้ายของการเก็บรักษาไม่มีแตกต่างกัน

4) การเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซี ในเนื้อลำไยสดพร้อมบริโภคทั้ง 2 พันธุ์ คล้ายกัน คือลดลงอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 12 วัน โดยเนื้อลำไยสดพันธุ์ต่อเมื่อเริ่มต้นการเก็บรักษาชุดควบคุมที่ 1 มีปริมาณวิตามินซีมากที่สุด รองลงมาคือ ชุดทดลอง และชุดควบคุมที่ 2 ซึ่งมีค่า 13.95, 11.15 และ 10.27 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมเนื้อลำไย ตามลำดับ หลังจากนั้นปริมาณวิตามินซี ลดลงเรื่อยๆ จนถึงวัน

สุดท้าย ซึ่งปริมาณวิตามินซีของชุดควบคุมที่ 1 ชุดทดลอง และชุดควบคุมที่ 2 เหลือเพียง 6.32, 4.78 และ 4.72 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำลำไย ตามลำดับ ซึ่งลดลงประมาณครึ่งหนึ่ง เมื่อเปรียบเทียบกับวันเริ่มต้นการเก็บรักษา ส่วนเนื้อลำไยสดพันธุ์เบ๊ยวเขียวมีปริมาณวิตามินซีในวันเริ่มต้นการเก็บรักษามากที่สุดในชุดทดลองคือมีค่า 9.72 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำลำไย รองลงมา คือ ชุดควบคุมที่ 2 และชุดควบคุมที่ 1 มีปริมาณวิตามินซี 8.40 และ 7.30 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำ ลำไย ตามลำดับ โดยทั้ง 3 ชุดการทดลองนี้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ปริมาณวิตามินซีมีค่าลดลงเรื่อยๆจนวันที่ 12 ของการเก็บรักษา ชุดควบคุมที่ 2 มีปริมาณวิตามินซีมากที่สุดคือ 2.58 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำลำไย แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดทดลองซึ่งมีปริมาณวิตามินซี 2.53 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำลำไย ส่วนชุดควบคุม ที่ 1 มีปริมาณวิตามินซีน้อยที่สุดคือ 2.25 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำลำไย และแตกต่างจากชุดการ ทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

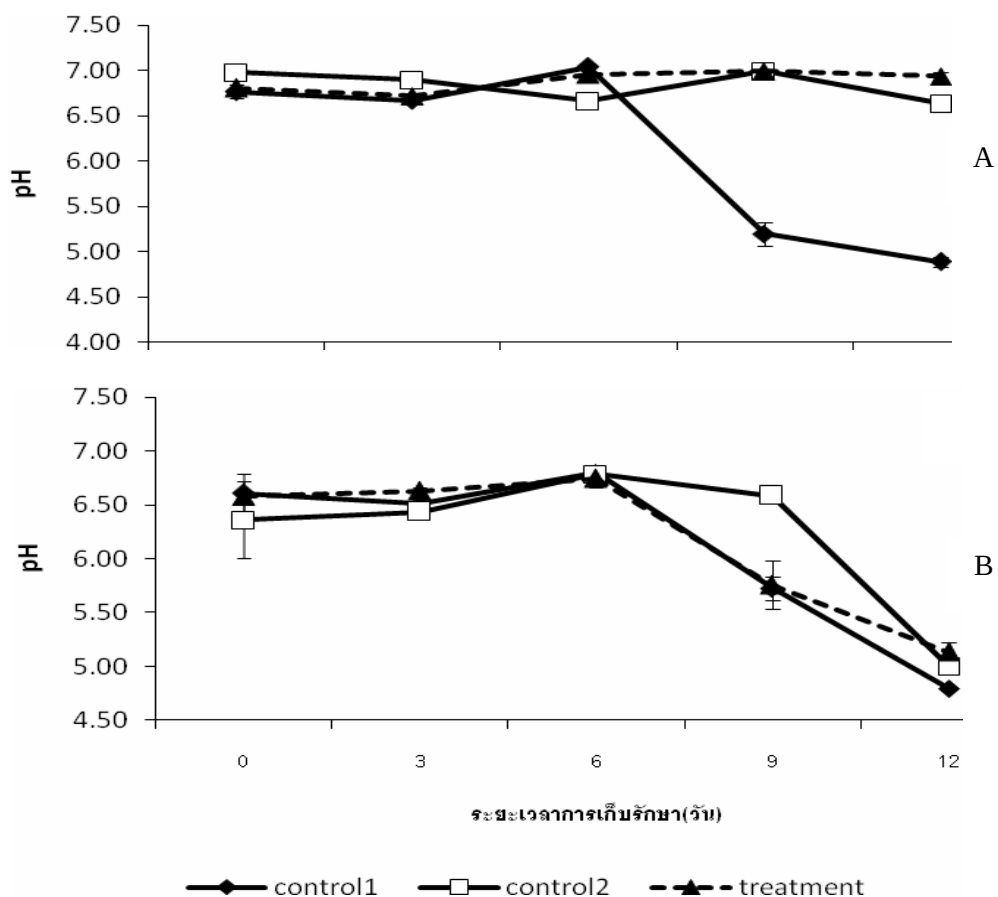


Figure 4.34: Changes in pH of ready to eat longan pulp treated with different type of sanitizers and stored at $4 \pm 1^{\circ}\text{C}$ and $95 \pm 2\% \text{RH}$ for 12 days: (a) E-daw and (b) Biaokhiao longan

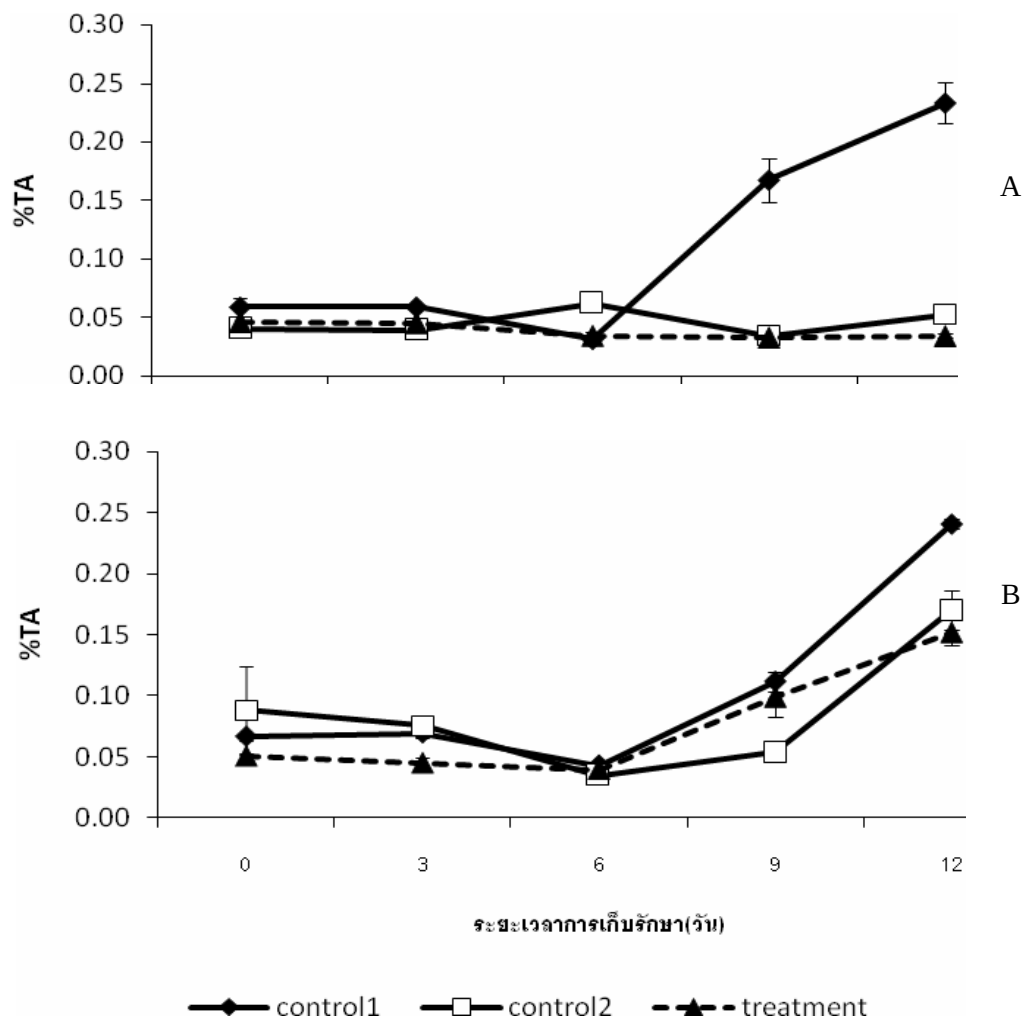


Figure 4.35: Changes in TA of ready to eat longan pulp treated with different type of sanitizers and stored at $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ and $95\pm 2\%\text{RH}$ for 12 days: (a) E-daw and (b) Biaokhiao longan

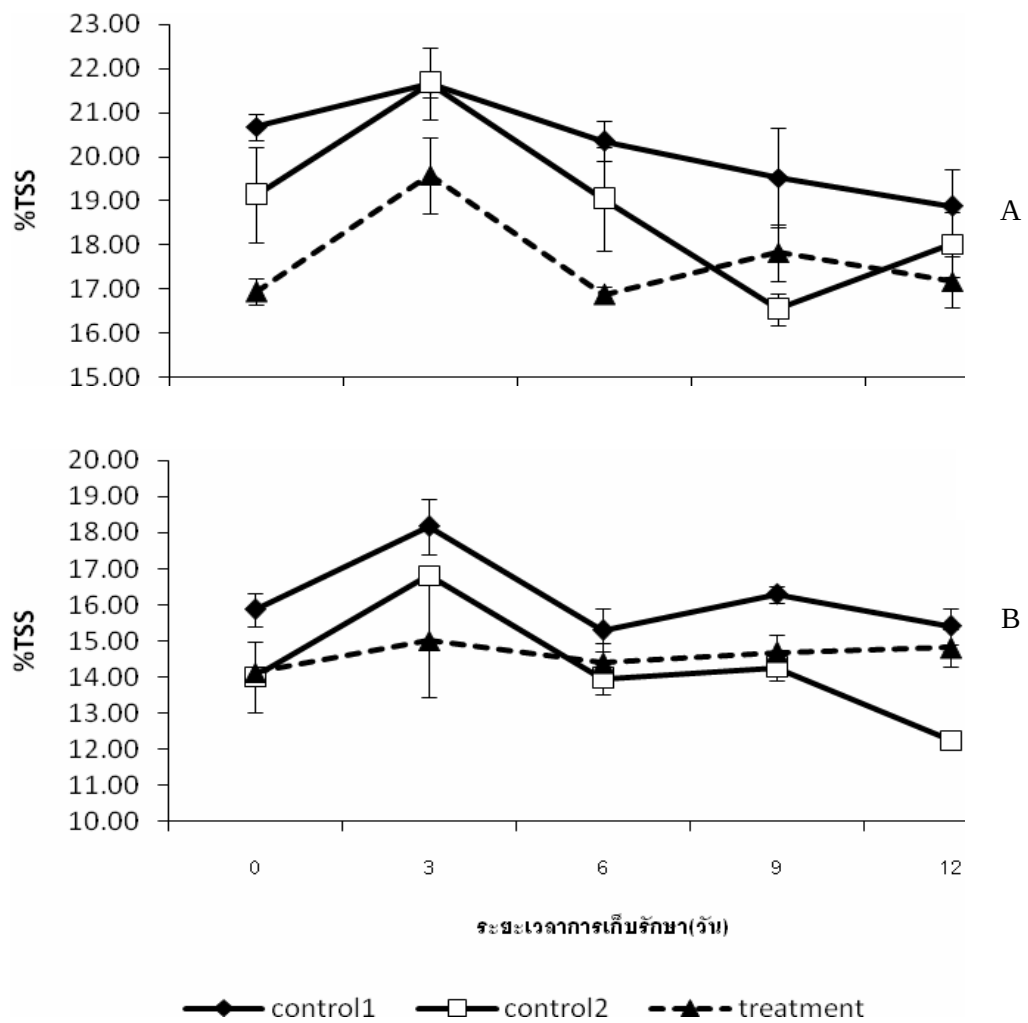


Figure 4.36: Changes in TSS of ready to eat longan pulp treated with different type of sanitizers and stored at $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ and $95\pm 2\% \text{RH}$ for 12 days: (a) E-daw and (b) Biaokhiao longan

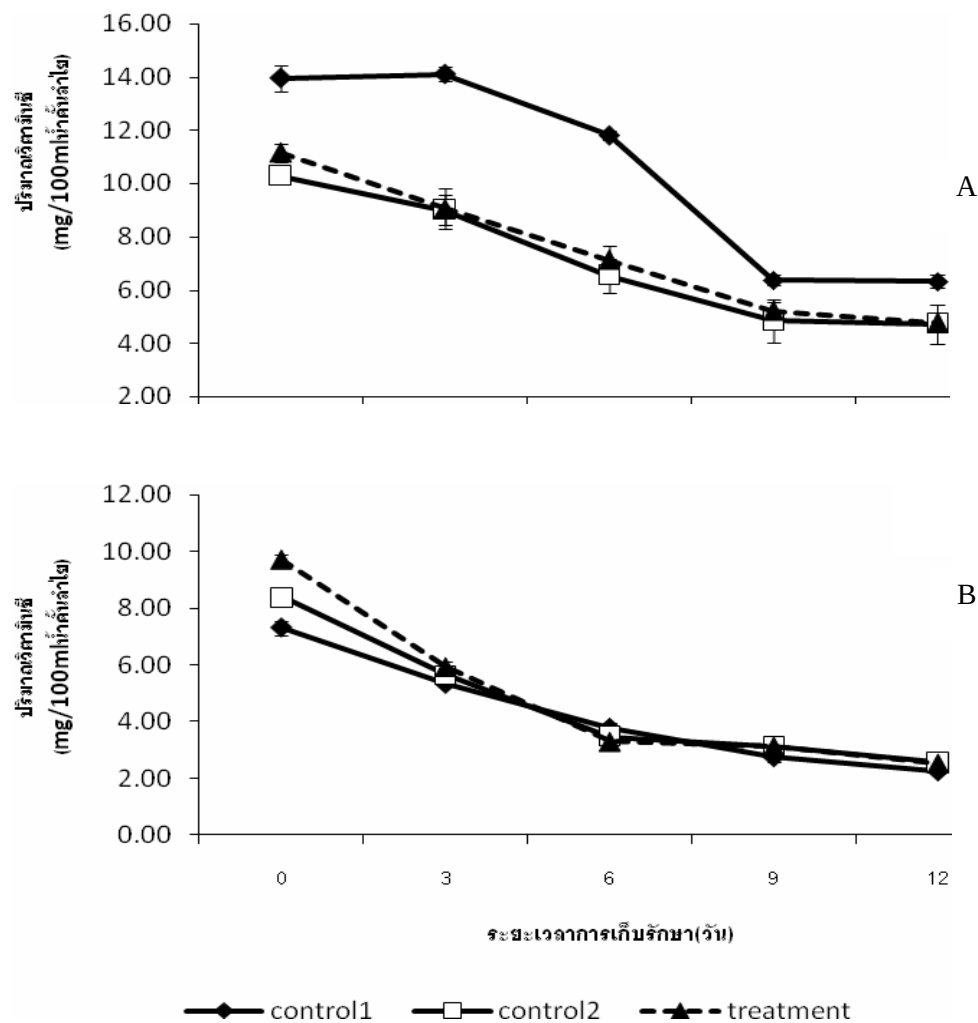


Figure 4.37: Changes in vitamin C content (mg/100mL of longan extract) of ready to eat longan pulp treated with different type of sanitizers and stored at $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ and $95\pm 2\%\text{RH}$ for 12 days: (a) E-daw and (b) Biaokhiao longan

3. การเปลี่ยนแปลงทางจุลินทรีย์ การเปลี่ยนแปลงจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดของเนื้อลำไยสด พร้อมบริโภคระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 วัน พบว่า เนื้อลำไยสดพันธุ์ดอในวันเริ่มต้นการทดลองชุดควบคุมที่ 1 (ไม่แช่สารละลาย) มีจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดมากที่สุดคือ $2.75 \log \text{cfu/g}$ รองลงมาคือชุดควบคุมที่ 2 (แช่สารละลาย PA) คือ $2.5 \log \text{cfu/g}$ แต่ทั้งสองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และชุดทดลอง (แช่สารละลาย PA และแคลเซียมคลอไรด์) สามารถลดจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดได้ดีที่สุดโดยเหลือจำนวนแบคทีเรียทั้งหมด $1.3 \log \text{cfu/g}$ ซึ่งแตกต่างจากชุดควบคุมที่ 1 และ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ส่วนเนื้อลำไยสดพันธุ์เบ๊ยวเขียวในวันเริ่มต้นการทดลองชุดควบคุมที่ 1 จะมีจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดมากที่สุดคือ $3.62 \log \text{cfu/g}$ รองลงมาคือชุดควบคุมที่ 2 คือ $3.15 \log \text{cfu/g}$ และชุดทดลองคือ $1.42 \log \text{cfu/g}$

ตามลำดับ โดยทั้ง 3 ชุดการทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และเมื่อพิจารณาตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาพบว่าจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดในเนื้อลำไยสดทั้ง 2 พันธุ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาในทุกๆ การทดลอง ชุดควบคุมที่ 1 มีจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดมากที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาโดยเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 12 วัน จะพบว่าเนื้อลำไยสดพันธุ์ดอมีจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดถึง $7.62 \log \text{ cfu/g}$ ซึ่งเพิ่มขึ้นจากวันเริ่มต้นการทดลองถึง $4.87 \log \text{ cfu/g}$ รองลงมาคือ ชุดควบคุมที่ 2 มีจำนวนแบคทีเรียทั้งหมด $3.54 \log \text{ cfu/g}$ และชุดทดลองมีจำนวนแบคทีเรียทั้งหมด $3.14 \log \text{ cfu/g}$ โดยทุกๆ ชุดการทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่วนเนื้อลำไยสดพันธุ์เบี้ยวเขียวมีจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดมากที่สุด ในชุดควบคุมที่ 1 รองลงมาคือชุดควบคุมที่ 2 และชุดทดลอง ตามลำดับ โดยมีจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดเท่ากับ $8.23 \log \text{ cfu/g}$ $5.01 \log \text{ cfu/g}$ และ $4.79 \log \text{ cfu/g}$ ตามลำดับ โดยทุกๆ ชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แสดงให้เห็นว่าการใช้สารละลาย PA มีผลในการลดจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดในเนื้อลำไยสดพร้อมบริโภครวมทั้ง 2 พันธุ์ และถ้าใช้ร่วมกับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์จะส่งผลในการช่วยลดจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดได้มากขึ้น Beltran และคณะ (2005) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของสารชนิดต่างๆ ต่อจำนวน จุลินทรีย์ของมันฝรั่งหั่นชิ้นพร้อมบริโภครวมทั้งที่เก็บรักษาโดยใช้ modified atmosphere หรือ vacuum packaging โดยการล้างในสารละลายที่แตกต่างกัน 6 ชนิด คือ น้ำ โซเดียมซัลไฟต์ โซเดียมไฮโป-คลอไรต์ กรดเพอร์ออกซีแอซิดิก โอโซน และการรวมกันของโอโซน-กรดเพอร์ออกซีแอซิดิก พบว่าการใช้โอโซน-กรดเพอร์ออกซีแอซิดิก และ vacuum packaging มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการควบคุมการเจริญของจุลินทรีย์

การเปลี่ยนแปลงจำนวนยีสต์และราระหว่างการเก็บรักษา พบว่ามีแนวโน้มคล้ายคลึงกับการเปลี่ยนแปลงจำนวนแบคทีเรียทั้งหมด โดยในลำไยทั้ง 2 พันธุ์มีจำนวนยีสต์และรามากที่สุดในชุดควบคุมที่ 1 คือมีจำนวน $2.76 \log \text{ cfu/g}$ ในพันธุ์ดอ และ $3.53 \log \text{ cfu/g}$ ในพันธุ์เบี้ยวเขียว รองลงมาคือ ชุดควบคุมที่ 2 คือมีจำนวน $2.42 \log \text{ cfu/g}$ ในพันธุ์ดอ และ $3.12 \log \text{ cfu/g}$ ในพันธุ์เบี้ยวเขียว ส่วนชุดทดลองที่แช่ในสารละลาย PAA และแคลเซียมคลอไรด์สามารถลดจำนวนยีสต์และราได้ดีที่สุดโดยเหลือจำนวนยีสต์และรา $1.48 \log \text{ cfu/g}$ ในพันธุ์ดอ และ $1.40 \log \text{ cfu/g}$ ในพันธุ์เบี้ยวเขียว โดยชุดควบคุมที่ 1 ชุดควบคุมที่ 2 และชุดทดลอง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ทั้ง 2 พันธุ์ และเมื่อพิจารณาตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาพบว่าจำนวนยีสต์และราในเนื้อลำไยสดทั้ง 2 พันธุ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาในทุกๆ การทดลอง ชุดควบคุมที่ 1 จะมีจำนวนยีสต์และรามากที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาโดยเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 12 วัน จะพบว่าเนื้อลำไยสดพันธุ์ดอมีจำนวนยีสต์และราถึง $7.59 \log \text{ cfu/g}$ ซึ่งเพิ่มขึ้นจากวันเริ่มต้นการทดลองถึง $4.83 \log \text{ cfu/g}$ รองลงมาคือ ชุดควบคุมที่ 2 มีจำนวนยีสต์และรา $3.45 \log \text{ cfu/g}$ และชุดทดลองมีจำนวนยีสต์และรา $3.10 \log \text{ cfu/g}$ โดยทุกๆ ชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่วนเนื้อลำไยสดพันธุ์เบี้ยวเขียวมีจำนวนยีสต์และรามากที่สุดในชุดควบคุมที่ 1 รองลงมาคือชุดควบคุมที่ 2 และชุดทดลอง ตามลำดับ โดยมีจำนวนยีสต์และราเท่ากับ $8.05 \log \text{ cfu/g}$ $4.96 \log \text{ cfu/g}$ และ $4.75 \log \text{ cfu/g}$ ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเพิ่มขึ้นจากวันเริ่มต้นถึง $4.52 \log \text{ cfu/g}$ $1.84 \log \text{ cfu/g}$ และ $3.35 \log \text{ cfu/g}$ ตามลำดับ โดยทุกๆ ชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แสดงให้เห็นว่าการใช้สารละลาย PAA มีผลในการลดจำนวนยีสต์และราในเนื้อลำไยสดพร้อมบริโภครวมทั้ง 2 พันธุ์ และถ้าใช้ร่วมกับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์จะส่งผลในการช่วยลดจำนวนยีสต์และราได้มากขึ้น

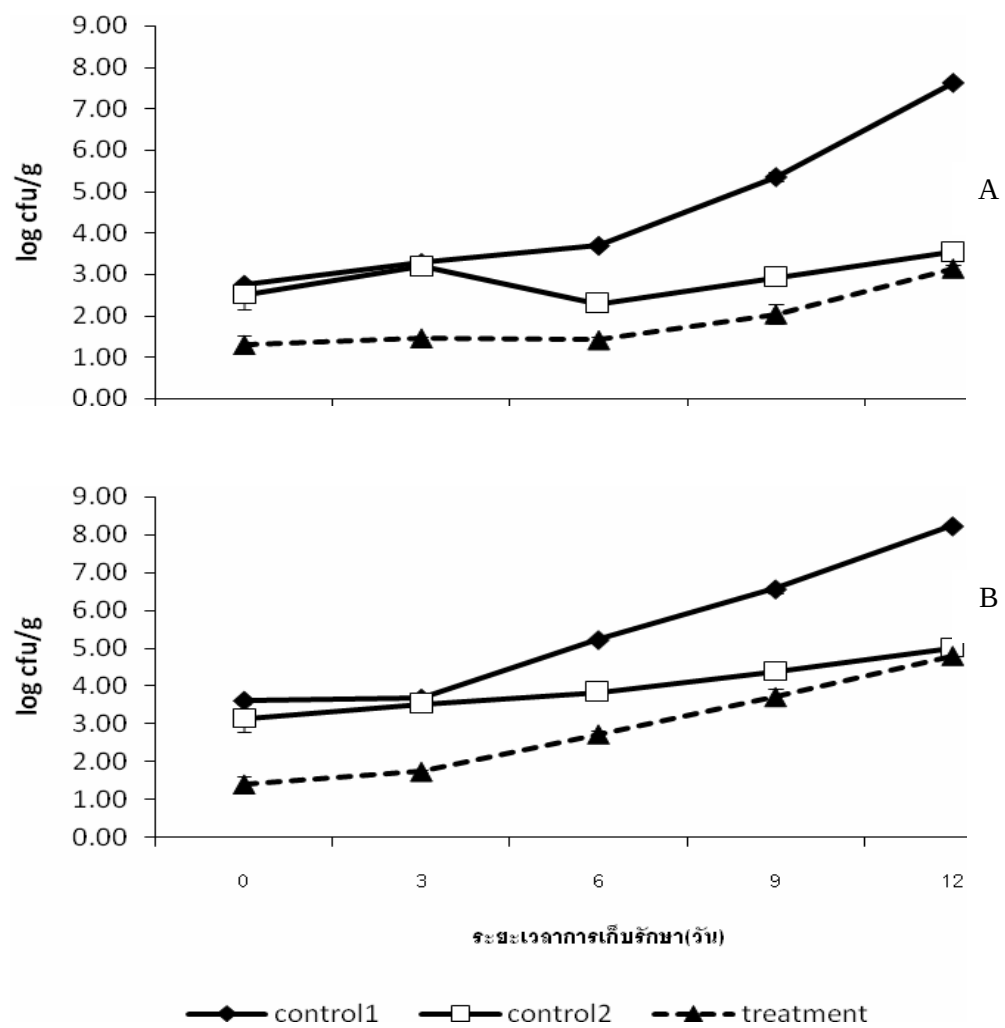


Figure 4.38: Changes in total number of bacteria of ready to eat longan pulp treated with different type of sanitizers and stored for 12 days: (a) E-daw and (b) Biaokhiao longan

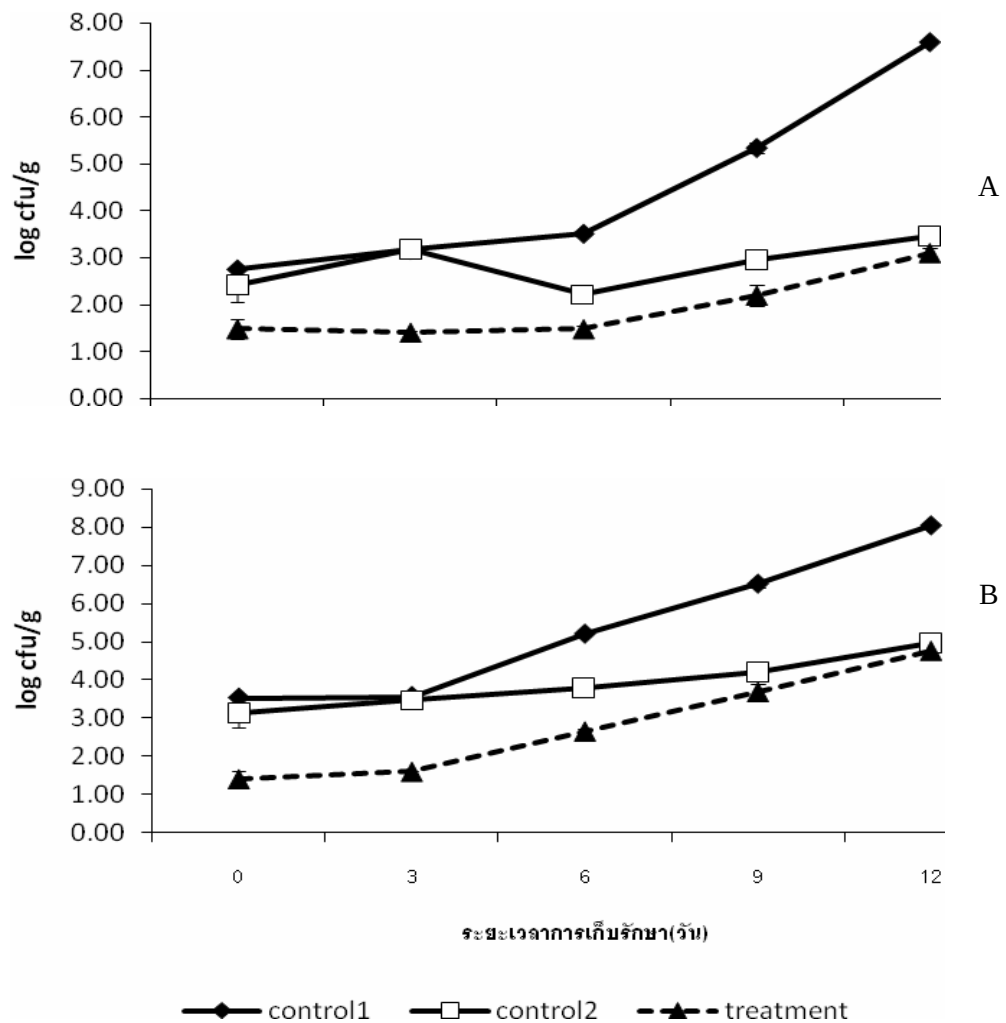


Figure 4.39: Changes in number of yeasts and molds of ready to eat longan pulp treated with different type of sanitizers and stored for 12 days: (a) E-daw and (b) Biaokhiao longan

7. การศึกษารูปแบบการหั่นชิ้นต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาของเนื้อมะม่วงสุก

7.1 การสูญเสียน้ำหนักสด ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นแต่ละรูปแบบ พันธุ์น้ำดอกไม้ โชคอนันต์และมหาชนกเพิ่มสูงขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยพบว่า เนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามยาวและขวางแปดชิ้นต่อครึ่งผลสูญเสียน้ำหนักสดเพิ่มขึ้นสูงกว่าเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นรูปแบบอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) สูงที่สุดเท่ากับ 1.13 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 2 วัน แต่เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น เนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามยาวและขวางสี่ชิ้นต่อครึ่งผลสูญเสียน้ำหนักสด เพิ่มขึ้นใกล้เคียงกับเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามยาวและขวางแปดชิ้นต่อครึ่งผล และเมื่อสิ้นสุดการทดลอง เนื้อมะม่วงหั่นตามยาวและขวางสี่ชิ้นต่อครึ่งผลสูญเสียน้ำหนักสดมากที่สุด 2.59 เปอร์เซ็นต์ ดัง Fig. 4.42a สำหรับเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์โชคอนันต์ เมื่อเปรียบเทียบเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นแต่ละรูปแบบ พบว่าเนื้อมะม่วงสุกหั่นตามยาวสองชิ้นต่อครึ่งผลสูญเสีย

น้ำหนักสูงที่สุด 0.42 เปอร์เซ็นต์ ดัง Fig. 4.42b และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) รองลงมาคือ เนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามขวางสองชิ้นต่อครึ่งผล 0.37 เปอร์เซ็นต์ และเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามยาวและขวางแปดชิ้นต่อครึ่งผลสูญเสียน้ำหนักสดต่ำที่สุด 0.14 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 2 วัน แต่เมื่อสิ้นสุดการทดลองเนื้อมะม่วงหั่นชิ้นตามยาวสองชิ้นต่อผลสูญเสียน้ำหนักสด ต่ำที่สุด 0.80 เปอร์เซ็นต์ และเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนกแต่ละรูปแบบสูญเสียน้ำหนักสด ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานาน 4 วัน โดยเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามยาวและขวางสี่ชิ้นต่อครึ่งผลสูญเสียน้ำหนักสูงที่สุด 0.52 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ เนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามยาวสองชิ้นต่อครึ่งผล 0.50 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อเก็บรักษานานขึ้นเนื้อมะม่วงหั่นตามยาวและขวางสี่ชิ้นต่อครึ่งผลสูญเสียน้ำหนักสดมากกว่าชุดทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยสูญเสียน้ำหนักสด 1.38 เปอร์เซ็นต์ และเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามยาวสองชิ้นต่อผลสูญเสียน้ำหนักต่ำที่สุด 1.0 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างเนื้อมะม่วงหั่นชิ้นแต่ละรูปแบบ

7.2 การเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อผลไม้

1) ค่า L^* เนื้อมะม่วงสุกพันธุ์น้ำดอกไม้ที่หั่นชิ้นตามยาวสองชิ้นต่อครึ่งผลพันธุ์มีค่า L^* ลดลงมากกว่าเนื้อมะม่วงหั่นชิ้นรูปแบบอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ดัง Fig. 4.43a โดยเมื่อสิ้นสุดการทดลองค่า L^* ของเนื้อมะม่วงหั่นชิ้นตามยาวสองชิ้นต่อครึ่งผลลดลง 39.85 เปอร์เซ็นต์ จาก 69.69 เมื่อเริ่มต้นการทดลอง และเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามขวางสี่ชิ้นต่อครึ่งผลมีค่า L^* ลดลงต่ำที่สุดเมื่อสิ้นสุดการทดลอง 30.17 เปอร์เซ็นต์ จาก 70.19 เมื่อเริ่มต้นการทดลอง ค่า L^* ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นแต่ละรูปแบบลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ดัง Fig. 4.43b สำหรับเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์พบว่า เนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามยาวและขวางแปดชิ้นต่อครึ่งผลมีค่า L^* ลดลงมากกว่าเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นรูปแบบอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยค่า L^* ลดลง 29.85 เปอร์เซ็นต์ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง เปรียบเทียบกับค่า L^* เมื่อเริ่มต้นการทดลอง รองลงมา คือเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นขวางสองชิ้นต่อครึ่งผล 26.75 เปอร์เซ็นต์ และเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามยาวสองชิ้นต่อผลค่า L^* ลดลงน้อยที่สุด 23.20 เปอร์เซ็นต์ และเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์มหาชนกหั่นชิ้นแต่ละรูปแบบ มีค่า L^* ลดลงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ดัง Fig. 4.43c โดยเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามยาวสองชิ้นต่อผลมีค่า L^* ลดลงมากที่สุด 23.83 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับค่า L^* เริ่มต้นการทดลอง และเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามยาวสองชิ้นต่อครึ่งผล มีค่า L^* ลดลงน้อยที่สุด คือ 15.11 เปอร์เซ็นต์

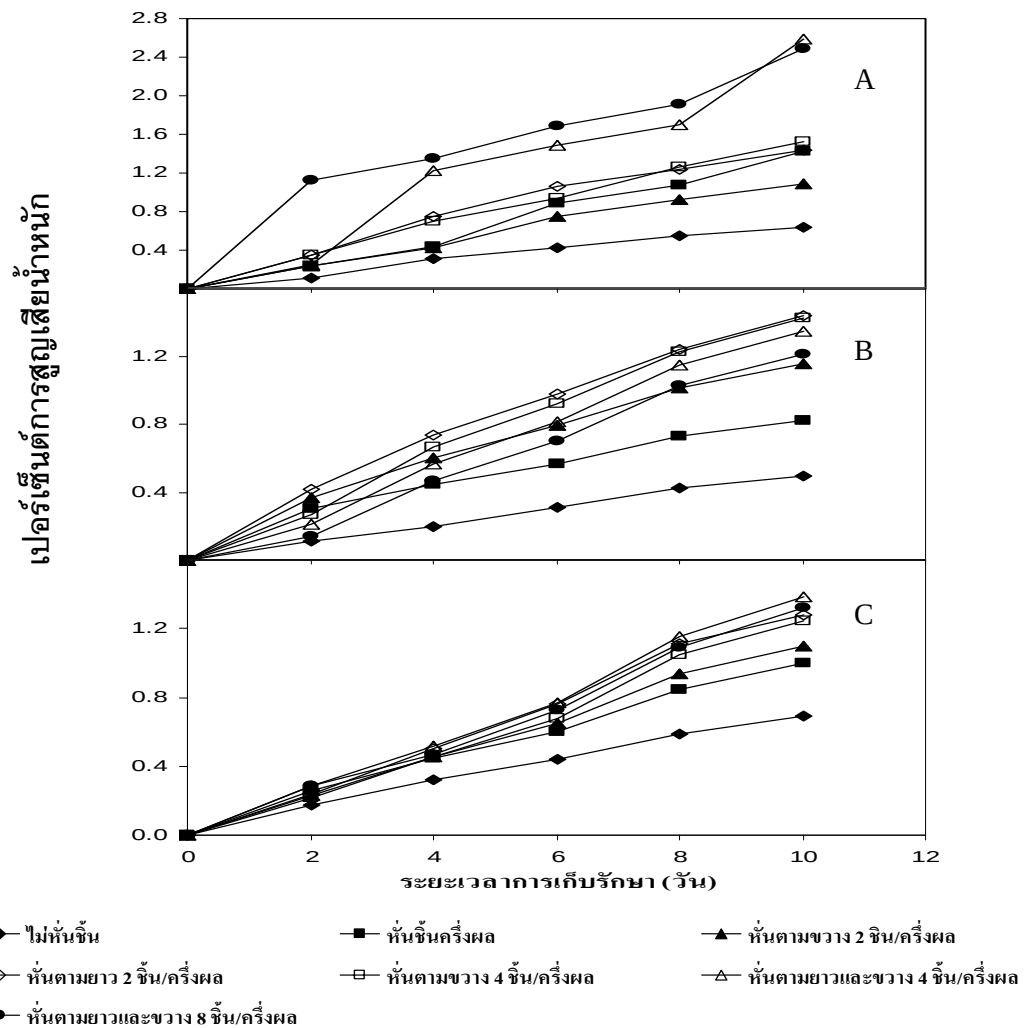


Figure 4.40: Changes in weight loss of cut mango with different cutting styles stored at $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ for 10 days: (a) Nam dok Mai, (b) Chok Anan and (c) Maha Chanok mango

2) ค่า C^* เนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นแต่ละรูปแบบของพันธุ์น้ำดอกไม้ โชคอนันต์และมหาชนก มีค่า C^* ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ดัง Fig. 4.44a-c เนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์น้ำดอกไม้ พบว่า เมื่อสิ้นสุดการทดลองเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามยาวสองชิ้นต่อครึ่ง ผลมีค่า C^* ลดลงมากที่สุด 49.89 เปอร์เซนต์ เปรียบเทียบกับค่า C^* เมื่อเริ่มต้น รองลงมาคือ เนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามยาวและขวางสี่ชิ้นต่อครึ่งผล 42.60 เปอร์เซนต์ และ เนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามขวางสองชิ้นต่อครึ่งผลมีค่า C^* ลดลงน้อยที่สุด 32.71 เปอร์เซนต์ เมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อมะม่วงหั่นชิ้นรูปแบบอื่นๆ แต่สูงกว่าเนื้อมะม่วงสุกที่ไม่หั่นชิ้นซึ่งมีค่า C^* เท่ากับ 15.09 เปอร์เซนต์ สำหรับค่า C^* ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นแต่ละรูปแบบพันธุ์โชคอนันต์พบว่า เนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามยาวสองชิ้นต่อครึ่งผล มีค่า C^* เมื่อสิ้นสุดการทดลองลดลงมากที่สุด 45.66 เปอร์เซนต์ รองลงมาคือ เนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามยาวและขวางแปดชิ้นต่อครึ่งผล 43.61 เปอร์เซนต์

เมื่อเปรียบเทียบกับค่า C^* ของเนื้อมะม่วงสุกเริ่มต้นการทดลอง และเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์โชคอนันต์ พบว่า เมื่อสิ้นสุดการทดลองเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามยาวสองชิ้นต่อผล มีค่า C^* ลดลง 41.51 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับค่า C^* เมื่อเริ่มต้นการทดลอง และเนื้อมะม่วงหั่นชิ้นตามยาวและขวางสี่ชิ้นต่อครั้งผลมีค่า C^* ลดลงน้อยที่สุด 28.56 เปอร์เซ็นต์

3) ค่า H^o ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นแต่ละรูปแบบพันธุ์น้ำดอกไม้ และพันธุ์โชคอนันต์ลดลงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์น้ำดอกไม้หั่นชิ้นตามยาวและขวางแปดชิ้นต่อครั้งผลมีค่า H^o ลดลงสูงที่สุด 7.87 เปอร์เซ็นต์ จากค่า H^o 83.99 เมื่อเริ่มต้นการทดลอง และเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามขวางสองชิ้นต่อครั้งผลมีค่า H^o ลดลงน้อยที่สุด 5.50 เปอร์เซ็นต์ ดัง Fig. 4.45a และค่า H^o ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์โชคอนันต์หั่นชิ้นตามขวางสี่ชิ้นต่อครั้งผลมีค่า H^o ลดลงมากที่สุด 8.77 เปอร์เซ็นต์ จาก 84.20 เมื่อเริ่มต้นการทดลองเหลือเพียง 76.81 เมื่อสิ้นสุดการทดลอง และเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามยาวและขวางแปดชิ้นต่อครั้งผลมีค่า H^o ลดลงน้อยที่สุด 5.86 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งลดลงจาก 83.83 เมื่อเริ่มต้นเป็น 78.91 เมื่อสิ้นสุดการทดลองตามลำดับ ดัง Fig. 4.45b สำหรับค่า H^o ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นแต่ละรูปแบบพันธุ์มหาชนก มีค่าลดลงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ดัง Fig. 4.45c โดยเมื่อสิ้นสุดการทดลองเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามขวางสองชิ้นต่อครั้งผลมีค่า H^o ลดลงมากที่สุด 8.33 เปอร์เซ็นต์ และเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามยาวและขวางแปดชิ้นต่อครั้งผลมีค่า H^o ลดลงน้อยที่สุด 6.84 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับค่า H^o เริ่มต้นค่า H^o เริ่มต้นและสิ้นสุดการทดลองของเนื้อมะม่วงหั่นชิ้นทุกรูปแบบอยู่ในช่วง 77.45-79.00 และ 71.90-72.93 ตามลำดับ

3. การเปลี่ยนแปลงลักษณะความแน่นเนื้อสัมผัส ของชิ้นเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นแต่ละรูปแบบพันธุ์น้ำดอกไม้ โชคอนันต์และมหาชนก มีความแน่นเนื้อลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ดัง Fig. 4.46a-c โดยเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์น้ำดอกไม้ หั่นชิ้นตามยาวและขวางแปดชิ้นต่อครั้งผลมีความแน่นเนื้อน้อยที่สุด 2.73 นิวตัน และเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามยาวและขวางสี่ชิ้นต่อครั้งผลมีความแน่นเนื้อมากที่สุด 3.34 นิวตัน เมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อมะม่วงสุกที่ไม่หั่นชิ้น และเมื่อสิ้นสุดการทดลองเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามยาวและขวางสี่ชิ้นต่อครั้งผลมีความแน่นเนื้อลดลงเพียง 38.31 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ความแน่นเนื้อของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามยาวและขวางแปดชิ้นต่อครั้งผลมีค่าลดลง 44.32 เปอร์เซ็นต์ ของค่าความแน่นเนื้อเมื่อเริ่มต้นการทดลองตามลำดับ ส่วนเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์โชคอนันต์ หั่นชิ้นตามยาวและขวางแปดชิ้นต่อครั้งผลมีค่าลดลงมากกว่าเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นรูปแบบอื่นๆ เมื่อสิ้นสุดการทดลองเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามยาวและขวางแปดชิ้นต่อครั้งผลมีความแน่นเนื้อลดลง 51.67 เปอร์เซ็นต์ จาก 4.2 นิวตัน และเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามยาวสองชิ้นต่อครั้งผลมีความแน่นเนื้อมากที่สุดเมื่อเริ่มต้นการทดลอง คือ 4.8 นิวตัน และมีความแน่นเนื้อลดลงน้อยที่สุด 33.90 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนกหั่นชิ้นตามยาวและขวางแปดชิ้นต่อครั้งผลมีความแน่นเนื้อลดลงน้อยกว่าเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นรูปแบบอื่นๆ ซึ่งความแน่นเนื้อลดลงเพียง 19.43 เปอร์เซ็นต์ ของค่าเมื่อเริ่มต้นการทดลอง แต่เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความแน่นเนื้อของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นแต่ละรูปแบบเมื่อเริ่มต้นการทดลอง พบว่าเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามยาวและขวางแปดชิ้นต่อครั้งผลมีความแน่นเนื้อน้อยที่สุด 2.83 นิวตัน และเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามยาวและขวางสี่ชิ้นต่อครั้งผลมีความแน่นเนื้อสูงที่สุด 3.67 นิวตัน ตามลำดับ

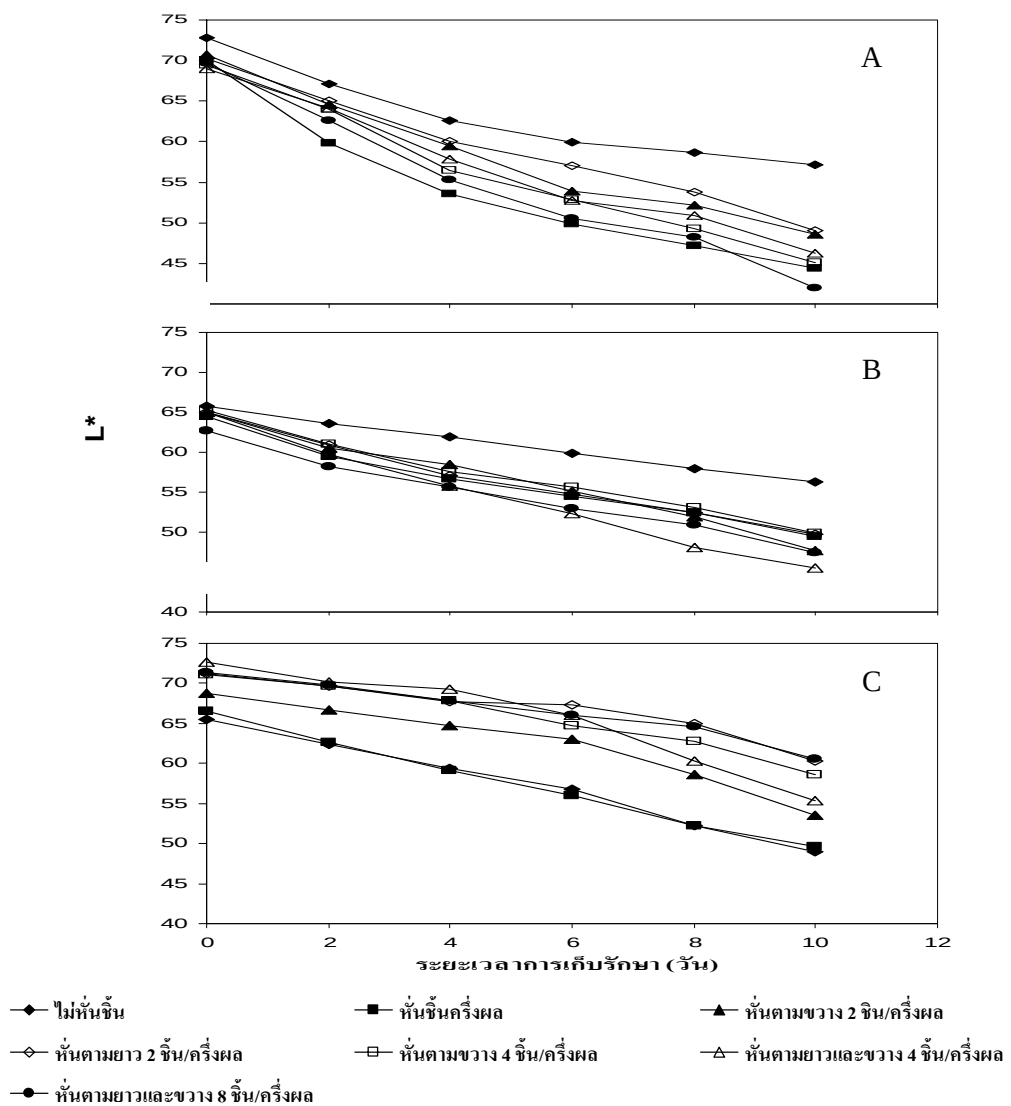


Figure 4.41: L* value of cut mango with different cutting styles stored at $4 \pm 1^\circ\text{C}$ for 10 days: (a) Nam dok Mai, (b) Chok Anan and (c) Maha Chanok mango

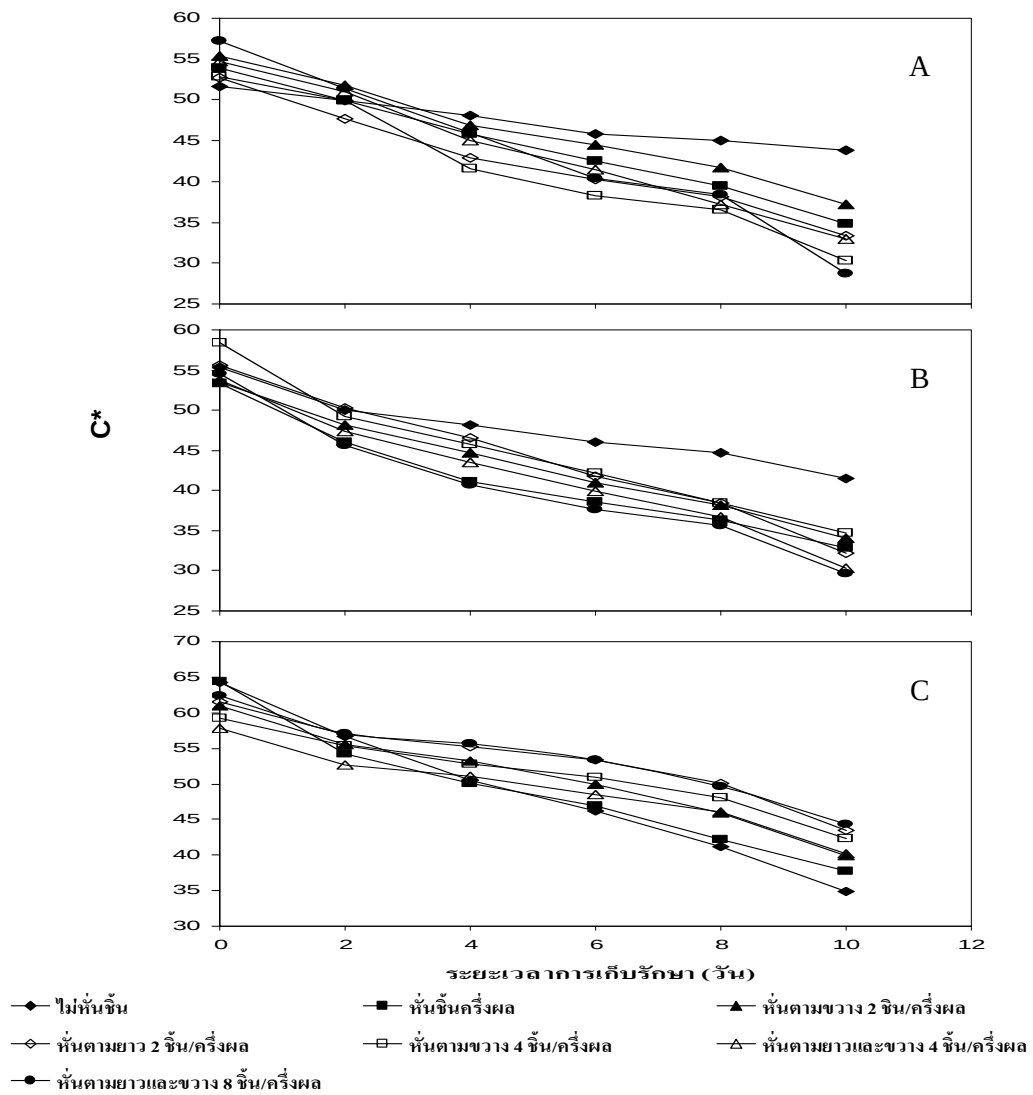


Figure 4.42: C* value of cut mango with different cutting styles stored at $4 \pm 1^\circ\text{C}$ for 10 days: (a) Nam dok Mai, (b) Chok Anan and (c) Maha Chanok mango

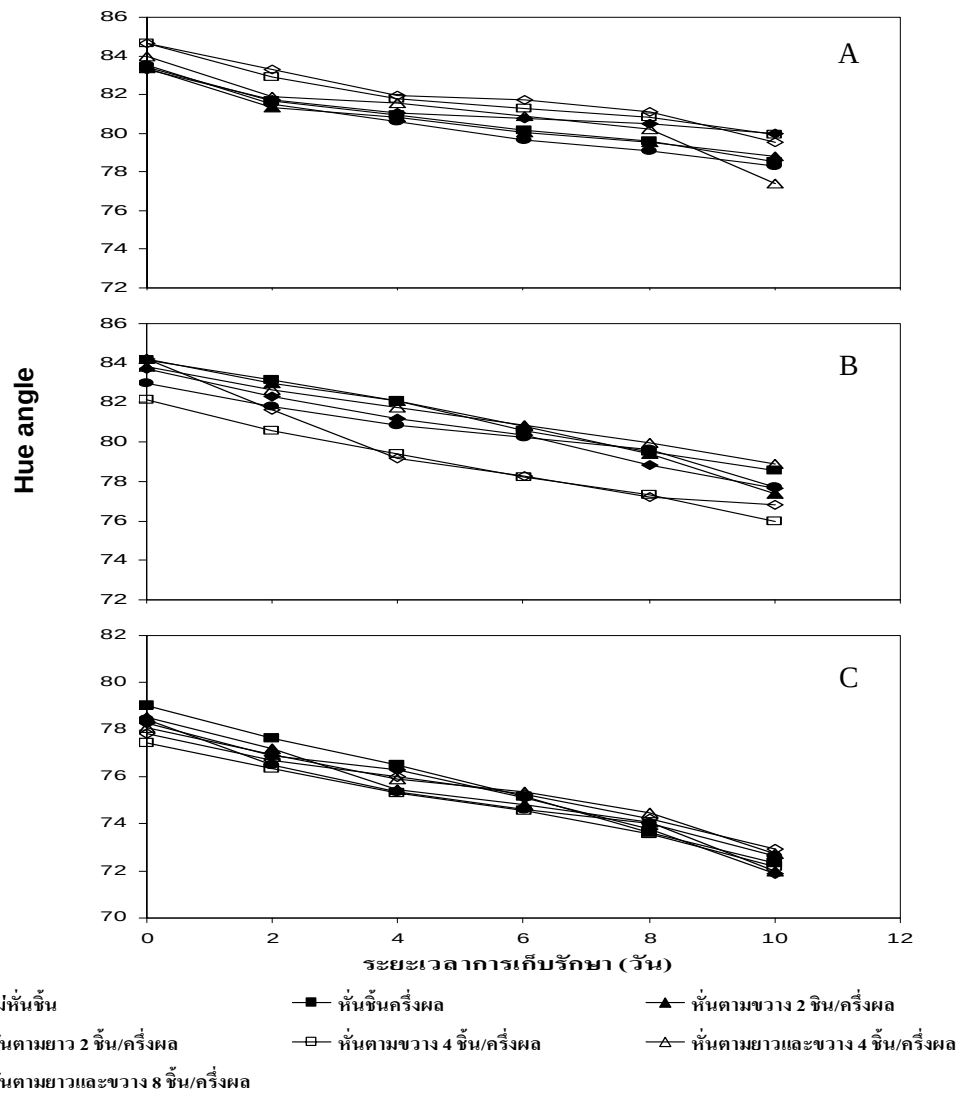


Figure 4.43: Hue angle value of cut mango with different cutting styles stored at $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ for 10 days:
(a) Nam dok Mai, (b) Chok Anan and (c) Maha Chanok mango

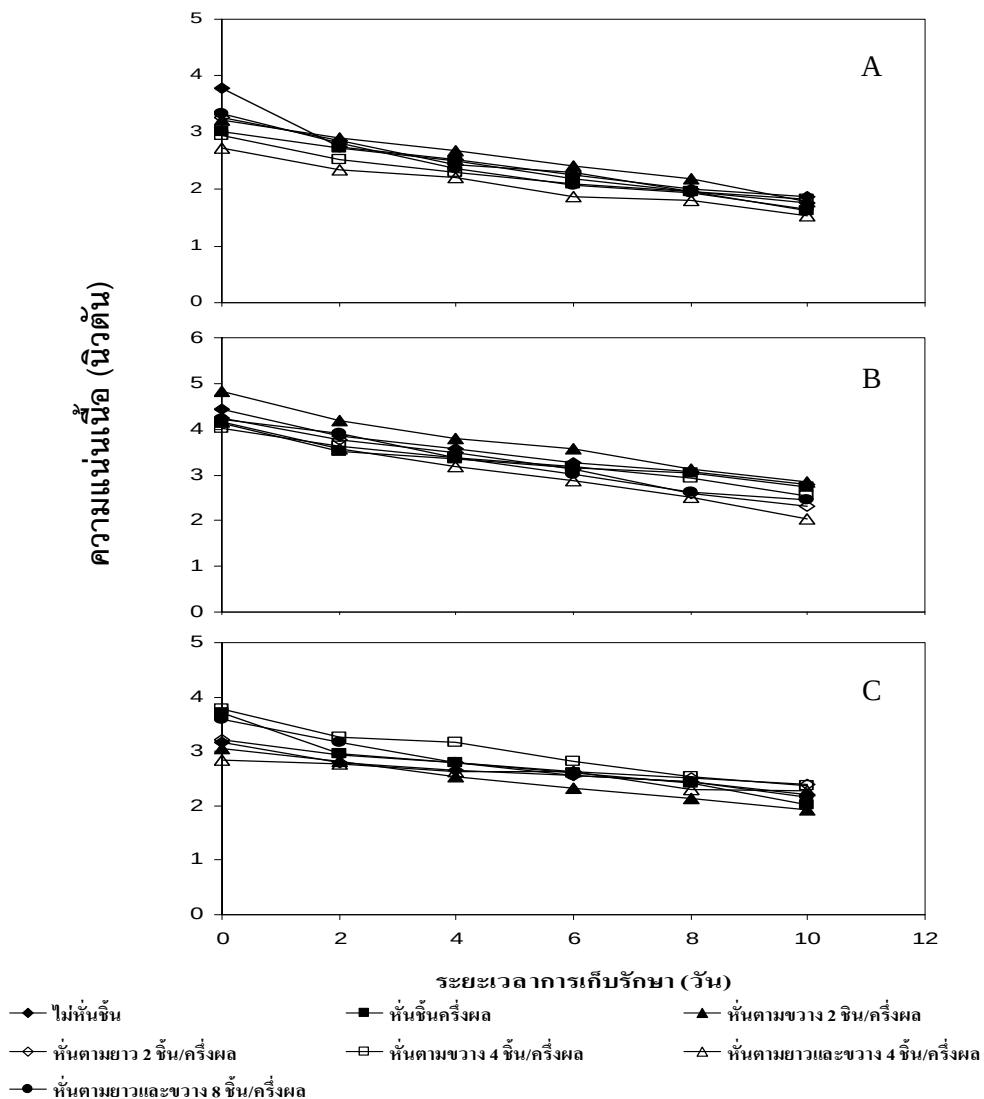


Figure 4.44: Firmness of cut mango with different cutting styles stored at $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ for 10 days: (a) Nam dok Mai, (b) Chok Anan and (c) Maha Chanok mango

4. ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ เนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นทั้ง 3 พันธุ์ ทุกรูปแบบการหั่นชิ้นมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์น้ำดอกไม้หั่น ชิ้นตามขวางสี่ชิ้นต่อครึ่งผลมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ลดลงสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับค่าเมื่อ เริ่มต้น และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เริ่มต้นการทดลองของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามขวางสองชิ้นต่อครึ่งผลมีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 20.93 เปอร์เซ็นต์ และเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามขวางสี่ชิ้นต่อครึ่งผลมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้น้อยที่สุด 17.58 เปอร์เซ็นต์ สำหรับเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์โชคอนันต์ หั่นชิ้นตามขวางสี่ชิ้นต่อครึ่งผลมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้สูงที่สุด 18.2 เปอร์เซ็นต์ และเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามยาวและขวางแปดชิ้นต่อครึ่งผลมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่ำที่สุด 16.7 เปอร์เซ็นต์ เมื่อ

เริ่มต้นการทดลองตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ที่ลดลงเมื่อสิ้นสุดการทดลองกับค่าเริ่มต้น พบว่าเนื้อมะม่วงหั่นชิ้นตามขวาง สองชิ้นต่อครึ่งผลมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ลดลงมากที่สุด 14.35 เปอร์เซ็นต์ และเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามยาวสองชิ้นต่อครึ่งผลมีค่าลดลงน้อยที่สุด 6.02 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณเริ่มต้นตามลำดับ และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เมื่อเริ่มต้นการทดลองของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์ มหาชนกหั่นชิ้นตามยาวและขวางสี่ชิ้นต่อครึ่งผลมีค่าสูงที่สุด 17.57 เปอร์เซ็นต์ และเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามยาวสองชิ้นต่อผลมีค่าต่ำที่สุด 16.36 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบการลดลงของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เมื่อเริ่มต้นกับสิ้นสุดการทดลอง พบว่าเนื้อมะม่วงหั่นชิ้นตามยาวสองชิ้นต่อ ผลมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ลดลงน้อยที่สุด 18.63 เปอร์เซ็นต์ และเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามขวางสี่ชิ้นต่อครึ่งผลมีปริมาณลดลงมากที่สุด 20.77 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณเริ่มต้น ตามลำดับ ดัง Fig. 4.47 a-c

5. ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ เนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นแต่ละรูปแบบ มีปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ในรูปของกรดซิตริก พันธุ์น้ำดอกไม้ โชคอนันต์และมหาชนก ลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ซึ่งเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามยาวและขวางสี่ชิ้นต่อครึ่งผล พันธุ์น้ำดอกไม้ มี ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้เมื่อเริ่มต้นสูงที่สุด 0.65 เปอร์เซ็นต์ และเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามยาวและขวางแปดชิ้นต่อครึ่งผลมีปริมาณกรดต่ำที่สุด 0.51 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า เนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นแต่ละรูปแบบมีปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ลดลงจากเริ่มต้น โดยเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามยาวและขวางแปดชิ้นต่อครึ่งผลมีปริมาณกรดลดลงน้อยที่สุด 24.48 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณเริ่มต้น และเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามยาวและขวางสี่ชิ้นต่อครึ่งผลมีปริมาณกรดลดลงมากที่สุด 42.48 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณเริ่มต้นตามลำดับ (Figure 4.1.48ก) ส่วนเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์โชคอนันต์ หั่นชิ้นตามยาวและขวางสี่ชิ้นต่อครึ่งผลมีปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้เมื่อเริ่มต้นการทดลองต่ำที่สุด 0.20 เปอร์เซ็นต์ และเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามขวางสองชิ้นต่อครึ่งผลมีปริมาณกรดเริ่มต้นสูงที่สุด 0.26 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามขวางสองชิ้นต่อครึ่งผลมีปริมาณกรดทั้งหมดลดลงสูงที่สุด 50.81 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณกรดเริ่มต้น และเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามยาวและขวางสี่ชิ้นต่อครึ่งผลมีปริมาณลดลงต่ำที่สุด 25.40 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณกรดเริ่มต้นตามลำดับ (Figure 4.1.48ข) และปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนก หั่นชิ้นตามยาวและขวางแปดชิ้นต่อครึ่งผลและเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามขวางสี่ชิ้นต่อครึ่งผลเมื่อเริ่มต้นการทดลองมีค่าต่ำ ที่สุด 0.34 เปอร์เซ็นต์ และเนื้อมะม่วงสุกที่ไม่หั่นชิ้นมีปริมาณกรดทั้งหมดสูงที่สุด 0.40 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ที่ลดลงเมื่อสิ้นสุดการทดลองกับปริมาณกรดทั้งหมดเมื่อเริ่มต้นพบว่า เนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามขวางสี่ชิ้นต่อครึ่งผลมีปริมาณกรดทั้งหมดลดลงน้อยที่สุด 34.21 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณเริ่มต้น และเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามยาวสองชิ้นต่อผลมีปริมาณกรดทั้งหมดลดลงมากที่สุด 50.33 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณกรดเริ่มต้น

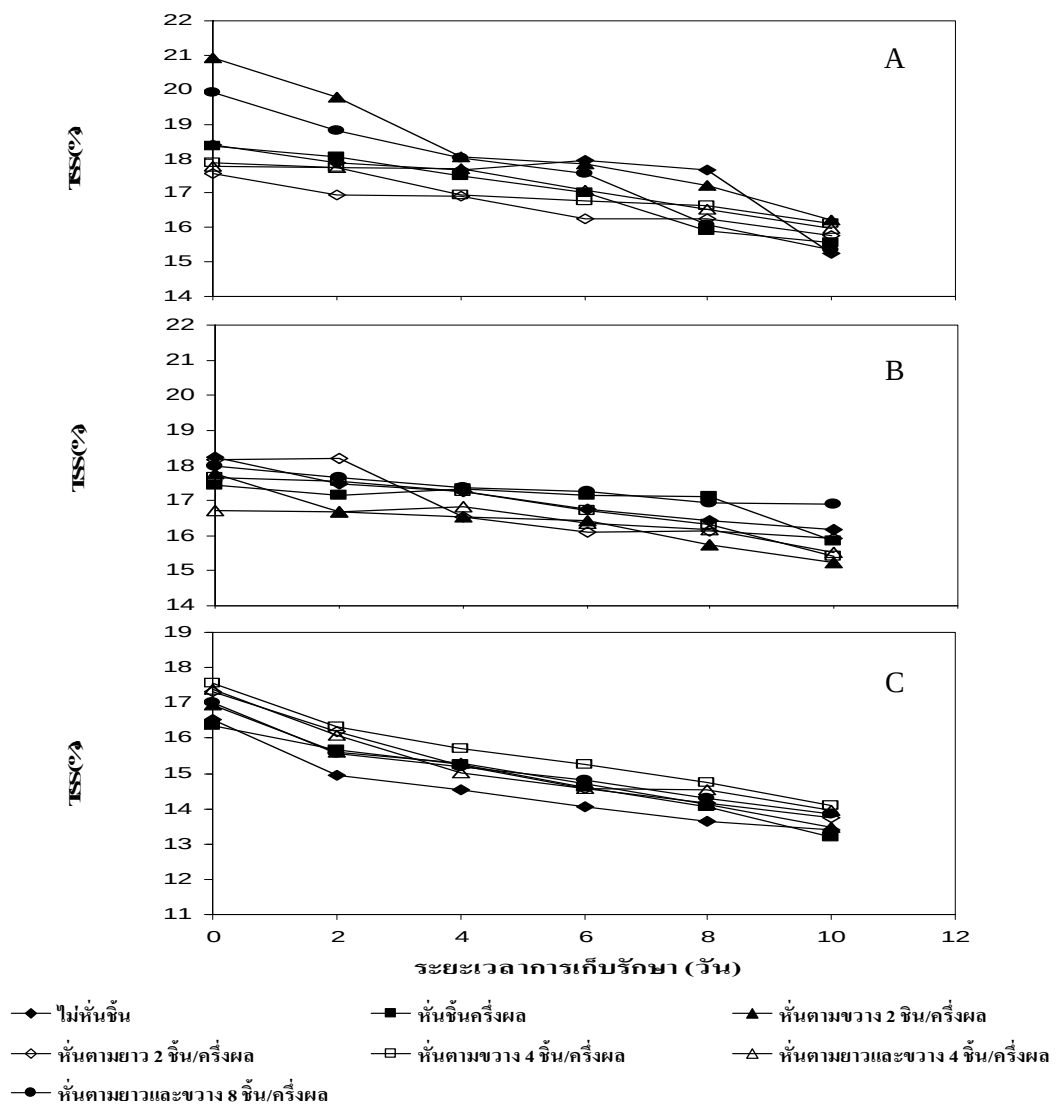


Figure 4.45: Total soluble solids of cut mango with different cutting styles stored at $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ for 10 days: (a) Nam dok Mai, (b) Chok Anan and (c) Maha Chanok mango

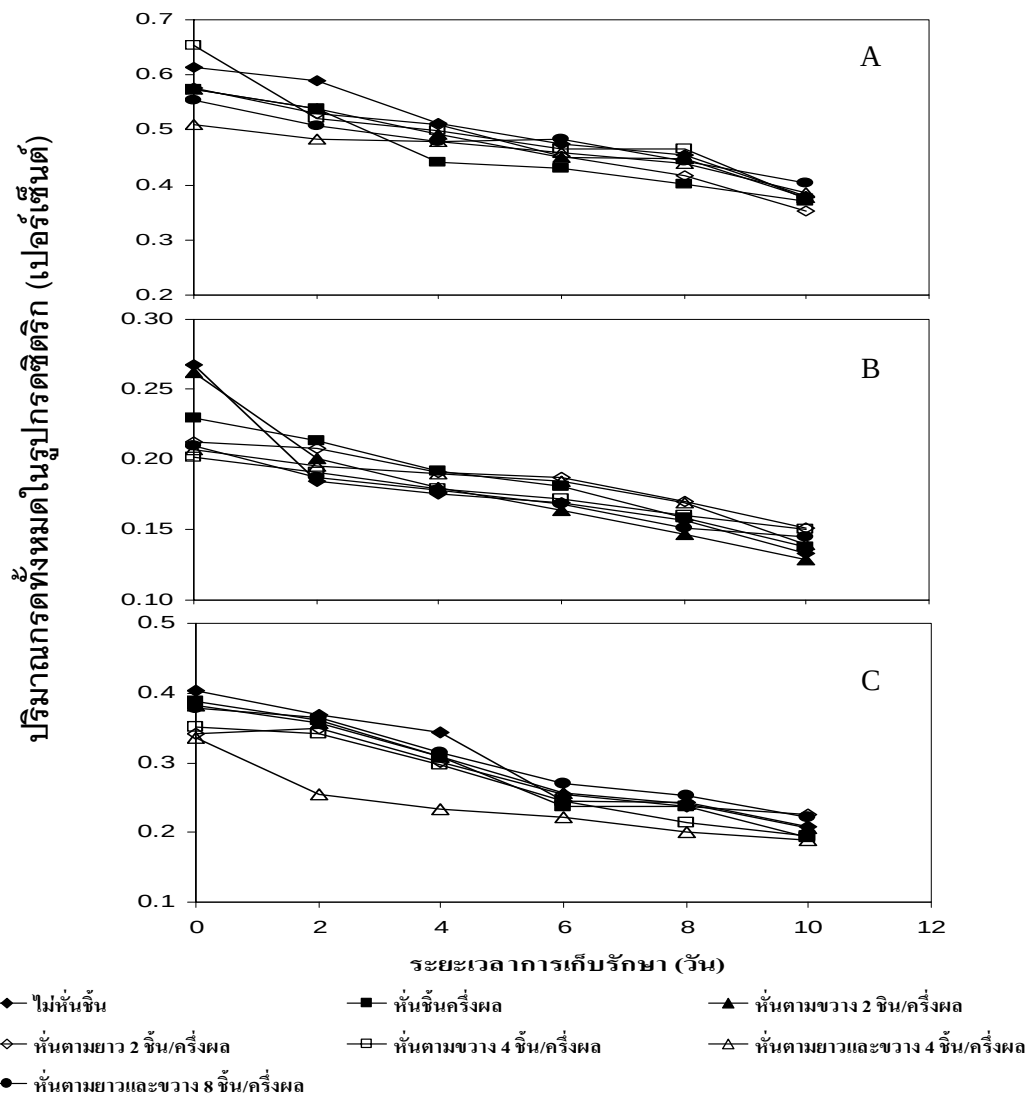


Figure 4.46: Total titratable acidity of cut mango with different cutting styles stored at 4±1°C for 10 days: (a) Nam dok Mai, (b) Chok Anan and (c) Maha Chanok mango

6. อัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ (TSS/TA) ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นทั้ง 3 พันธุ์ หั่นชิ้นแต่ละรูปแบบเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์น้ำดอกไม้หั่นชิ้นตามยาวและขวางสี่ชิ้นต่อครึ่งผลมีอัตราส่วน TSS/TA เมื่อเริ่มต้นต่ำที่สุด 27.41 และเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามขวางสองชิ้นต่อครึ่งผลมีอัตราส่วนสูงที่สุด 36.70 แต่เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า อัตราส่วน TSS/TA ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นทั้งสองรูปแบบมีค่าเพิ่มขึ้นเท่ากันคือ 42.92 ตามลำดับ ดัง Fig. 4.49a เนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์โชคอนันต์หั่นชิ้นตามยาวและขวางสี่ชิ้นต่อครึ่งผลมีอัตราส่วน TSS/TA เมื่อเริ่มต้นสูงที่สุด 87.81 รองลงมาได้แก่ เนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามยาวสองชิ้นต่อครึ่งผล 86.67 เนื้อมะม่วงหั่นชิ้นตามขวางสี่ชิ้นต่อครึ่งผล 85.67 และเนื้อมะม่วงหั่น

ขึ้นตามขวางสองชั้นต่อครึ่งผลมีอัตราส่วน TSS/TA ต่ำที่สุด 67.80 ดัง Fig. 4.49b ตามลำดับ และเนื้อมะม่วงสุกหั่นชั้นพันธุ์มหาชนกหั่นชั้นตามยาวและขวางแปดชั้นต่อครึ่งผลมีอัตราส่วน TSS/TA สูงที่สุด 51.86 เมื่อเริ่มต้นการทดลองและมีค่าเพิ่มขึ้นสูงกว่าเนื้อมะม่วงสุกหั่นชั้นรูปแบบอื่นๆ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา และเมื่อสิ้นสุดการทดลองเนื้อมะม่วงสุกหั่นชั้นมีอัตราส่วน TSS/TA สูงสุดเท่ากับ 74.89 ในขณะที่เนื้อมะม่วงสุกหั่นชั้นตามขวางสี่ชั้นต่อครึ่งผลมีอัตราส่วน TSS/TA ต่ำ ที่สุด 61.15 ตามลำดับ ดัง Fig. 4.49c

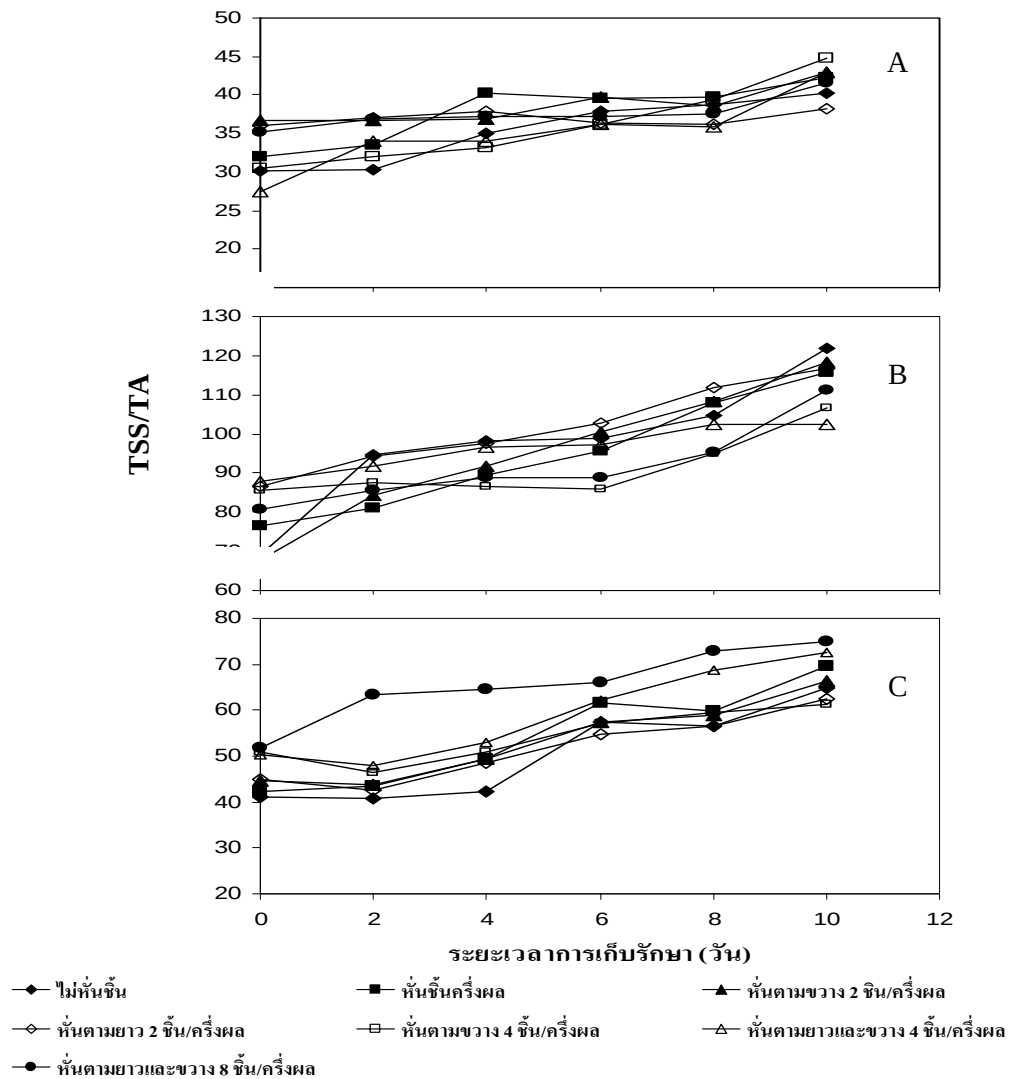


Figure 4.47: Total soluble solids to total titratable acidity ratio of cut mango with different cutting styles stored at 4±1°C for 10 days: (a) Nam dok Mai, (b) Chok Anan and (c) Maha Chanok mango

7) ค่าพีเอช ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นทั้ง 3 พันธุ์ ที่มีรูปแบบการหั่นชิ้นแตกต่างกัน มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์น้ำดอกไม้ หั่นชิ้นตามยาวและขวางแปดชิ้นต่อครั้งผลมีค่าพีเอชเมื่อเริ่มต้นสูงที่สุด 4.0 และเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามขวางสี่ชิ้นต่อครั้งผลมีค่าต่ำที่สุด 3.82 ตามลำดับ ดัง Fig. 4.50a และเมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า เนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามขวางสี่ชิ้นต่อครั้งผลมีค่าพีเอชเพิ่มขึ้นสูงที่สุด 11.61 เปอร์เซ็นต์ ของค่าเริ่มต้น เพิ่มขึ้นเป็น 4.34 เมื่อสิ้นสุดการทดลอง สำหรับเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์โชคอนันต์ หั่นชิ้นตามยาวสองชิ้นต่อครั้งผลมีค่าพีเอชเมื่อเริ่มต้นการทดลองสูงที่สุด 4.33 รองลงมาคือ เนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามยาวสองชิ้นต่อครั้งผล 4.31 ตามลำดับ ดัง Fig. 4.50b เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า เนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามยาวสองชิ้นมีค่าพีเอชเพิ่มขึ้นเท่ากับ 4.63 และเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนก หั่นชิ้นตามขวางสี่ชิ้นต่อครั้งผลมีค่าพีเอชเริ่มต้นสูงที่สุด 4.19 รองลงมาคือ เนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามยาวสองชิ้นต่อครั้งผล 4.09 และเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามยาวและขวางสี่ชิ้นต่อครั้งผลมีค่าพีเอชต่ำที่สุด 3.80 ตามลำดับ ดัง Fig. 4.50c เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า เนื้อมะม่วงหั่นชิ้นตามยาวและขวางสี่ชิ้นต่อครั้งผลมีค่าพีเอชเพิ่มขึ้นสูงกว่าเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นรูปแบบอื่นๆ ซึ่งเพิ่มขึ้น 18.42 เปอร์เซ็นต์ของค่าพีเอชเริ่มต้น แต่เนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามขวางสี่ชิ้นต่อครั้งผลมีค่าพีเอชเมื่อสิ้นสุดการทดลองสูงที่สุด เท่ากับ 4.60

8) ปริมาณวิตามินซี ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์น้ำดอกไม้ โชคอนันต์และมหาชนก แต่ละรูปแบบมีค่าลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเริ่มต้นการทดลองพบว่า เนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์น้ำดอกไม้หั่นชิ้นตามขวางสี่ชิ้นต่อครั้งผลมีปริมาณวิตามินซีน้อยที่สุด 10.58 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมของเนื้อ และเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามยาวสองชิ้นต่อครั้งผลมีปริมาณสูงที่สุด 11.60 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมของเนื้อ ตามลำดับ และเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามยาวและขวางแปดชิ้นต่อครั้งผลมีปริมาณวิตามินซีลดลงมากกว่าเนื้อมะม่วงหั่นชิ้นรูปแบบอื่นๆ ดัง Fig. 4.51a ส่วนเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์โชคอนันต์หั่นชิ้นตามขวางสองชิ้นต่อครั้งผลมีปริมาณวิตามินซี ลดลงสูงสุด 27.69 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณเริ่มต้น ซึ่งเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามยาวและขวางสี่ชิ้นต่อครั้งผลมีปริมาณวิตามินซีสูงที่สุด 14.7 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมของเนื้อ และเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามยาวสองชิ้นต่อครั้งผล เนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามขวางสองชิ้นต่อครั้งผล และเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามยาวและขวางสองชิ้นต่อครั้งผลมีปริมาณวิตามินซีต่ำที่สุด 13.8 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมของเนื้อ ตามลำดับ ดัง Fig. 4.51b และเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนกหั่นชิ้นตามยาวสองชิ้นต่อครั้งผลมีปริมาณวิตามินซีสูงที่สุด 12.99 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมของเนื้อ และเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามขวางสี่ชิ้นต่อครั้งผลมีปริมาณกรดแอสคอบิกน้อยที่สุด 12.24 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมของเนื้อ ตามลำดับ ดัง Fig. 4.51c

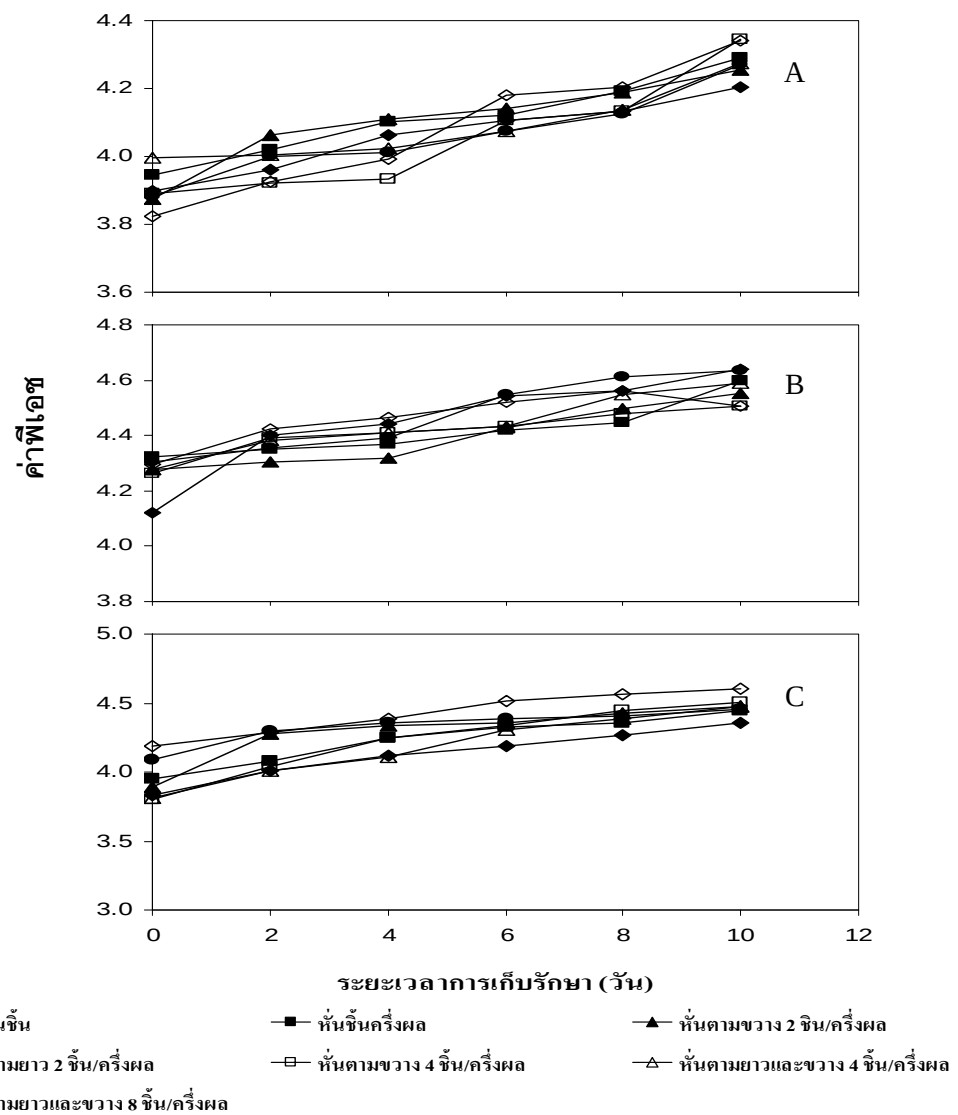


Figure 4.48: pH value of cut mango with different cutting styles stored at $4 \pm 1^\circ\text{C}$ for 10 days: (a) Nam dok Mai, (b) Chok Anan and (c) Maha Chanok mango

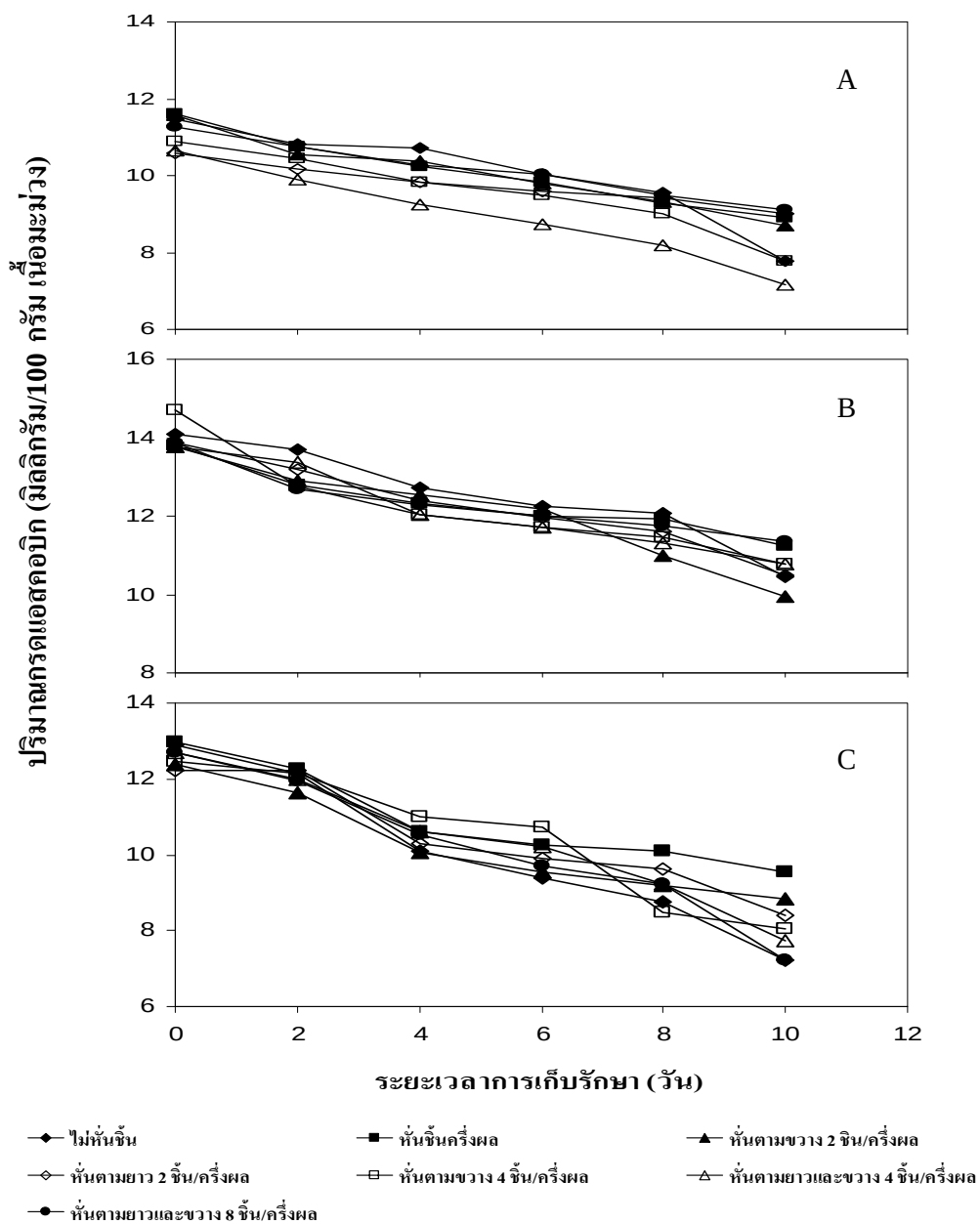


Figure 4.49: Vitamin C content of cut mango with different cutting styles stored at $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ for 10 days: (a) Nam dok Mai, (b) Chok Anan and (c) Maha Chanok mango

9) ปริมาณการผลิตเอทานอล ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นทั้ง 3 พันธุ์ ที่มีรูปแบบแตกต่างกัน 7 รูปแบบ มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยเนื้อมะม่วงหั่นชิ้นพันธุ์น้ำดอกไม้ หั่นชิ้นตามยาวและขวางสี่ชิ้นต่อครึ่งผล มีการผลิตเอทานอลสูงที่สุด 0.13 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ เนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามยาวสองชิ้นต่อครึ่งผล และเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามยาวและขวางแปด

ขึ้นต่อครึ่งผล 0.09 เปอร์เซ็นต์ และเนื้อมะม่วงสุกหั่นขึ้นตามยาวสองชิ้นต่อผล และเนื้อมะม่วงหั่นขึ้นตามขวางสองชิ้นต่อครึ่งผลมีปริมาณการผลิตเอทานอลต่ำที่สุด 0.06 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดัง Table 4.14 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 5 วัน แต่เมื่อสิ้นสุดการทดลองเนื้อมะม่วงหั่นขึ้นตามยาวและขวางแปดชิ้นต่อครึ่งผลมีการผลิตเอทานอลสูงที่สุด 0.26 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ เนื้อมะม่วงสุกหั่นขึ้นตามยาวสองชิ้นต่อครึ่งผล 0.21 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเนื้อมะม่วงสุกหั่นขึ้นพันธุ์โชคอนันต์ หั่นขึ้นตามยาวและขวางสี่ชิ้นต่อครึ่งผลมีปริมาณการผลิตเอทานอลสูงที่สุด 0.10 เปอร์เซ็นต์ และเนื้อมะม่วงหั่นขึ้นตามขวางสี่ชิ้นต่อครึ่งผลมีการผลิตเอทิลินต่ำที่สุด 0.07 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 5 วัน ตามลำดับ ดัง Table 4.15 และเมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า เนื้อมะม่วงสุกหั่นขึ้นตามยาวและขวางแปดชิ้นต่อครึ่งผล มีการผลิตเอทานอลสูงที่สุด 0.26 เปอร์เซ็นต์ และมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณการผลิตเอทานเพิ่มขึ้นสูงที่สุด 188.89 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณการผลิตเอทานอลในวันที่ 5 ของการเก็บรักษา และปริมาณการผลิตเอทานอลของเนื้อมะม่วงสุกหั่นขึ้นพันธุ์มหาชนกหั่นขึ้นตามขวางสองชิ้นต่อครึ่งผลมีค่าต่ำที่สุด 0.06 เปอร์เซ็นต์ และเนื้อมะม่วงสุกหั่นขึ้นตามยาวและขวางแปดชิ้นต่อครึ่งผลมีปริมาณการผลิตเอทานอลสูงที่สุด 0.16 เปอร์เซ็นต์ ในวันที่ 5 ของการเก็บรักษา ตามลำดับ ดัง Table 4.16 และเมื่อสิ้นสุดการทดลองเนื้อมะม่วงสุกหั่นขึ้นตามยาวและขวางแปดชิ้นต่อครึ่งผล มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณการผลิตเอทิลินเพิ่มขึ้นสูงที่สุดแต่ละรูปแบบ มีค่าเพิ่มขึ้น 37.5 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณเอทานอลในวันที่ 5 ของการเก็บรักษา

Table 4.14 Amount of ethanol produced from various cutting styles of Nam Dok Mai mango and % changes of ethanol compared to those of uncut mango stored at $4\pm1^{\circ}\text{C}$ for 5 and 10 days

รูปแบบการหั่น	ปริมาณเอทานอล (%)		% การเปลี่ยนแปลง	
	วันที่ 5	วันที่ 10	วันที่ 5	วันที่ 10
ไม่มีการหั่น (ชุดควบคุม)	0.04a*	0.15a	0	0
หั่นตามยาว 2 ชิ้นต่อผล	0.06b	0.18ab	50	20
หั่นตามขวาง 2 ชิ้นต่อครึ่งผล	0.06b	0.18ab	50	20
หั่นตามยาว 2 ชิ้นต่อครึ่งผล	0.09cd	0.21b	125	40
หั่นตามขวาง 4 ชิ้นต่อครึ่งผล	0.07bc	0.18ab	75	20
หั่นตามยาวและขวาง 4 ชิ้นต่อ/ผล	0.13e	0.19b	225	26.67
หั่นตามยาวและขวาง 8 ชิ้น/ครึ่งผล	0.09d	0.26c	125	73.33
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	± 0.001	± 0.001		

หมายเหตุ - *ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันแสดงว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)

Table 4.15 Amount of ethanol produced from various cutting styles of Chok Anan mango and % changes of ethanol compared to those of uncut mango stored at $4\pm1^{\circ}\text{C}$ for 5 and 10 days

รูปแบบการหั่น	ปริมาณเอทานอล (%)		% การเปลี่ยนแปลง	
	วันที่ 5	วันที่ 10	วันที่ 5	วันที่ 10
ไม่มีการหั่น (ชุดควบคุม)	0.04a*	0.10a	0	0
หั่นตามยาว 2 ชิ้นต่อผล	0.08b	0.15b	100	50
หั่นตามขวาง 2 ชิ้นต่อครึ่งผล	0.08b	0.18bc	100	80
หั่นตามยาว 2 ชิ้นต่อครึ่งผล	0.09bc	0.21c	125	110
หั่นตามขวาง 4 ชิ้นต่อครึ่งผล	0.07b	0.18bc	75	80
หั่นตามยาวและขวาง 4 ชิ้นต่อ/ผล	0.10c	0.17b	150	70
หั่นตามยาวและขวาง 8 ชิ้น/ครึ่งผล	0.09bc	0.28d	125	180
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	± 0.001	± 0.001		
หมายเหตุ - *ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันแสดงว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)				

Table 4.16 Amount of ethanol produced from various cutting styles of Maha Chanok mango and % changes of ethanol compared to those of uncut mango stored at $4\pm1^{\circ}\text{C}$ for 5 and 10 days

รูปแบบการหั่น	ปริมาณเอทานอล (%)		% การเปลี่ยนแปลง	
	วันที่ 5	วันที่ 10	วันที่ 5	วันที่ 10
ไม่มีการหั่น (ชุดควบคุม)	0.06a*	0.13a	0	0
หั่นตามยาว 2 ชิ้นต่อผล	0.10b	0.15a	66.67	15.38
หั่นตามขวาง 2 ชิ้นต่อครึ่งผล	0.09b	0.18b	50	38.46
หั่นตามยาว 2 ชิ้นต่อครึ่งผล	0.08b	0.20bc	33.33	53.85
หั่นตามขวาง 4 ชิ้นต่อครึ่งผล	0.13c	0.21bc	116.67	61.54
หั่นตามยาวและขวาง 4 ชิ้นต่อ/ผล	0.13c	0.19b	116.67	46.15
หั่นตามยาวและขวาง 8 ชิ้น/ครึ่งผล	0.16d	0.22c	166.67	69.23
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	± 0.001	± 0.001		
หมายเหตุ - *ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันแสดงว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)				

10) ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์น้ำดอกไม้ โชคอนันต์และมหาชนกแต่ละรูปแบบเพิ่มขึ้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 10 วัน โดยเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามขวางสองชิ้นต่อครึ่งผล เนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามยาวสองชิ้นต่อครึ่งผล เนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามขวางสี่ชิ้นต่อครึ่งผล และเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามยาวและขวางแปดชิ้นต่อครึ่งผล ไม่พบปริมาณจุลินทรีย์เมื่อเริ่มต้นการทดลอง แต่มีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อสิ้นสุดการทดลองอยู่ในช่วง 0.33-0.67 cfu/g และพบว่าเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามยาวและขวางแปดชิ้นต่อครึ่งผลมีปริมาณจุลินทรีย์สูงที่สุด 0.67 cfu/g ดัง Table 4.17 ปริมาณจุลินทรีย์ในวันที่ 0 และ 10 ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์โชคอนันต์แต่ละรูปแบบ มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดอยู่ในช่วง 0.33-1.0 cfu/g และ 0.67-1.33 cfu/g ตามลำดับ ดัง Table 4.18 ซึ่งเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามขวางสี่ชิ้นต่อครึ่งผลมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในวันเริ่มต้นและสิ้นสุดการทดลองน้อยที่สุดและเนื้อมะม่วงหั่นชิ้นตามยาวสองชิ้นต่อครึ่งผลมีปริมาณจุลินทรีย์ต่ำที่สุดตามลำดับ และเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามยาวสองชิ้นต่อครึ่งผลมีปริมาณจุลินทรีย์เมื่อเริ่มต้นและสิ้นสุดการทดลองมากที่สุด โดยเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดที่วันเริ่มต้นและสิ้นสุดการทดลองอยู่ในช่วง 0.33-1.0 cfu/g และ 0.67-1.33 cfu/g ตามลำดับ ดัง Table 4.19

Table 4.17 Total number of microorganisms in Nam Dok Mai mango pulp with 7 different cutting styles and stored at $4\pm1^{\circ}\text{C}$ for 10 days

รูปแบบการหั่น	ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด cfu/g/1	
	วันที่ 0	วันที่ 10
ชุดควบคุม (มะม่วงปอกเปลือกทั้งผล)	0.33±0.58	1
เนื้อมะม่วงหั่นชิ้นครึ่งผล	0.33±0.58	1
เนื้อมะม่วงหั่นชิ้นตามขวางสองชิ้นต่อครึ่งผล	0	0.67±0.58
เนื้อมะม่วงหั่นชิ้นตามยาวสองชิ้นต่อครึ่งผล	0	0.67±0.58
เนื้อมะม่วงหั่นชิ้นตามขวางสี่ชิ้นต่อผล	0	1
เนื้อมะม่วงหั่นชิ้นตามยาวและขวางสี่ชิ้นต่อครึ่งผล	0.67±0.58	1
เนื้อมะม่วงหั่นชิ้นตามยาวและขวางแปดชิ้นต่อครึ่งผล	0	0.33±0.58
	ns*	ns

หมายเหตุ - 1/ ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็น ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
 - *ตัวอักษรภาษาอังกฤษ ns แสดงว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)

Table 4.18 Total number of microorganisms in Chok Anan mango pulp with 7 different cutting styles and stored at $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ for 10 days

รูปแบบการหั่น	ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด cfu/g/	
	วันที่ 0	วันที่ 10
ชุดควบคุม (มะม่วงปอกเปลือกทั้งผล)	0.67±0.58	0.67±0.58
เนื้อมะม่วงหั่นชิ้นครึ่งผล	0.33±0.58	1.33±0.58
เนื้อมะม่วงหั่นชิ้นตามขวางสองชิ้นต่อครึ่งผล	0.33±0.58	1.33±0.58
เนื้อมะม่วงหั่นชิ้นตามยาวสองชิ้นต่อครึ่งผล	1±1.0	1.33±0.58
เนื้อมะม่วงหั่นชิ้นตามขวางสี่ชิ้นต่อผล	0.33±0.58	0.83±0.76
เนื้อมะม่วงหั่นชิ้นตามยาวและขวางสี่ชิ้นต่อครึ่งผล	0.67±0.58	1
เนื้อมะม่วงหั่นชิ้นตามยาวและขวางแปดชิ้นต่อครึ่งผล	0.67±1.15	1.33±1.53
	ns*	ns
หมายเหตุ	- 1/ ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน - *ตัวอักษรภาษาอังกฤษ ns แสดงว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)	

Table 4.19 Total number of microorganisms in Maha Chanok mango pulp with 7 different cutting styles and stored at $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ for 10 days

รูปแบบการหั่น	ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด cfu/g/	
	วันที่ 0	วันที่ 10
ชุดควบคุม (มะม่วงปอกเปลือกทั้งผล)	0.67±0.58	0.67±0.58
เนื้อมะม่วงหั่นชิ้นครึ่งผล	0.33±0.58	1.33±0.58
เนื้อมะม่วงหั่นชิ้นตามขวางสองชิ้นต่อครึ่งผล	0.33±0.58	1.33±0.58
เนื้อมะม่วงหั่นชิ้นตามยาวสองชิ้นต่อครึ่งผล	1.0±1.0	1.33±0.58
เนื้อมะม่วงหั่นชิ้นตามขวางสี่ชิ้นต่อผล	0.67±0.58	0.83±0.76
เนื้อมะม่วงหั่นชิ้นตามยาวและขวางสี่ชิ้นต่อครึ่งผล	0.33±0.58	1.0
เนื้อมะม่วงหั่นชิ้นตามยาวและขวางแปดชิ้นต่อครึ่งผล	0.67±1.15	1.33±1.53
	ns*	ns
หมายเหตุ	- 1/ ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน - *ตัวอักษรภาษาอังกฤษ ns แสดงว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)	

11) การยอมรับการบริโภค

การยอมรับด้านรูปแบบการหัน เมื่อเปรียบเทียบคะแนนการยอมรับด้านรูปแบบการหันของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์น้ำดอกไม้ โชคอนันต์และมหาชนก พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 6 วัน โดยคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคด้านรูปแบบการหันของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์น้ำดอกไม้แต่ละรูปแบบอยู่ในช่วง 3.8-4.6 คะแนน ดัง Fig. 4.52a โดยเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามยาวและขวางสี่ชิ้นต่อครึ่งผลมีคะแนนการยอมรับด้านรูปแบบสูงที่สุด และคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคด้านรูปแบบการหันของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์โชคอนันต์แต่ละรูปแบบเมื่อเริ่มต้นการทดลอง อยู่ในช่วง 3.8-4.8 คะแนน ดัง Fig. 4.52b โดยเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามยาวและขวางสี่ชิ้นต่อครึ่งผลมีคะแนนสูงที่สุด และเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนกหั่นชิ้นตามขวางสองชิ้นต่อครึ่งผลและเนื้อมะม่วงหั่นชิ้นตามยาวและขวางแปดชิ้นต่อครึ่งผลมีคะแนนการยอมรับสูงที่สุด 4.8 คะแนน ดัง Fig. 4.52c เมื่อเริ่มต้นการเก็บรักษาซึ่งคะแนนการยอมรับอยู่ในช่วง 4.2-4.8 คะแนน และมีคะแนนการยอมรับด้านรูปแบบการหันของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นทั้ง 3 พันธุ์ น้อยกว่า 3 คะแนน เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 6 วัน

การยอมรับด้านสีเนื้อ คะแนนการยอมรับด้านสีเนื้อของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นทั้ง 3 พันธุ์ทุกรูปแบบมีค่าลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ดัง Fig. 4.53a-c โดยเนื้อมะม่วงหั่นชิ้นพันธุ์น้ำดอกไม้หั่นชิ้นตามยาว และขวางสี่ชิ้นต่อครึ่งผล มีคะแนนการยอมรับด้านสีเนื้อมากกว่าเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นรูปแบบอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) คะแนนการยอมรับในวันเริ่มต้นอยู่ในช่วง 4.4-4.8 คะแนน สำหรับเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์โชคอนันต์และมหาชนกแต่ละรูปแบบ มีคะแนนการยอมรับด้านสีเนื้อลดลงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์โชคอนันต์หั่นชิ้นตามขวางสองชิ้นต่อครึ่งผล มีคะแนนการยอมรับด้านสีเนื้อเมื่อเริ่มต้นสูงที่สุด 4.6 คะแนน ดัง Fig. 4.53b โดยคะแนนการยอมรับด้านสีเนื้อเริ่มต้นอยู่ในช่วง 4.2-4.6 คะแนน และเนื้อมะม่วงหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนก มีคะแนนการยอมรับเริ่มต้นอยู่ในช่วง 4.2-2.6 คะแนน ดัง Fig. 4.53c โดยเนื้อมะม่วงหั่นชิ้นตามขวางสองชิ้นต่อครึ่งผลมีคะแนนการยอมรับด้านสีเนื้อมากกว่าเนื้อมะม่วงหั่นชิ้นรูปแบบอื่นๆ และเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นทั้ง 3 พันธุ์ มีคะแนนการยอมรับด้านสีเนื้อน้อยกว่า 3 คะแนน เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 6 วัน

การยอมรับด้านกลิ่น เนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์น้ำดอกไม้ โชคอนันต์และมหาชนกแต่ละรูปแบบ มีคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ดัง Fig. 4.54a ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เนื้อมะม่วงหั่นชิ้นตามยาวสองชิ้นต่อครึ่งผลของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์น้ำดอกไม้ มีคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นมากกว่าเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นรูปแบบอื่นๆ โดยคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นมีคะแนนการยอมรับอยู่ในช่วง 4.4-4.6, 4.0-4.4, 2.8-3.6, 2.2-2.6 ในวันที่ 0-6 ตามลำดับ เนื้อมะม่วงหั่นชิ้นพันธุ์โชคอนันต์หั่นชิ้นตามขวางสองชิ้นต่อครึ่งผล และเนื้อมะม่วงสุกที่ไม่หั่นชิ้นมีคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นน้อยที่สุด และคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นมีคะแนนการยอมรับอยู่ในช่วง 4.4-4.6 เมื่อเริ่มต้นการทดลอง ดัง Fig. 4.54b และเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนกหั่นชิ้นตามยาวสองชิ้นต่อครึ่งผลมีคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นสูงที่สุดเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 2 และ 4 วัน โดยมีคะแนนเท่ากับ 4.8, 4.2 และ 3.6 คะแนน ดัง Fig. 4.54c ตามลำดับ และเนื้อมะม่วงหั่นชิ้นแต่ละรูปแบบของมะม่วงทั้ง 3 พันธุ์ มีคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นน้อยกว่า 3 คะแนน เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 6 วัน

การยอมรับโดยรวม คะแนนการยอมรับโดยรวมของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์น้ำดอกไม้ ไม่มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยเนื้อมะม่วงหั่นชิ้นตามยาวและขวางแปดชิ้น

ต่อครึ่งผลมีคะแนนการยอมรับโดยรวมสูงที่สุดในวันเริ่มต้น เท่ากับ 4.8 คะแนน ดัง Fig. 4.55a ซึ่งคะแนนการยอมรับโดยรวมเมื่อเริ่มต้นการทดลองของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นแต่ละรูปแบบอยู่ในช่วง 4.4-4.8 คะแนน เนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์โชคอนันต์แต่ละรูปแบบ มีคะแนนการยอมรับโดยรวมลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นแต่ละรูปแบบมีคะแนนการยอมรับโดยรวมอยู่ในช่วง 4.4-4.6, 3.8-4.4 และ 2.8-3.4 คะแนน ดัง Fig. 4.55b ในวันเริ่มต้น วันที่ 2 และวันที่ 4 ของการเก็บรักษา ตามลำดับ และคะแนนการยอมรับโดยรวมของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นแต่ละรูปแบบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา และคะแนนการยอมรับโดยรวมของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนกแต่ละรูปแบบมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และมีค่าลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามยาวและขวางแปดชิ้นต่อครึ่งผลมีคะแนนสูงที่สุด 4.6 คะแนน เมื่อเริ่มต้นการทดลอง และมีค่าลดลงเหลือ 4.2, 3.6 และ 3.0 คะแนน ดัง Fig. 4.55c ในการเก็บรักษาเป็นเวลา 2, 4 และ 6 วัน เนื้อมะม่วงหั่นชิ้นแต่ละรูปแบบมีคะแนนการยอมรับโดยรวมน้อยกว่า 3 คะแนน เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 4 วัน ของเนื้อมะม่วงสุกทั้ง 3 พันธุ์

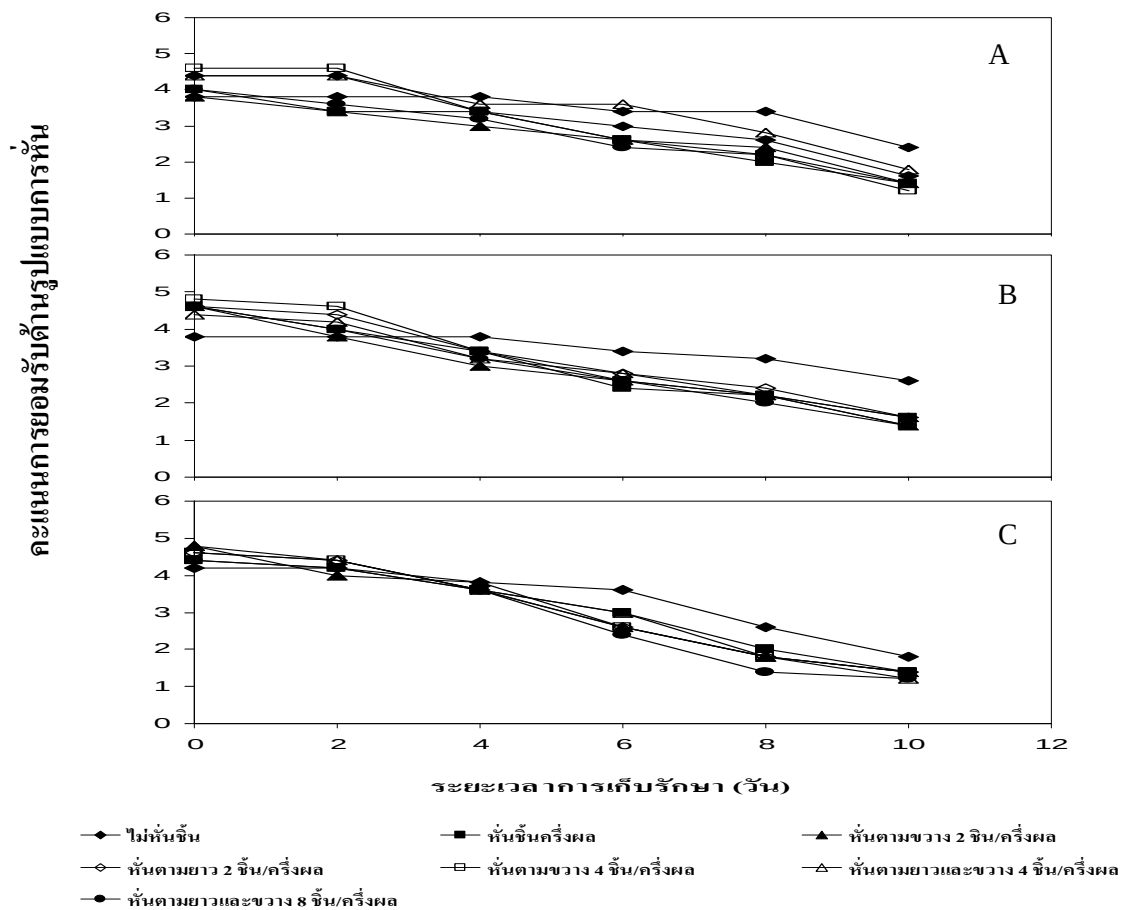


Figure 4.50: Cutting style-liking scores of cut mango with different cutting styles stored at $4 \pm 1^{\circ}\text{C}$ for 10 days: (a) Nam dok Mai, (b) Chok Anan and (c) Maha Chanok mango

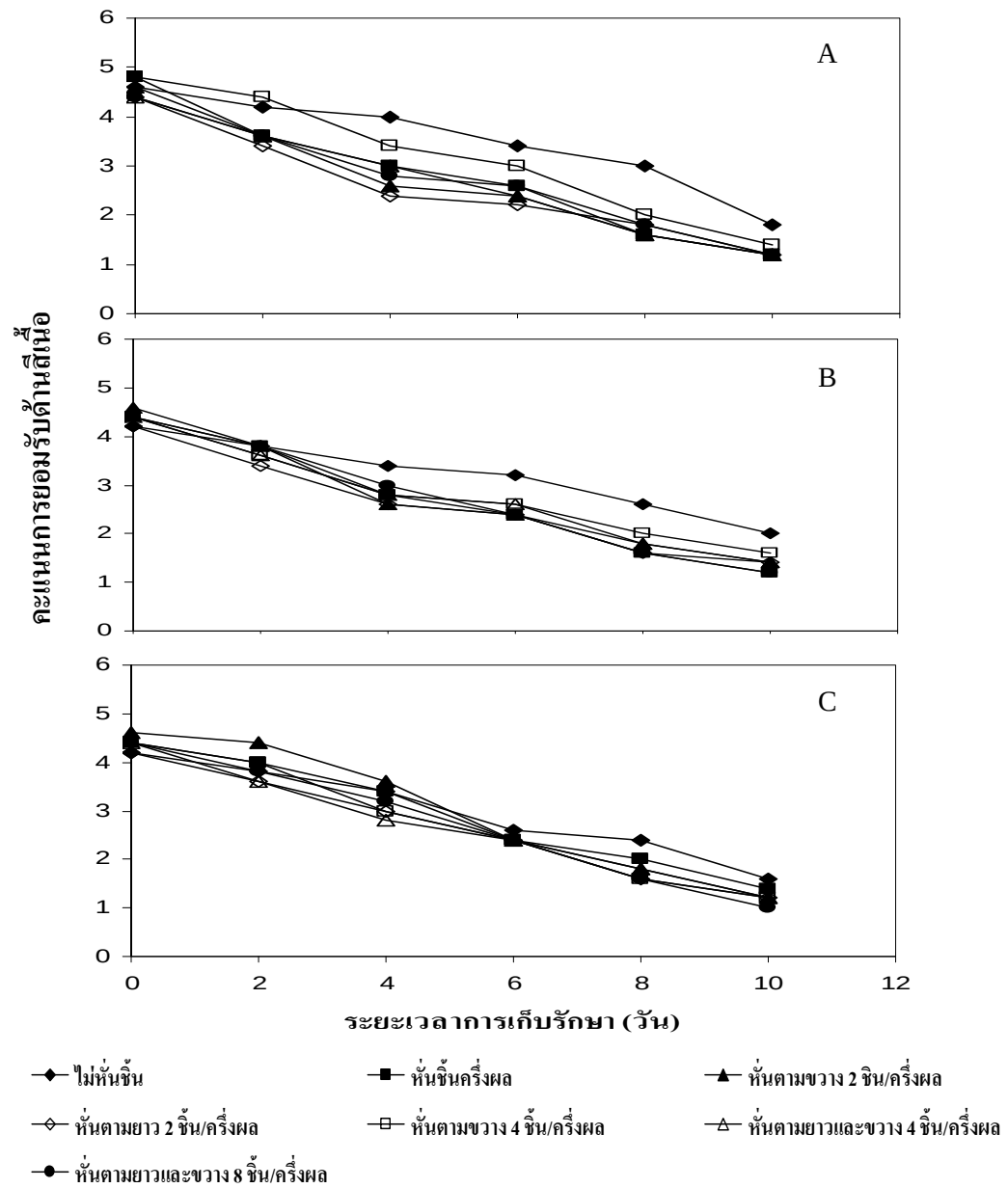


Figure 4.51 Color-liking scores of cut mango with different cutting styles stored at $4 \pm 1^\circ\text{C}$ for 10 days: (a) Nam dok Mai, (b) Chok Anan and (c) Maha Chanok mango

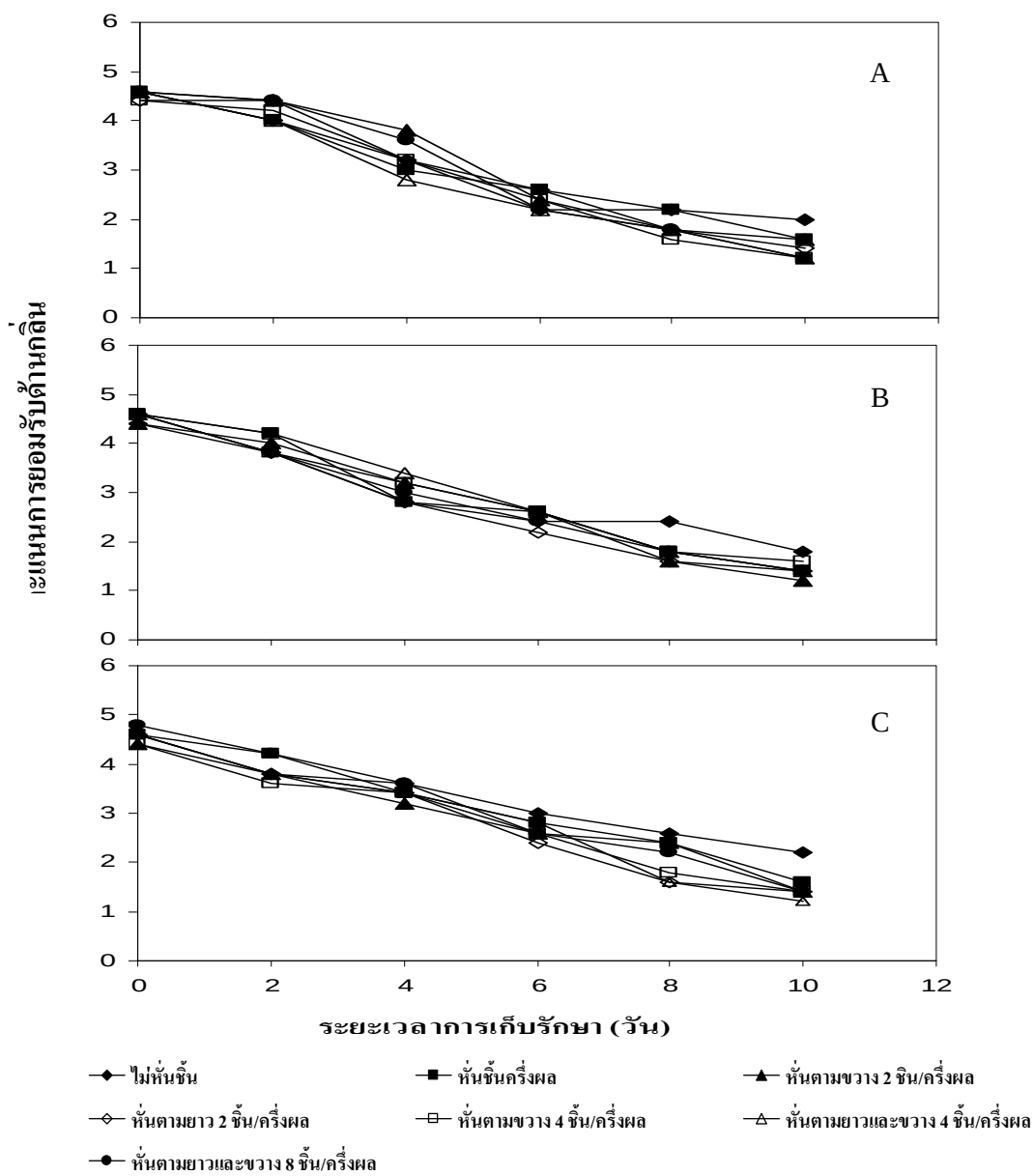


Figure 4.52 Odor-liking scores of cut mango with different cutting styles stored at $4 \pm 1^\circ\text{C}$ for 10 days: (a) Nam dok Mai, (b) Chok Anan and (c) Maha Chanok mango

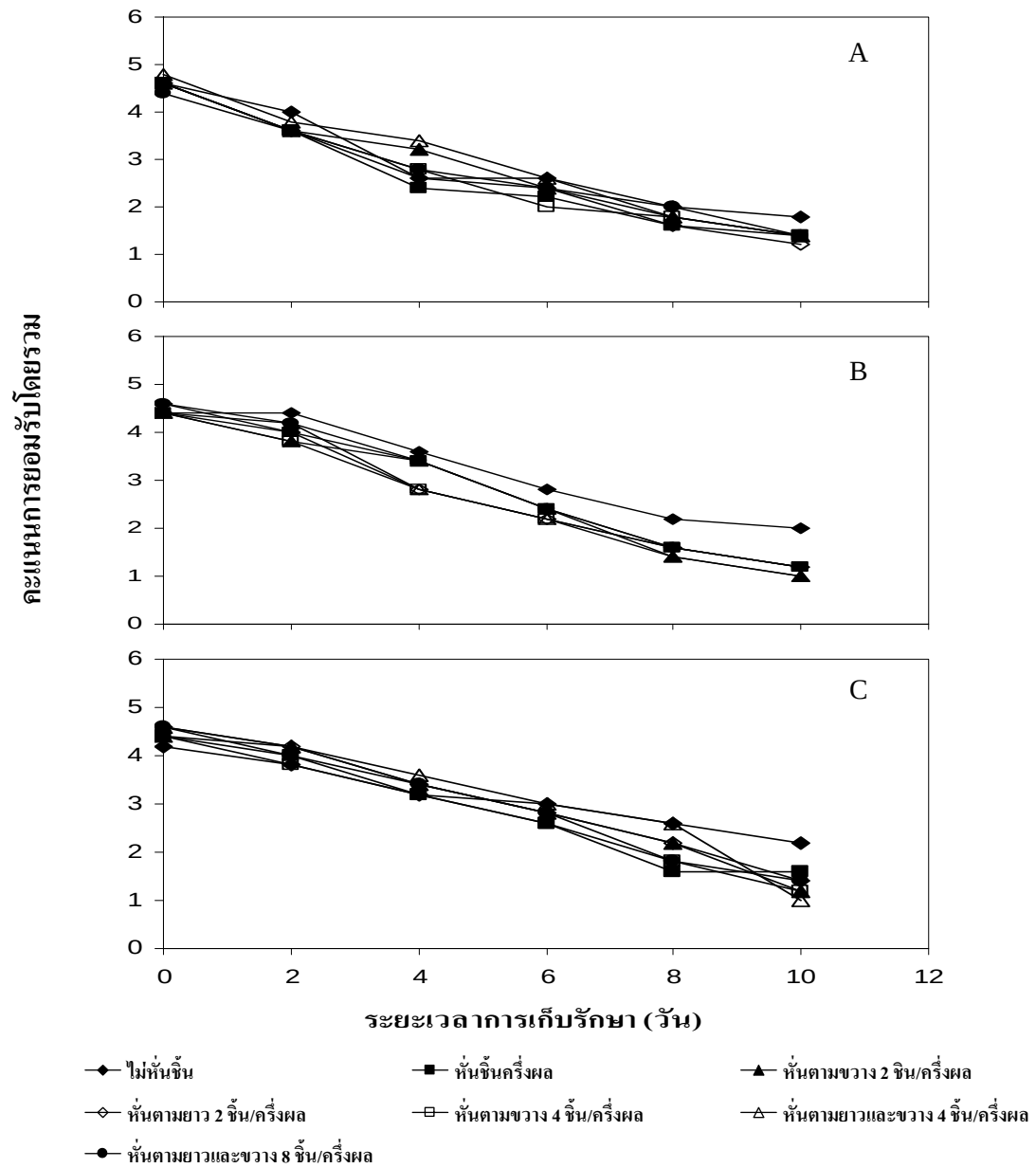


Figure 4.53 Overall-liking scores of cut mango with different cutting styles stored at $4\pm1^{\circ}\text{C}$ for 10 days: (a) Nam dok Mai, (b) Chok Anan and (c) Maha Chanok mango

8. การศึกษาอัตราการหายใจของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้น เนื้อลิ้นจี่ และเนื้อลำไย

มะม่วง

เนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์น้ำดอกไม้หั่นชิ้นตามยาวสองชิ้นต่อครึ่งผลมีอัตราการหายใจสูง ที่สุด 97.14 mg CO₂/kg.hr รองลงมาคือ เนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามขวางสองชิ้นต่อครึ่งผล 95.45 mg CO₂/kg.hr และเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามขวางสี่ชิ้นต่อครึ่งผลมีอัตราการหายใจต่ำที่สุด 68.22 mg CO₂/kg.hr ตามลำดับ ดัง Table 4.20 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นแต่ละรูปแบบ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ระหว่างเนื้อมะม่วงสุกที่หั่นชิ้น แต่เมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อมะม่วงสุกที่ไม่หั่นชิ้นพบว่า เนื้อมะม่วงที่หั่นชิ้นแต่ละรูปแบบมีอัตราการหายใจสูงกว่าเนื้อมะม่วงสุกที่ไม่หั่นชิ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามยาวสองชิ้นต่อครึ่งผลมีเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงอัตราการหายใจเพิ่มขึ้นสูงที่สุด 202.65 เปอร์เซ็นต์ ของเนื้อมะม่วงที่ไม่มีการหั่น และเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์โชคอนันต์ หั่นชิ้นตามขวางสี่ชิ้นต่อครึ่งผล มีอัตราการหายใจสูงที่สุด 355.92 mg CO₂/kg.hr และเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามขวางสองชิ้นต่อครึ่งผลมีอัตราการหายใจต่ำที่สุด 280.27 mg CO₂/kg.hr ดัง Table 4.21 แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นรูปแบบอื่นๆ แต่เมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อมะม่วงสุกที่ไม่หั่นชิ้นพบว่า เนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นแต่ละรูปแบบมีอัตราการหายใจสูงกว่าเนื้อมะม่วงสุกที่ไม่หั่นชิ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) สำหรับเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามยาวสองชิ้นต่อครึ่งผลมีอัตราการหายใจสูงที่สุด 402.42 mg CO₂/kg.hr ดัง Table 4.22 แต่ไม่มีความแตกต่างกับเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นรูปแบบอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามยาวและขวางสี่ชิ้นต่อครึ่งผลมีอัตราการหายใจต่ำที่สุด 316.30 mg CO₂/kg.hr ตามลำดับ แต่เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการหายใจของเนื้อมะม่วงสุกที่ไม่หั่นชิ้นพบว่า เนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นแต่ละรูปแบบอัตราการหายใจสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามยาวสองชิ้นต่อครึ่งผลมีเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงอัตราการหายใจเพิ่มขึ้นสูงที่สุด 201.38 เปอร์เซ็นต์ ของเนื้อมะม่วงที่ไม่มีการหั่น

Table 4.20 Respiration rate of Nam Dok Mai mango with different cutting styles and % changes after cutting for 1 h compared to those of uncut mango at 25°C

รูปแบบการหั่น	มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้	
	อัตราการหายใจ1/(mg CO ₂ /kg/hr)	% การเปลี่ยนแปลง
ไม่มีการหั่น (ชุดควบคุม)	32.10a* ± 0.45	0
หั่นตามยาว 2 ชิ้นต่อผล	86.54b ± 0.91	169.64
หั่นตามขวาง 2 ชิ้นต่อครึ่งผล	95.45b ± 0.72	197.38
หั่นตามยาว 2 ชิ้นต่อครึ่งผล	97.14b ± 0.90	202.65
หั่นตามขวาง 4 ชิ้นต่อครึ่งผล	68.22ab ± 0.76	112.56
หั่นตามยาวและขวาง 4 ชิ้นต่อครึ่งผล	77.38b ± 0.73	141.08
หั่นตามยาวและขวาง 8 ชิ้นต่อครึ่งผล	74.46b ± 0.67	132.00

หมายเหตุ - 1/ ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

- *ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันแสดงว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)

Table 4.21 Respiration rate of Chok Anan mango with different cutting styles and % changes after cutting for 1 h compared to those of uncut mango at 25°C

รูปแบบการหั่น	มะม่วงพันธุ์โชคอนันต์	
	อัตราการหายใจ1/(mg CO ₂ /kg/hr)	% การเปลี่ยนแปลง
ไม่มีการหั่น (ชุดควบคุม)	72.31a* $\pm$ 0.54	0
หั่นตามยาว 2 ชิ้นต่อผล	298.21b $\pm$ 0.91	312.43
หั่นตามขวาง 2 ชิ้นต่อครึ่งผล	280.27b $\pm$ 1.23	287.61
หั่นตามยาว 2 ชิ้นต่อครึ่งผล	332.84b $\pm$ 1.62	360.32
หั่นตามขวาง 4 ชิ้นต่อครึ่งผล	355.92b $\pm$ 0.85	392.24
หั่นตามยาวและขวาง 4 ชิ้นต่อครึ่งผล	338.31b $\pm$ 1.34	367.89
หั่นตามยาวและขวาง 8 ชิ้นต่อครึ่งผล	340.33b $\pm$ 0.34	370.69
หมายเหตุ	- 1/ ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็น ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน - *ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันแสดงว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)	

Table 4.22 Respiration rate of Maha Chanok mango with different cutting styles and % changes after cutting for 1 h compared to those of uncut mango at 25°C

รูปแบบการหั่น	มะม่วงพันธุ์มหาชนก	
	อัตราการหายใจ1/(mg CO ₂ /kg/hr)	% การเปลี่ยนแปลง
ไม่มีการหั่น (ชุดควบคุม)	104.95a* $\pm$ 0.80	0
หั่นตามยาว 2 ชิ้นต่อผล	372.75c $\pm$ 0.97	225.17
หั่นตามขวาง 2 ชิ้นต่อครึ่งผล	367.77c $\pm$ 0.71	250.42
หั่นตามยาว 2 ชิ้นต่อครึ่งผล	402.42c $\pm$ 0.75	283.43
หั่นตามขวาง 4 ชิ้นต่อครึ่งผล	368.72c $\pm$ 1.11	251.32
หั่นตามยาวและขวาง 4 ชิ้นต่อครึ่งผล	316.30b $\pm$ 0.94	201.38
หั่นตามยาวและขวาง 8 ชิ้นต่อครึ่งผล	353.37bc $\pm$ 0.65	236.69
หมายเหตุ	- 1/ ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็น ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน - *ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันแสดงว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)	

ลิ้นจี่

อัตราการหายใจของผลลิ้นจี่พันธุ์จักรพรรดิ กิมเจ็ง และฮงฮวย เพิ่มขึ้นเมื่อทำการคว้านเมล็ด และแกะเปลือกลิ้นจี่ออก โดยพบว่าผลลิ้นจี่ที่คว้านเมล็ดออกมีอัตราการหายใจมากที่สุด รองลงมาคือเนื้อลิ้นจี่ และลิ้นจี่ทั้งผล ตามลำดับ ยกเว้นลิ้นจี่พันธุ์จักรพรรดิ ที่เนื้อลิ้นจี่มีอัตราการหายใจมากที่สุด อัตราการหายใจของลิ้นจี่พันธุ์จักรพรรดิ และกิมเจ็ง ทั้งสามรูปแบบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$) ส่วนอัตราการหายใจของผลลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยที่คว้านเมล็ดออกและเนื้อลิ้นจี่นั้น ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่ผลลิ้นจี่ทั้ง 2 รูปแบบดังกล่าวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการหายใจของผลลิ้นจี่ทั้งผล

Table 4.23 Respiration rate of Emperor lychee at $24 \pm 2^{\circ}\text{C}$

ชุดการทดลอง	อัตราการหายใจ (mg/kg/hr)	จำนวนเท่า
ลิ้นจี่ทั้งผล	125.06a $\pm$ 4.67	1.00
ลิ้นจี่ที่คว้านเมล็ดออก	253.06b $\pm$ 37.26	2.02
เนื้อลิ้นจี่	296.74c $\pm$ 20.76	2.37

- หมายเหตุ
- ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็น ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
 - ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกัน หมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)
 - ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)

Table 4.24 Respiration rate of Kimjeng lychee at $24 \pm 2^{\circ}\text{C}$

ชุดการทดลอง	อัตราการหายใจ (mg/kg/hr)	จำนวนเท่า
ลิ้นจี่ทั้งผล	133.01a $\pm$ 10.96	1.00
ลิ้นจี่ที่คว้านเมล็ดออก	238.03c $\pm$ 5.52	1.79
เนื้อลิ้นจี่	170.76b $\pm$ 25.73	1.28

- หมายเหตุ
- ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็น ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
 - ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกัน หมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)
 - ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)

Table 4.25 Respiration rate of Honghuay lychee at $24 \pm 2^{\circ}\text{C}$

ชุดการทดลอง	อัตราการหายใจ (mg/kg/hr)	จำนวนเท่า
ลิ้นจี่ทั้งผล	216.33a $\pm$ 13.31	1.00
ลิ้นจี่ที่คว้านเมล็ดออก	375.19b $\pm$ 23.43	1.73
เนื้อลิ้นจี่	358.16b $\pm$ 22.18	1.66

- หมายเหตุ
- ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็น ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
 - ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกัน หมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)
 - ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)

ลำไย

อัตราการหายใจของลิ้นจี่พันธุ์ตอ เปี้ยวเขียว และกะโหลก มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อทำการคว้านเมล็ดและแกะเปลือกลำไยออก ผลการทดลองพบว่า เนื้อลำไยมีอัตราการหายใจมากที่สุด รองลงมาคือผลลำไยที่คว้านเมล็ดออก ส่วนลำไยทั้งผลมีอัตราการหายใจน้อยที่สุด สำหรับลำไยพันธุ์ตอ พบว่าผลลำไยที่คว้านเมล็ดออกและเนื้อลิ้นจี่ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่ผลลำไยทั้ง 2 รูปแบบดังกล่าวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการหายใจของลำไยทั้งผล ลำไยพันธุ์เปี้ยวเขียวพบว่าอัตราการหายใจของลำไยทั้งสามรูปแบบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่วนลำไยพันธุ์กะโหลกนั้น พบความแตกต่างระหว่างเนื้อลำไยกับลำไยทั้งผล แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างเนื้อลำไยกับผลลำไยที่คว้านเอาเมล็ดออก

Table 4.26 Respiration rate of E-daw longan at $28 \pm 2^{\circ}\text{C}$

ชุดการทดลอง	อัตราการหายใจ (mg/kg/hr)	จำนวนเท่า
ลำไยทั้งผล	146.24a $\pm$ 21.40	1.00
ลำไยที่คว้านเมล็ดออก	266.64b $\pm$ 22.22	1.82
เนื้อลำไย	272.43b $\pm$ 19.09	1.86

- หมายเหตุ
- ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็น ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
 - ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกัน หมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)
 - ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)

Table 4.27 Respiration rate of Biaokhiao longan at $24 \pm 2^{\circ}\text{C}$

ชุดการทดลอง	อัตราการหายใจ (mg/kg/hr)	จำนวนเท่า
ลำไยทั้งผล	53.48a $\pm$ 5.81	1.00
ลำไยที่คว้านเมล็ดออก	71.21b $\pm$ 6.94	1.33
เนื้อลำไย	82.81c $\pm$ 6.37	1.55

- หมายเหตุ
- ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็น ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
 - ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกัน หมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)
 - ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)

Table 4.28 Respiration rate of Kalok longan at $24 \pm 2^{\circ}\text{C}$

ชุดการทดลอง	อัตราการหายใจ (mg/kg/hr)	จำนวนเท่า
ลำไยทั้งผล	89.23a $\pm$ 9.18	1.00
ลำไยที่คว้านเมล็ดออก	98.13ab $\pm$ 11.47	1.10
เนื้อลำไย	108.27b $\pm$ 2.83	1.21

- หมายเหตุ
- ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็น ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
 - ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกัน หมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)
 - ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)

9. การศึกษาการร่วงไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ของเนื้อมะม่วง เนื้อลิ้นจี่ และเนื้อลำไย

มะม่วง

การร่วงไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์น้ำดอกไม้หั่นชิ้นตามยาวและขวางแปดชิ้นต่อครั้งผลมีค่าสูงที่สุด 47.51 เปอร์เซ็นต์ ดัง Table 4.29 และมีความแตกต่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับเนื้อมะม่วงหั่นชิ้นรูปแบบอื่นๆ และเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามยาวครึ่งผลมีการร่วงไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ต่ำที่สุด 26.44 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของการร่วงไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ที่เพิ่มขึ้นของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นกับเนื้อมะม่วงสุกที่ไม่หั่นชิ้น พบว่า การเปลี่ยนแปลงการร่วงไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามยาวและขวางแปดชิ้นต่อครั้งผลคิดเป็น 404.42 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ เนื้อมะม่วงหั่นชิ้นตามขวางสองชิ้นต่อครั้งผล 304.78 เปอร์เซ็นต์ ของเนื้อมะม่วงที่ไม่หั่น เนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์โชคอนันต์หั่นชิ้นตามขวางสองชิ้นต่อครั้งผลมีการร่วงไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ต่ำที่สุด 14.84 และเนื้อมะม่วงหั่นชิ้นตามยาวและขวางแปดชิ้นต่อครั้งผลค่าสูงที่สุด 22.87 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดัง

Table 4.30 เมื่อเปรียบเทียบเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นแต่ละรูปแบบ พบว่าการรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ของเนื้อมะม่วงหั่นชิ้นแต่ละรูปแบบ มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และการเปลี่ยนแปลงการรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามยาวและขวางแปดชิ้นต่อครึ่งผลเพิ่มขึ้นสูงที่สุด 306.22 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ เนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามยาวและขวางสี่ชิ้นต่อครึ่งผล 273 เปอร์เซ็นต์ ของเนื้อมะม่วงที่ไม่หั่น และการรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ของเนื้อมะม่วงหั่นชิ้นพันธุ์มหาชนก หั่นชิ้นตามยาวสองชิ้นต่อผลมีค่าน้อยที่สุด 20.65 เปอร์เซ็นต์ และเนื้อมะม่วงหั่นชิ้นตามยาวและขวางแปดชิ้นต่อครึ่งผลมีค่าสูงที่สุด 28.52 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดัง Table 4.31 และมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อมะม่วงสุกที่ไม่หั่นชิ้น พบว่าเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามยาวและขวางแปดชิ้นต่อครึ่งผลมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นสูงที่สุด 212.21 เปอร์เซ็นต์ และเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นตามยาวสองชิ้นต่อผลมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นน้อยที่สุด 126.04 เปอร์เซ็นต์ ของเนื้อมะม่วงสุกที่ไม่หั่นชิ้น และการรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นแต่ละรูปแบบมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

Table 4.29 Electrolyte leakage (EL) and % EL change from various cutting styles of Nam Dok Mai mango after cutting for 1 h compared to those of uncut mango at 25°C

รูปแบบการหั่น	มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้	
	สารอิเล็กโทรไลต์ (%)1/	% การเปลี่ยนแปลง
ไม่มีการหั่น (ชุดควบคุม)	9.42a [±] 0.8	0
หั่นตามยาว 2 ชิ้นต่อผล	26.44b [±] 0.65	180.67
หั่นตามขวาง 2 ชิ้นต่อครึ่งผล	38.12c [±] 1.0	304.78
หั่นตามยาว 2 ชิ้นต่อครึ่งผล	30.73c [±] 0.64	226.28
หั่นตามขวาง 4 ชิ้นต่อครึ่งผล	35.95c [±] 0.81	281.67
หั่นตามยาวและขวาง 4 ชิ้นต่อครึ่งผล	37.77c [±] 0.49	300.96
หั่นตามยาวและขวาง 8 ชิ้นต่อครึ่งผล	47.51d [±] 0.67	404.42

หมายเหตุ - 1/ ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็น ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
 - *ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันแสดงว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)

ลิ้นจี่

ค่าการรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ของลิ้นจี่สดพันธุ์จักรพรรดิ กิมเจ็ง และ ฮงฮวย มีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อทำการควั่นเมล็ด และเอาเปลือกออก ผลการทดลองพบว่า ผลลิ้นจี่สดทั้ง 3 พันธุ์ มีค่าการรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ของเนื้อลิ้นจี่มากที่สุด รองลงมาคือผลลิ้นจี่สดที่ควั่นเมล็ดออก และลิ้นจี่สดทั้งผล ตามลำดับ โดยพบว่าค่าการรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ของลิ้นจี่สดทั้ง 3 รูปแบบ พันธุ์กิมเจ็ง และฮงฮวย มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่วนค่าการรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ของลิ้นจี่สดพันธุ์

จักรพรรดินั้น ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างลันจีสดที่คว้าน เมล็ดออก กับเนื้อลันจี

Table 4.30 Electrolyte leakage (EL) and % EL change from various cutting styles of Chok Anan mango after cutting for 1 h compared to those of uncut

รูปแบบการหั่น	มะม่วงพันธุ์โชคอนันต์	
	สารอิเล็กโทรไลต์ (%)1/	% การเปลี่ยนแปลง
ไม่มีการหั่น (ชุดควบคุม)	5.63a* $\pm$ 0.55	0
หั่นตามยาว 2 ชิ้นต่อผล	14.96b $\pm$ 0.53	165.72
หั่นตามขวาง 2 ชิ้นต่อครึ่งผล	19.0c $\pm$ 0.72	237.48
หั่นตามยาว 2 ชิ้นต่อครึ่งผล	14.84b $\pm$ 0.37	163.59
หั่นตามขวาง 4 ชิ้นต่อครึ่งผล	21.0c $\pm$ 0.46	237
หั่นตามยาวและขวาง 4 ชิ้นต่อครึ่งผล	19.31bc $\pm$ 0.34	242.98
หั่นตามยาวและขวาง 8 ชิ้นต่อครึ่งผล	22.87c $\pm$ 0.39	306.22
หมายเหตุ	- 1/ ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็น ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน - *ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันแสดงว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)	

Table 4.31 Electrolyte leakage (EL) and % EL change from various cutting styles of Maha Chanok mango after cutting for 1 h compared to those of uncut mango at 25°C

รูปแบบการหั่น	มะม่วงพันธุ์มหาชนก	
	สารอิเล็กโทรไลต์ (%)1/	% การเปลี่ยนแปลง
ไม่มีการหั่น (ชุดควบคุม)	9.13a* $\pm$ 1.56	0
หั่นตามยาว 2 ชิ้นต่อผล	20.65b $\pm$ 1.91	126.04
หั่นตามขวาง 2 ชิ้นต่อครึ่งผล	25.44bcd $\pm$ 1.51	178.46
หั่นตามยาว 2 ชิ้นต่อครึ่งผล	22.0bc $\pm$ 1.78	140.80
หั่นตามขวาง 4 ชิ้นต่อครึ่งผล	25.82cd $\pm$ 0.54	182.70
หั่นตามยาวและขวาง 4 ชิ้นต่อครึ่งผล	24.74bcd $\pm$ 2.36	170.82
หั่นตามยาวและขวาง 8 ชิ้นต่อครึ่งผล	28.52d $\pm$ 2.37	212.21
หมายเหตุ	- 1/ ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็น ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน - *ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันแสดงว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)	

Table 4.32 Percentage of electrolyte leakage (EL) from 3 different styles of Emperor lychee after soaking in ddH₂O for 1 h

รูปแบบ	%Electrolyte leakage	%EL increase
ลื่นจีสดทั้งผล	1.16±0.26a	0
ลื่นจีสดคว้านเมล็ดออก	16.58±4.98b	15.42
เนื้อลื่นจี	25.39±7.96b	24.23

- หมายเหตุ
- ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็น ค่าเฉลี่ย ±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
 - ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกัน หมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)
 - ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)

Table 4.33 Percentage of electrolyte leakage (EL) from 3 different styles of Kimjeng lychee after soaking in ddH₂O for 1 h

รูปแบบ	%Electrolyte leakage	%EL increase
ลื่นจีสดทั้งผล	1.49±0.39a	0
ลื่นจีสดคว้านเมล็ดออก	20.82±1.44b	19.33
เนื้อลื่นจี	33.20±4.63c	31.71

- หมายเหตุ
- ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็น ค่าเฉลี่ย ±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
 - ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกัน หมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)
 - ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)

Table 4.34 Percentage of electrolyte leakage (EL) from 3 different styles of Honghuay lychee after soaking in ddH₂O for 1 h

รูปแบบ	%Electrolyte leakage	%EL increase
ลื่นจีสดทั้งผล	0.79±0.03a	0
ลื่นจีสดคว้านเมล็ดออก	13.67±2.34b	12.88
เนื้อลื่นจี	19.59±2.54c	18.80

- หมายเหตุ
- ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็น ค่าเฉลี่ย ±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
 - ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกัน หมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)
 - ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)

ลำไย

การคว้านเมล็ด และเอาเปลือกของผลลำไยออกมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของค่าการรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ เช่นเดียวกับผลลิ้นจี่ ผลการทดลองพบว่าเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสาร อิเล็กโทรไลต์ของลำไยทั้ง 4 พันธุ์ ที่คว้านเมล็ด แลเอาเปลือกออก มีค่ามากกว่าและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับลำไยสดทั้งผล โดยลำไยพันธุ์เบ๊ยวเขียว และพันธุ์กะโหลก มีเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ของเนื้อลำไยมากที่สุด รองลงมาคือ ลำไยสดที่คว้านเมล็ดออก และลำไยสดทั้งผล ตามลำดับ ส่วนลำไยพันธุ์ดอ และพันธุ์สีชมพู พบว่าผลลำไยที่คว้านเมล็ดออก มีเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์มากที่สุด ส่วนเนื้อลำไย และลำไยสดทั้งผล มีค่าน้อยรองลงมา ตามลำดับ

Table 4.35 Percentage of electrolyte leakage (EL) from 3 different styles of E-daw longan after soaking in ddH₂O for 1 h

รูปแบบ	%Electrolyte leakage	%EL increase
ลำไยสดทั้งผล	2.05±0.39a	0
ลำไยสดคว้านเมล็ดออก	5.96±1.08b	3.91
เนื้อลำไย	5.59±1.09b	3.54

- หมายเหตุ
- ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็น ค่าเฉลี่ย ±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
 - ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกัน หมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)
 - ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)

Table 4.36 Percentage of electrolyte leakage (EL) from 3 different styles of Biaokhiao longan after soaking in ddH₂O for 1 h

รูปแบบ	%Electrolyte leakage	%EL increase
ลำไยสดทั้งผล	0.95±0.25a	0
ลำไยสดคว้านเมล็ดออก	4.68±0.49b	3.73
เนื้อลำไย	9.17±1.33b	8.22

- หมายเหตุ
- ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็น ค่าเฉลี่ย ±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
 - ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกัน หมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)
 - ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)

Table 4.37 Percentage of electrolyte leakage (EL) from 3 different styles of Kalok longan after soaking in ddH₂O for 1 h

รูปแบบ	%Electrolyte leakage	%EL increase
ลำไยสดทั้งผล	0.92±0.05a	0
ลำไยสดคว้านเมล็ดออก	3.10±0.52a	2.18
เนื้อลำไย	16.85±7.39b	15.93

- หมายเหตุ
- ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็น ค่าเฉลี่ย ±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
 - ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกัน หมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)
 - ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)

Table 4.38 Percentage of electrolyte leakage (EL) from 3 different styles of See Chompoo longan after soaking in ddH₂O for 1 h

รูปแบบ	%Electrolyte leakage	%EL increase
ลำไยสดทั้งผล	0.91±0.09a	0
ลำไยสดคว้านเมล็ดออก	5.23±0.95b	4.32
เนื้อลำไย	3.91±0.54b	3.00

- หมายเหตุ
- ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็น ค่าเฉลี่ย ±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
 - ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกัน หมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)
 - ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)

10. การศึกษาระดับความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ที่เหมาะสมในการช่วยปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อมะม่วง ลิ้นจี่ และลำไย

มะม่วง

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าความแน่นเนื้อของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์มหาชนกทั้ง 4 ชุดการทดลอง พบว่าค่าความแน่นเนื้อที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$) แต่เมื่อพิจารณาค่าความแน่นเนื้อจะเห็นว่าเนื้อมะม่วงสุกที่จุ่มในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 2% มีค่าความแน่นเนื้อมากที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 5.87 นิวตัน รองลงมาคือเนื้อมะม่วงสุกที่จุ่มในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 1.5% 1% และไม่จุ่ม ตามลำดับ

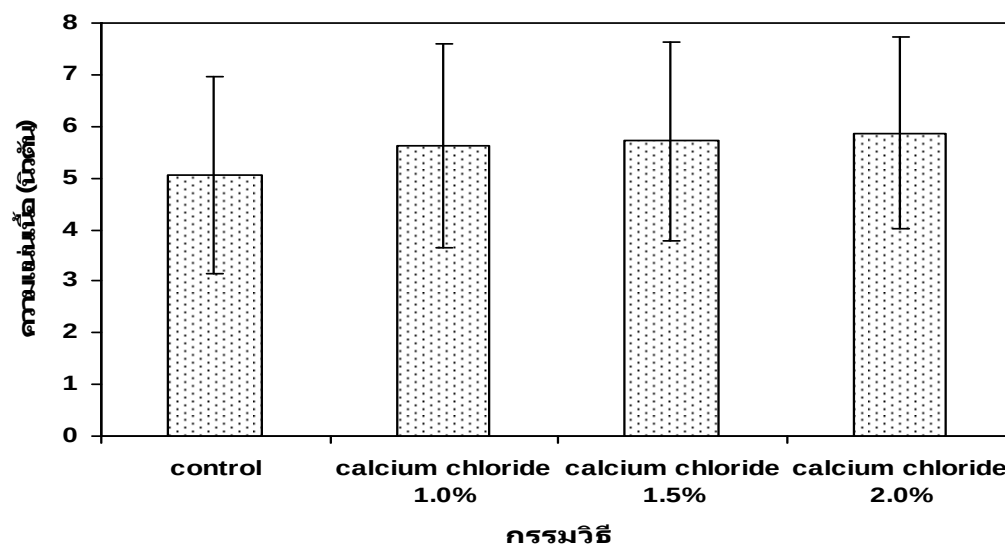


Figure 4.54: Firmness of cut Maha Chanok mango pulp soaked in calcium chloride solution with different concentrations for 5 min

ลิ้นจี่

ค่าความแน่นเนื้อของเนื้อลิ้นจี่สดหลังจากจุ่มในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 1.0, 1.5 และ 2.0 % เป็นเวลา 5 นาที แสดงใน Figure 4.57 และ Table 4.37 การแช่เนื้อลิ้นจี่สดทั้ง 3 พันธุ์ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ในทุกระดับความเข้มข้นส่งผลให้มีค่าความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยการแช่เนื้อลิ้นจี่ทั้ง 3 พันธุ์ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2.0 % มีค่าความแน่นเนื้อสูงที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 5.10, 4.89 และ 4.88 นิวตัน ในเนื้อลิ้นจี่พันธุ์ฮวงฮวย กิมเจง และจักรพรรดิ ตามลำดับ อย่างไรก็ตามการแช่เนื้อลิ้นจี่ที่ระดับความเข้มข้น 2.0 % ไม่มีความแตกต่างจากการแช่ที่ระดับความเข้มข้น 1.0% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ซึ่งมีค่าความแน่นเนื้อเท่ากับ 4.57, 4.53 และ 4.51 นิวตัน ในเนื้อลิ้นจี่พันธุ์ฮวงฮวย กิมเจง และจักรพรรดิ ตามลำดับ

ดังนั้นการใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 1.0% เป็นระยะเวลา 1 นาที จะช่วยปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อลิ้นจี่สดพร้อมบริโภคได้ เนื่องจากแคลเซียมไอออนจะสามารถสร้างพันธะระหว่างหมู่คาร์บอกซิลิกที่วางอยู่บนแกนโมเลกุลของเพกทิน ซึ่งเป็นองค์ประกอบบนผนังเซลล์พืช ในลักษณะเป็นกล่องไข่ (egg box) ทำให้ผนังเซลล์พืชมีความเสถียรสูง นอกจากนี้แคลเซียมยังลดอัตราการสลายตัวของเพกทินลง โดยไปขัดขวางการทำงานของเอนไซม์พอลิกลาแลกทูโรเนส โดยตรงและโดยอ้อม (จริงแท้, 2549)

Table 4.39 Firmness (N) of Honghuay, Kimjeng and Emperor lychee after soaking in calcium chloride solution (CaCl_2) with different concentrations for 5 min

ชุดการทดลอง	ความแน่นเนื้อ (นิวตัน)		
	พันธุ์สงฮวย	พันธุ์กิมเจง	พันธุ์จักรพรรดิ
ชุดควบคุม	2.81 + 0.50 B	3.50 + 0.71 C	2.88 + 0.71 C
CaCl_2 1.0%	4.57 + 0.78 A	4.53 + 0.73 A	4.51 + 0.57 AB
CaCl_2 1.5 %	4.62 + 0.89 A	4.48 + 0.66 A	4.13 + 0.48 B
CaCl_2 2.0%	5.10 + 0.81 A	4.89 + 0.63 A	4.88 + 1.21 A

หมายเหตุ - ข้อมูลแสดงเป็น ค่าเฉลี่ย + ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
 - ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวตั้งที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

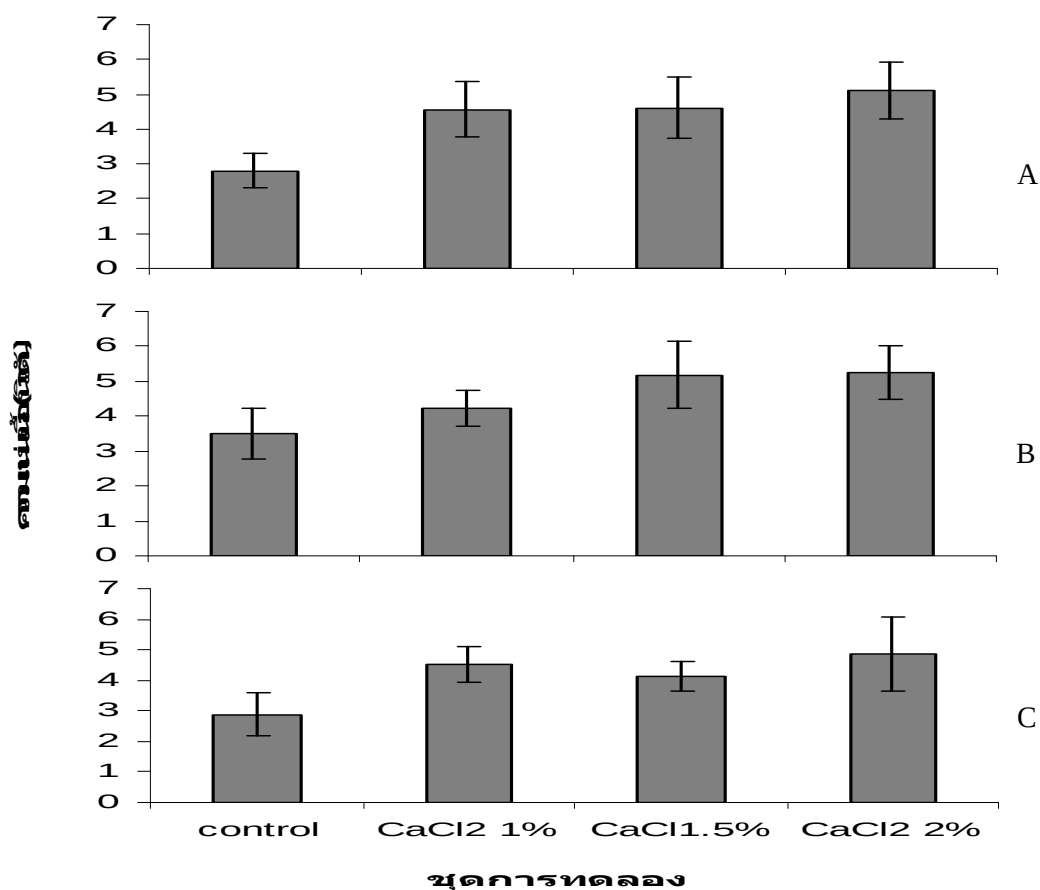


Figure 4.55 Firmness of Honghuay, Kimjeng and Emperor lychee pulp after soaking in calcium chloride solution with the concentration of 1.0, 1.5 and 2.0% for 5 min

ลำไย

ความแน่นเนื้อของเนื้อลำไยพันธุ์ดอ และพันธุ์เบ๊ยวเขียวหลังแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ที่ความเข้มข้น 4 ระดับ ได้แก่ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 % และระยะเวลา 4 ระดับ 1, 3, 5 และ 10 นาที ได้ผลการทดลองแสดงใน Table 4.1.38 เมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นของ CaCl_2 เป็น 0.5 และ 1.0 % ส่งผลให้ค่าความแน่นเนื้อของเนื้อลำไยพันธุ์ดอ และเบ๊ยวเขียว มีค่าความแน่นเนื้อเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อลำไยที่แช่ใน CaCl_2 0% ซึ่งการแช่เนื้อลำไยใน CaCl_2 1.5 และ 2.0 % ทำให้ค่าความแน่นเนื้อของเนื้อลำไยพันธุ์ดอ และพันธุ์เบ๊ยวเขียวไม่แตกต่างกับ 1.0% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

การแช่เนื้อลำไยสดพันธุ์ดอเป็นระยะเวลา 1 และ 3 นาที ไม่ส่งผลต่อค่าความแน่นเนื้อในทุกระดับความเข้มข้น การแช่เนื้อลำไยสดพันธุ์ดอใน CaCl_2 1.0 และ 1.5 % เป็นเวลา 5 นาที ส่งผลให้เนื้อลำไยมีค่าความแน่นเนื้อสูงที่สุด อย่างไรก็ตาม ที่ระดับความเข้มข้น 1.5 % จะส่งผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัส คือเนื้อลำไยจะมีรสขมที่สามารถรับรู้ได้ สำหรับเนื้อลำไยสดพันธุ์เบ๊ยวเขียว การเพิ่มระยะเวลาในการแช่เป็น 10 นาที ทำให้เนื้อลำไยมีค่าความแน่นเนื้อสูงที่สุด เมื่อใช้ CaCl_2 1.0% ขณะที่ความเข้มข้นอื่นๆ การเพิ่มระยะเวลาในการแช่ไม่ส่งผลต่อค่าความแน่นเนื้อ อย่างไรก็ตาม การแช่เนื้อลำไยใน CaCl_2 1.0% เป็นระยะเวลา 10 นาที ไม่มีแตกต่างกับ 5 นาทีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ดังนั้นการใช้ CaCl_2 เพื่อปรับปรุงเนื้อสัมผัสเนื้อลำไยสดพร้อมบริโภคสามารถใช้ได้ถึงระดับความเข้มข้น 1% โดยไม่ก่อให้เกิดการสูญเสียลักษณะทางประสาทสัมผัส คือการเกิดรสขม

Table 4.40 Firmness (N) of longan cv. E-daw (a) and cv. Biaokhiao (b) after soaking in calcium chloride solution (CaCl_2) with different concentrations and soaking times

ความเข้มข้น CaCl_2 (%)	ระยะเวลาในการแช่ (นาที) A			
	1	3	5	10
0	47.16 + 13.42 Ab	40.80 + 11.41 Aab	39.53 + 9.44 Aa	36.02 + 9.52 Aa
0.5	47.66 + 9.31 Aa	49.49 + 12.63BCa	52.61 + 11.15 Ba	48.53 + 10.30 Ba
1.0	51.44 + 12.55 Ab	44.13 + 7.66 ABa	52.96 + 8.30 Bb	47.72 + 10.94 Bab
1.5	43.81 + 9.15 Aa	44.65 + 8.66 ABa	53.58 + 13.05 Bb	49.59 + 13.02 Bab
2.0	49.54 + 11.71 Aa	54.90 + 10.66 Ca	51.16 + 13.97 Ba	48.80 + 15.05 Ba

ความเข้มข้น CaCl_2 (%)	ระยะเวลาในการแช่ (นาที) B			
	1	3	5	10
0	47.05 + 14.22 Aa	47.05 + 14.22 Aa	47.05 + 14.22 Aa	47.05 + 14.22 Aa
0.5	55.57 + 14.09ABa	54.92 + 15.18 Aa	55.06 + 14.01ABa	56.05 + 16.10 ABCa
1.0	58.21 + 12.36 Bab	51.81 + 15.73 Aa	58.02 + 14.41 Bab	63.31 + 13.77 Cb
1.5	57.02 + 17.86ABa	54.58 + 13.43 Aa	53.36 + 12.74ABaa	57.14 + 14.32 BCa
2.0	56.99 + 17.61ABa	53.86 + 13.47 Aa	55.20 + 13.63 ABa	55.73 + 13.17 ABCa

หมายเหตุ - ข้อมูลแสดงเป็น ค่าเฉลี่ย + ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

- ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวตั้งที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
- ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่กำกับค่าของข้อมูลตามแนวนอนที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

บทที่ 4 ผลการทดลอง และวิจารณ์

พัฒนากระบวนการอบแห้งมะม่วง และลิ้นจี่โดยไม่ใช้สารประกอบของซัลเฟอร์

1. ผลการคัดเลือกสารทดแทนกำมะถันที่มีศักยภาพในการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส และโพลีฟีนอลออกซิเดส ในเนื้อมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ และเนื้อลิ้นจี่ ก่อนนำไปอบแห้ง

มะม่วง

1.1 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ ของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์ที่ผ่านการแช่ในสารละลายแต่ละชุดการทดลอง ดังแสดงใน Table 4.1 - 4.3 และ Fig. 4.1 – 4.3

1) ค่าสี L^* ของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์ที่ผ่านการแช่ในสารละลายทั้ง 9 ชุดการทดลอง และชุดควบคุมที่ไม่ผ่านการแช่สารละลายมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และเวลาที่ใช้ในการแช่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าสี L^* อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยเวลาแช่ในสารละลายเพิ่มขึ้นมีผลให้ค่าสี L^* ลดลง เมื่อพิจารณาค่าสี L^* ของเนื้อมะม่วงสุกที่ผ่านการแช่ในสารละลายพบว่า ชุดการทดลองที่ 8 มีค่าสี L^* มากที่สุด เท่ากับ $58.66 + 0.80$ แสดงว่ามีสีจางมากที่สุด รองลงมาคือชุดการทดลองที่ 9 ชุดการทดลองที่ 6 และชุดการทดลองที่ 7 ดังนี้คือ $58.38 + 0.93$, $57.97 + 1.09$ และ $57.69 + 1.61$ ตามลำดับ ส่วนเนื้อมะม่วงสุกที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดการทดลองที่ 2 และชุดการทดลองที่ 5 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีค่าสี L^* เท่ากับ $57.59 + 1.62$ และ $57.64 + 1.73$ ตามลำดับ ส่วนเนื้อมะม่วงสุกที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดการทดลองที่ 4 มีค่าสี L^* เท่ากับ $57.18 + 1.42$ เนื้อมะม่วงสุกชุดควบคุม และชุดการทดลองที่ 3 มีค่าสี L^* เท่ากับ $56.71 + 1.49$ และ $55.97 + 1.27$ ตามลำดับส่วนชุดการทดลองที่ 1 พบว่ามีค่าสี L^* น้อยที่สุด คือมีสีคล้ำมากที่สุด เท่ากับ $55.24 + 1.61$ การที่ค่าสี L^* มีค่าลดลง แสดงให้เห็นถึงการเกิดสีน้ำตาลได้ (Sapers and Douglas, 1987) ซึ่งอาจเป็นเพราะชนิดและความเข้มข้นของสารไม่เหมาะสมและอาจเกิดจากเวลาในการแช่ในสารละลายที่ไม่เหมาะสม ทำให้ไม่สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส ทำให้เกิดปฏิกิริยาไฮดรอกซิเลชัน (นิธิยา, 2549)

2) ค่าสี a^* ของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์ที่ผ่านการแช่ในสารละลายทั้ง 9 ชุดการทดลอง และชุดควบคุมที่ไม่ผ่านการแช่สารละลาย ดังแสดงใน Table 4.2 และ Figure 4.2 พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และเมื่อเวลาแช่ในสารละลายเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่าสี a^* เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อพิจารณาค่าสี a^* ที่วัดได้พบว่า เนื้อมะม่วงสุกที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดการทดลองที่ 6 มีค่าสี a^* น้อยที่สุด เท่ากับ $-2.80 + 0.44$ แสดงว่ามีสีเขียวมากที่สุด รองลงมาคือชุดการทดลองที่ 5 มีค่าสี a^* เท่ากับ $-2.61 + 0.65$ ส่วนเนื้อมะม่วงสุกที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดควบคุม ชุดการทดลองที่ 3 ชุดการทดลองที่ 8 และชุดการทดลองที่ 9 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีค่าสี a^* เท่ากับ $-2.45 + 0.37$, $-2.45 + 0.24$, $-2.46 + 0.36$ และ $-2.49 + 0.31$ ตามลำดับ ส่วนชุดการทดลองที่ 4 ชุดการทดลองที่ 7 และชุดการทดลองที่ 2 พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าสี a^* เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ดังนี้คือ $-2.42 + 0.83$, $-2.31 + 0.49$ และ $-2.21 + 0.56$ ตามลำดับ ส่วนชุดการทดลองที่ 1 พบว่ามีค่าสี a^* มากที่สุด คือมีสีเขียวน้อยที่สุด เท่ากับ $-1.98 + 0.46$

3) ค่าสี b^* ของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์ที่ผ่านการแช่ในสารละลายทั้ง 9 ชุดการทดลอง และชุดควบคุมที่ไม่ผ่านการแช่สารละลายดังแสดงใน Table 4.3 และ Figure 4.3 พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และเมื่อเวลาแช่ในสารละลายเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่า b^* เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อพิจารณาค่า b^* ที่วัดได้พบว่า เนื้อมะม่วงสุกที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดการทดลองที่ 2 ชุดการทดลองที่ 4 ชุดการทดลองที่ 5 ชุดการทดลองที่ 8 และชุดการทดลองที่ 9 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีค่า b^* ดังนี้คือ 49.73+1.16 , 49.90+0.67 , 49.86+0.92 , 49.50+0.77 และ 49.71+0.80 ตามลำดับ แสดงว่ามีสีเหลืองมากที่สุด ส่วนเนื้อมะม่วงสุกที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดการทดลองที่ 6 จะมีค่า b^* ลดน้อยลงเท่ากับ 48.70+1.44 ส่วนชุดการทดลองที่ 1 และชุดการทดลองที่ 3 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีค่า b^* ดังนี้คือ 48.35+1.00 และ 48.56+1.21 ตามลำดับ ส่วนชุดควบคุมและชุดการทดลองที่ 7 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และมีค่า b^* น้อยที่สุด นั่นคือ 48.23+1.13 และ 48.24+1.12 แสดงว่ามีสีเหลืองน้อยที่สุด

1.2 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางชีวเคมี วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส และเปอร์ออกซิเดสของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์ที่ผ่านการแช่ในสารละลายแต่ละชุดการทดลอง ดังแสดงใน Table 4.4 – 4.5 และ Figure 4.4 – 4.7

1) กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส เนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์ที่ผ่านการแช่ในสารละลายทั้ง 9 ชุดการทดลอง และชุดควบคุมที่ไม่ผ่านการแช่สารละลาย พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเนื้อมะม่วงสุกที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดการทดลองที่ 5 พบว่ากิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสน้อยที่สุดเท่ากับ 26.63+6.87 หน่วย/มิลลิลิตร/นาที่ และยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ได้มากที่สุดเท่ากับ 75.25+4.95 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากกรดซิตริกมีคุณสมบัติเป็นสารที่ใช้ในการจับโลหะ (chelating agents) จึงสามารถยับยั้งปฏิกิริยาของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสได้ (ศิวาพร, 2535) สอดคล้องกับการแช่มะม่วงหั่นชิ้นพันธุ์ “Langar” ในสารละลายกรดซิตริก พบว่าสามารถป้องกันปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลได้ ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส (Skredo, 1996) และเมื่อแช่ห่อพันธุ์ “Elberta” ในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ นาน 2 นาที พบว่าลดกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสได้ 42 เปอร์เซ็นต์ (Vamos-Vigyazo, 1995) รองลงมาคือชุดการทดลองที่ 7 และชุดการทดลองที่ 8 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส เท่ากับ 45.37+14.65 และ 44.44+11.15 หน่วย/มิลลิลิตร/นาที่ และยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ได้เท่ากับ 59.90+13.55 และ 60.98+8.97 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์ที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดการทดลองที่ 2 ชุดการทดลองที่ 4 ชุดการทดลองที่ 6 และชุดการทดลองที่ 9 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสเท่ากับ 67.45+18.29, 68.07+17.73 , 68.60+12.22 และ 66.89+26.22 หน่วย/มิลลิลิตร/นาที่ และยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ได้เท่ากับ 40.42+16.29 , 40.28+14.44 , 39.46+11.19 และ 41.40+22.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการแช่แอปเปิ้ลหั่นชิ้นในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.25 - 0.50 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับกรดซิตริกและกรดแอสคอร์บิก พบว่าช่วยลดการเกิดสีน้ำตาล และช่วยให้ชิ้นแอปเปิ้ลมีความแน่นเนื้อเพิ่มมากขึ้น (Lee and Smith, 1995)

Table 4.1 Changes in L* value of ripe –mango flesh given various dipping treatments in various dipping times.

ชุดการทดลอง	สภาวะการทดลอง	ค่าสี L*				ค่าเฉลี่ยชุดการทดลอง
		ระยะเวลา (นาที)				
		0	60	120	180	
ชุดควบคุม	ชิ้นมะม่วงที่ไม่ผ่านการแช่สารละลาย	58.87 ± 0.02	56.98 ± 0.00	55.67 ± 0.16	55.33 ± 0.01	56.71e ± 1.49
1	0.02% 4-hexylresorcinol, 0.25% ascorbic acid, 0.2% citric acid, 0.15% sorbic acid และ sucrose ปริมาณความเข้มข้นเท่ากับ 52 บริกซ์ (Monsalve-Gonzalez et al., 1993)	57.46 ± 0.25	55.62 ± 0.20	54.42 ± 0.37	53.46 ± 0.35	55.24g ± 1.61
2	1.0% ascorbic acid และ 0.1% calcium chloride (Ponting et al., 1972)	59.99 ± 0.31	57.70 ± 0.28	56.39 ± 0.48	56.27 ± 0.37	57.59cd ± 1.62
3	4% sodium erythorbate, 0.2% calcium chloride และ 100 ppm 4-hexylresorcinol (Sapers and Miller, 1998)	57.53 ± 0.35	56.55 ± 0.13	55.31 ± 0.34	54.51 ± 0.58	55.97f ± 1.27
4	0.05% carrageenan และ 0.5% citric acid (Tong and Hicks, 1991)	58.99 ± 0.41	57.75 ± 0.24	56.43 ± 0.17	55.55 ± 0.44	57.18d ± 1.42
5	10% maltodextrin และ 0.2% citric acid (Xu et al., 1993)	59.73 ± 0.11	58.31 ± 0.52	57.03 ± 1.07	55.49 ± 0.19	57.64cd ± 1.73
6	bisulfite solution (sodium metabisulfite) 2000 ppm (Santerre et al., 1991)	59.35 ± 0.15	58.37 ± 0.02	57.52 ± 0.27	56.62 ± 0.24	57.97bc ± 1.09
7	0.01% 4-hexylresorcinol , 0.5% ascorbic acid และ 1.0% calcium lactate (Dong et al., 2000)	59.36 ± 0.00	58.53 ± 0.10	57.52 ± 0.17	55.35 ± 0.21	57.69c ± 1.61
8	0.001M 4-hexylresorcinol , 0.05M potassium sorbate และ 0.5M D-isoascorbic acid (Gonzalez-Aguilar et al., 2000)	59.85 ± 0.01	58.61 ± 0.13	58.37 ± 0.02	57.81 ± 0.04	58.66a ± 0.80
9	10% L-ascorbic acid และ 2% potassium chloride (Chen et al., 2003)	59.59 ± 0.06	58.76 ± 0.04	57.84 ± 0.03	57.34 ± 0.09	58.38ab ± 0.93
	ค่าเฉลี่ยระยะเวลา	59.07A ± 0.89	57.72B ± 1.02	56.65C ± 1.25	55.77D± 1.28	

Data expressed as means ±S.D. of 6 replicates. Values followed by different upper case letters are significantly different (P< 0.05) within columns and rows, respectively.

Table 4.2 a* value of ripe –mango flesh given various dipping treatments in various dipping times.

ชุดการทดลอง	สภาวะการทดลอง	ค่าสี a*				ค่าเฉลี่ยชุดการทดลอง
		ระยะเวลา (นาที)				
		0	60	120	180	
ชุดควบคุม	ชิ้นมะม่วงที่ไม่ผ่านการแช่สารละลาย	-2.84 + 0.03	-2.70 + 0.07	-2.27 + 0.02	-1.98 + 0.00	-2.45cd + 0.37
1	0.02% 4-hexylresorcinol, 0.25% ascorbic acid, 0.2% citric acid, 0.15% sorbic acid และ sucrose ปรับให้มีความเข้มข้นเท่ากับ 52 บริกซ์ (Monsalve-Gonzalez et al., 1993)	-2.49 + 0.04	-2.25 + 0.13	-1.80 + 0.06	-1.37 + 0.03	-1.98a + 0.46
2	1.0% ascorbic acid และ 0.1% calcium chloride (Ponting et al., 1972)	-2.91 + 0.07	-2.50 + 0.05	-1.85 + 0.07	-1.58 + 0.01	-2.21b + 0.56
3	4% sodium erythorbate, 0.2% calcium chloride และ 100 ppm 4-hexylresorcinol (Sapers and Miller, 1998)	-2.68 + 0.02	-2.57 + 0.02	-2.49 + 0.01	-2.09 + 0.04	-2.45cd + 0.24
4	0.05% carrageenan และ 0.5% citric acid (Tong and Hicks, 1991)	-3.53 + 0.24	-2.74 + 0.14	-1.86 + 0.22	-1.58 + 0.13	-2.42bcd + 0.83
5	10% maltodextrin และ 0.2% citric acid (Xu et al., 1993)	-3.51 + 0.03	-2.73 + 0.00	-2.29 + 0.27	-1.90 + 0.10	-2.61de + 0.65
6	bisulfite solution (sodium metabisulfite) 2000 ppm (Santerre et al., 1991)	-3.47 + 0.08	-2.78 + 0.05	-2.60 + 0.02	-2.37 + 0.03	-2.80e + 0.44
7	0.01% 4-hexylresorcinol , 0.5% ascorbic acid และ 1.0% calcium lactate (Dong et al., 2000)	-2.88 + 0.05	-2.63 + 0.06	-1.94 + 0.12	-1.79 + 0.09	-2.31bc + 0.49
8	0.001M 4-hexylresorcinol , 0.05M potassium sorbate และ 0.5M D-isoascorbic acid (Gonzalez-Aguilar et al., 2000)	-2.87 + 0.02	-2.64 + 0.21	-2.32 + 0.21	-2.02 + 0.00	-2.46cd + 0.36
9	10% L-ascorbic acid และ 2% potassium chloride (Chen et al., 2003)	-2.87 + 0.05	-2.66 + 0.02	-2.33 + 0.03	-2.12 + 0.02	-2.49cd + 0.31
ค่าเฉลี่ยระยะเวลา		-3.00D + 0.36	-2.62C + 0.16	-2.17B + 0.30	-1.88A + 0.30	

Data expressed as means $\pm$ S.D. of 6 replicates. Values followed by different upper case or lower case letters are significantly different (P< 0.05) within columns and rows, respectively.

Table 4.3 b* value of ripe –mango flesh given various dipping treatments in various dipping times.

ชุดการทดลอง	สภาวะการทดลอง	ค่าสี b*				ค่าเฉลี่ยชุดการทดลอง
		ระยะเวลา (นาที)				
		0	60	120	180	
ชุดควบคุม	ชิ้นมะม่วงที่ไม่ผ่านการแช่สารละลาย	49.69 ± 0.04	48.72 ± 0.01	47.62 ± 0.23	46.91 ± 0.07	48.23c ± 1.13
1	0.02% 4-hexylresorcinol, 0.25% ascorbic acid, 0.2% citric acid, 0.15% sorbic acid และ sucrose ปรับให้มีความเข้มข้นเท่ากับ 52 บริกซ์ (Monsalve-Gonzalez et al., 1993)	49.27 ± 0.06	48.92 ± 0.00	48.37 ± 0.02	46.83 ± 0.12	48.35bc ± 1.00
2	1.0% ascorbic acid และ 0.1% calcium chloride (Ponting et al., 1972)	50.82 ± 0.05	50.57 ± 0.09	49.42 ± 0.40	48.12 ± 0.03	49.73a ± 1.16
3	4% sodium erythorbate, 0.2% calcium chloride และ 100 ppm 4-hexylresorcinol (Sapers and Miller, 1998)	50.35 ± 0.21	48.64 ± 0.14	47.81 ± 0.09	47.43 ± 0.17	48.56bc ± 1.21
4	0.05% carrageenan และ 0.5% citric acid (Tong and Hicks, 1991)	50.53 ± 0.38	50.49 ± 0.13	49.37 ± 0.06	49.22 ± 0.01	49.90a ± 0.67
5	10% maltodextrin และ 0.2% citric acid (Xu et al., 1993)	50.68 ± 0.02	50.48 ± 0.18	49.78 ± 0.17	48.50 ± 0.25	49.86a ± 0.92
6	bisulfite solution (sodium metabisulfite) 2000 ppm (Santerre et al., 1991)	50.79 ± 0.09	48.85 ± 0.51	47.85 ± 0.40	47.32 ± 0.04	48.70b ± 1.44
7	0.01% 4-hexylresorcinol , 0.5% ascorbic acid และ 1.0% calcium lactate (Dong et al., 2000)	49.77 ± 0.19	48.59 ± 0.23	47.52 ± 0.31	47.10 ± 0.13	48.24c ± 1.12
8	0.001M 4-hexylresorcinol , 0.05M potassium sorbate และ 0.5M D-isoascorbic acid (Gonzalez-Aguilar et al., 2000)	50.45 ± 0.03	49.82 ± 0.06	49.24 ± 0.03	48.50 ± 0.02	49.50a ± 0.77
9	10% L-ascorbic acid และ 2% potassium chloride (Chen et al., 2003)	50.79 ± 0.06	49.79 ± 0.06	49.54 ± 0.06	48.73 ± 0.23	49.71a ± 0.80
ค่าเฉลี่ยระยะเวลา		50.31A ± 0.54	49.49B ± 0.82	48.65C ± 0.89	47.87D ± 0.83	

Data expressed as means ±S.D. of 6 replicates. Values followed by different upper case or lower case letters are significantly different (P< 0.05) within columns and rows, respectively.

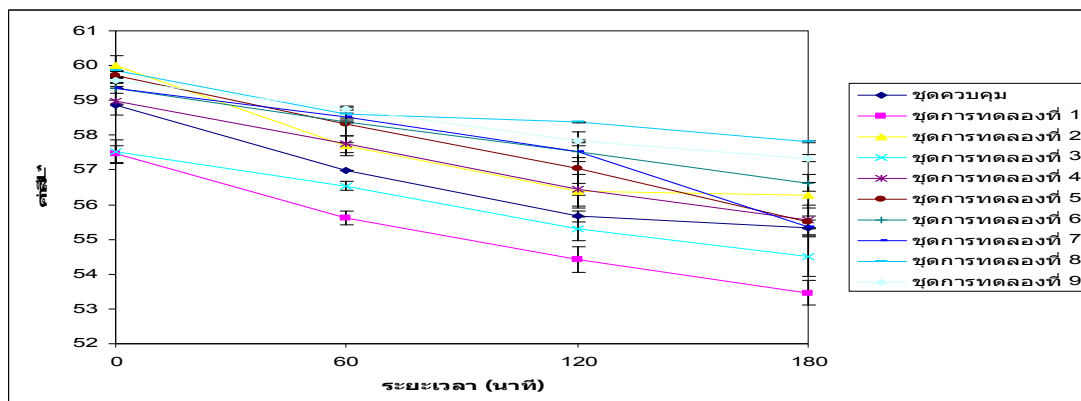


Figure 4.1: Changes in L* value of ripe –mango flesh given various dipping treatments in various dipping times.

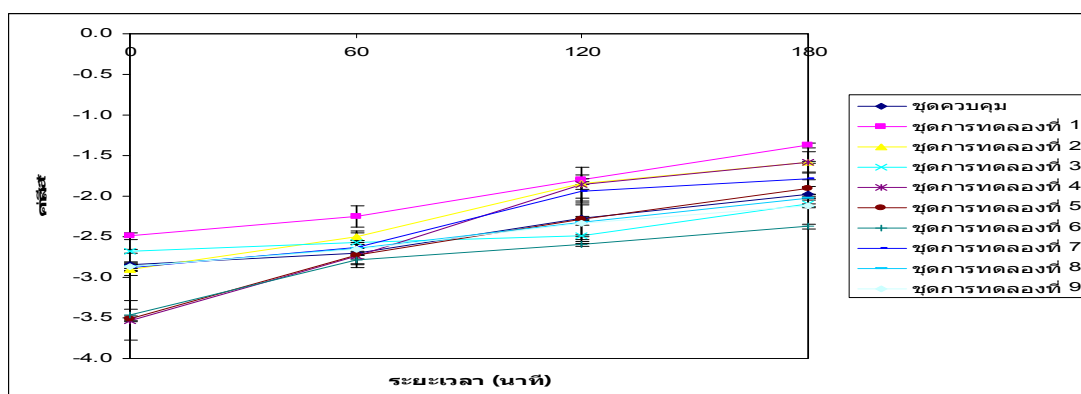


Figure 4.2: Changes in a* value of ripe –mango flesh given various dipping treatments in various dipping times.

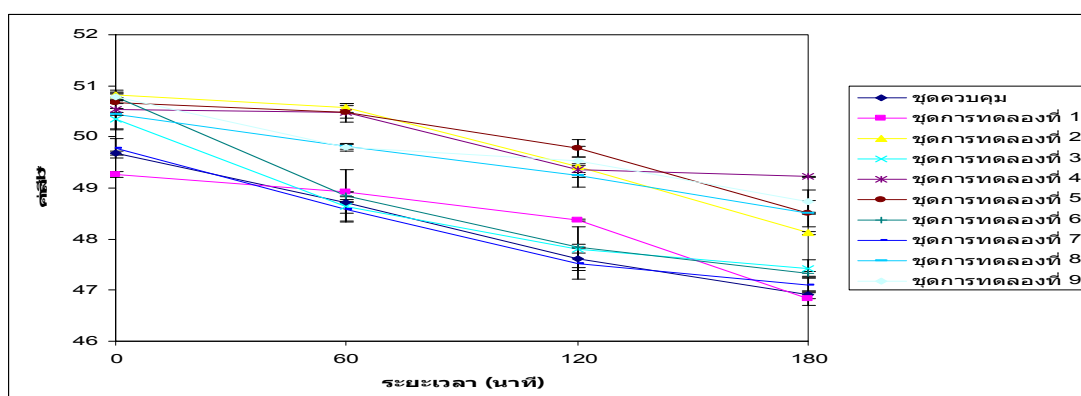


Figure 4.3: Changes in b* value of ripe –mango flesh given various dipping treatments in various dipping times.

การที่แคลเซียมคลอไรด์สามารถยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลได้นั้น เนื่องจากแคลเซียมคลอไรด์จะแตกตัวให้คลอไรด์ไอออนและไปทำปฏิกิริยากับสารประกอบฟีนอลและโลหะทองแดงที่เป็นองค์ประกอบของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสทำให้ไม่สามารถเร่งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลได้ต่อไป (Balakrishnan et al., 2001) ส่วนสารประกอบโพลีแซคคาไรด์ชนิดต่างๆ รวมถึงคาร์ราจีแนน อะมิโลสซัลเฟต และไซแลนซัลเฟต พบว่ามีประสิทธิภาพในการช่วยยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในน้ำ แอปเปิลและชิ้นแอปเปิลได้ (Tong and Hicks, 1991) มีการทดลองแช่ผักสลัดลงในสารละลายที่ประกอบด้วยกรดแอสคอร์บิก แชนแทนกัม พบว่าจะช่วยป้องกันการเกิดสีน้ำตาลในผักได้ดีขึ้น (Wyss et al., 1990) การที่สารดังกล่าวสามารถช่วยยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในผักและผลไม้ได้เนื่องจากสารดังกล่าวจะไปเคลือบผิวหรือผลไม้ ทำให้มีการสัมผัสกับออกซิเจนลดลง จึงมีการสลายตัวของกรดแอสคอร์บิกลดลง (ศิวาพร, 2535) ส่วนสารประกอบซัลไฟด์นั้นพบว่าจะทำหน้าที่เป็นตัวยับยั้งเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส และยังทำปฏิกิริยากับสารตัวกลาง (Intermediates) ของปฏิกิริยาเพื่อป้องกันการเกิดสีน้ำตาล และสามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลแบบไม่ใช้เอนไซม์ โดยการทำปฏิกิริยากับสารตัวกลางที่มีกลุ่มคาร์บอนิล (Carbonyl intermediate) จึงป้องกันไม่ให้เกิดปฏิกิริยาดำเนินต่อไป (ประสาร, 2538) โดยปริมาณสารประกอบซัลไฟด์ที่มีการอนุญาตให้ใช้ในผักและผลไม้แห้งตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 84 อนุญาตให้ใช้ได้ปริมาณสูงสุดไม่เกิน 2,500 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข, 2527)

ส่วนเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์ชุดควบคุม ชุดการทดลองที่ 3 และชุดการทดลองที่ 1 พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสเท่ากับ 113.44 ± 4.37 และ 137.72 ± 12.20 และ 169.63 ± 9.37 หน่วย/มิลลิลิตร/นาที่ ตามลำดับ โดยชุดการทดลองที่ 1 พบว่ามีกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสมากที่สุด อาจเป็นเพราะใช้เวลาในการแช่ในสารละลายที่มากเกินไปคือ 10 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ทำให้เกิดปฏิกิริยาของสารประกอบโมโนฟีนอลที่อยู่ในเซลล์ของเนื้อมะม่วงสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศเป็นเวลานานเกินไป และมีเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส ทำให้เกิดปฏิกิริยาไฮดรอกซิเลชัน (นิธิยา, 2549) รองลงมาคือชุดการทดลองที่ 3 ซึ่งทั้ง 2 ชุดการทดลองนี้มีค่ากิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสมากกว่าชุดควบคุม เมื่อนำมาคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ พบว่ามีค่าติดลบ แสดงว่าไม่สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ได้ ซึ่งสอดคล้องกับการลดลงของค่าสี L^* และการเพิ่มขึ้นของค่าสี a^* แสดงให้เห็นถึงการเกิดสีน้ำตาลได้ (Sapers and Douglas, 1987)

Table 4.4 Changes in Polyphenol oxidase activity of ripe-mango flesh given various dipping treatments in various dipping times.

ชุดการทดลอง	สถานะการทดลอง	กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (หน่วย/มิลลิลิตร/นาที) ที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร				ค่าเฉลี่ย ชุดการทดลอง	การเปลี่ยนแปลง (%)
		เวลา (นาที)					
		0	60	120	180		
ชุดควบคุม	ชิ้นมะม่วงที่ไม่ผ่านการแช่สารละลาย	109.84 ± 4.40	115.93 ± 0.07	118.09 ± 0.94	109.89 ± 2.59	113.44c ± 4.37	0.00d
1	0.02% 4-hexylresorcinol, 0.25% ascorbic acid, 0.2% citric acid, 0.15% sorbic acid และ sucrose ปรับให้มีความเข้มข้นเท่ากับ 52 บริกซ์ (Monsalvez et al., 1993)	162.82 ± 0.59	166.44 ± 1.89	182.44 ± 11.38	166.83 ± 4.99	169.63a ± 9.37	-49.55f ± 5.96
2	1.0% ascorbic acid และ 0.1% calcium chloride (Ponting et al., 1972)	82.34 ± 2.67	43.41 ± 2.14	84.24 ± 6.99	59.84 ± 1.70	67.45d ± 18.29	40.42c ± 16.29
3	4% sodium erythorbate, 0.2% calcium chloride และ 100 ppm 4-hexylresorcinol (Sapers and Miller, 1998)	139.91 ± 3.83	150.37 ± 2.43	140.88 ± 1.82	119.75 ± 4.80	137.72b ± 12.20	-21.38e ± 9.42
4	0.05% carrageenan และ 0.5% citric acid (Tong and Hicks, 1991)	40.61 ± 4.54	74.08 ± 1.86	84.48 ± 2.55	73.11 ± 0.59	68.07d ± 17.73	40.28c ± 14.44
5	10% maltodextrin และ 0.2% citric acid (Xu et al., 1993)	22.96 ± 0.35	37.57 ± 0.23	24.59 ± 0.96	21.41 ± 0.42	26.63f ± 6.87	75.25a ± 4.95
6	bisulfite solution (sodium metabisulfite) 2000 ppm (Santerre et al., 1991)	51.73 ± 1.95	73.51 ± 3.22	66.38 ± 0.78	82.79 ± 0.37	68.60d ± 12.22	39.46c ± 11.19
7	0.01% 4-hexylresorcinol , 0.5% ascorbic acid และ 1.0% calcium lactate (Dong et al., 2000)	27.84 ± 1.60	47.37 ± 1.44	40.64 ± 2.90	65.64 ± 0.76	45.37e ± 14.65	59.90b ± 13.55
8	0.001M 4-hexylresorcinol , 0.05M potassium sorbate และ 0.5M D-isoascorbic acid (Gonzalez-Aguilar et al., 2000)	30.91 ± 0.66	59.71 ± 2.55	45.89 ± 2.35	41.26 ± 0.38	44.44e ± 11.15	60.98b ± 8.97
9	10% L-ascorbic acid และ 2% potassium chloride (Chen et al., 2003)	75.88 ± 2.33	86.47 ± 1.53	80.14 ± 5.25	25.08 ± 0.66	66.89d ± 26.22	41.40c ± 22.33
ค่าเฉลี่ยระยะเวลา		74.48B ± 47.94	85.48A ± 43.73	86.77A ± 47.37	76.56B ± 44.18		

Data expressed as means ±S.D. of 3 replicates. Values followed by different upper case or lower case letters are significantly different (P< 0.05) within columns and rows, respectively.

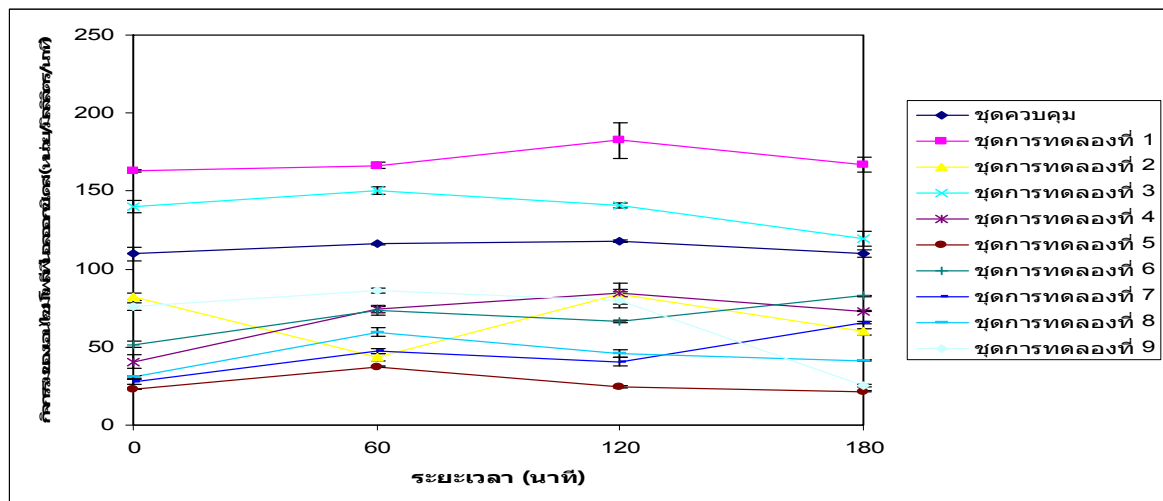


Figure 4.4: Changes in Polyphenol oxidase activity of ripe-mango flesh given various dipping treatments in various dipping times. Values represent mean $\pm$ S.D. of three replicates.

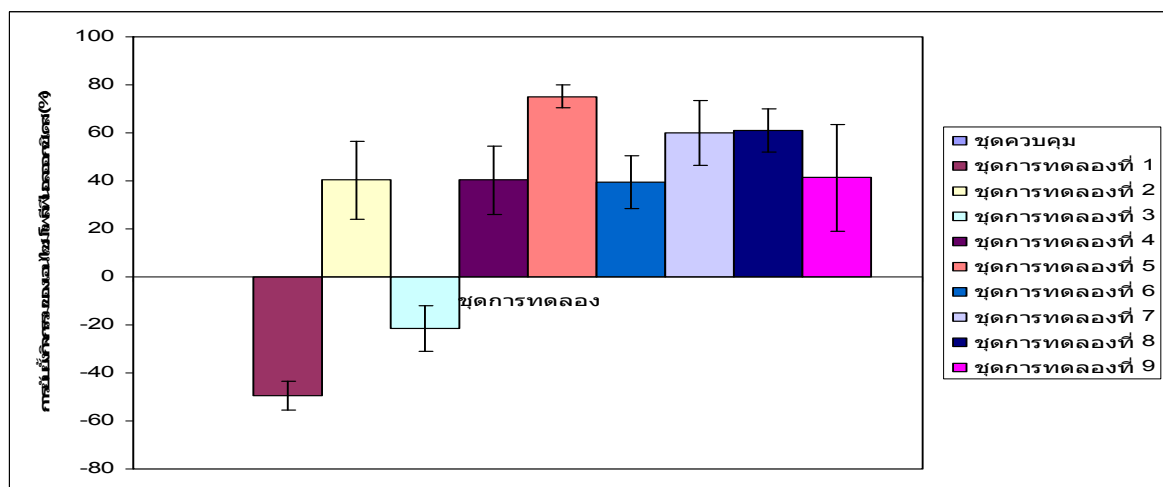


Figure 4.5: Changes in inhibition of Polyphenol oxidase activity of ripe-mango flesh given various dipping treatments in various dipping times. Values represent mean $\pm$ S.D. of three replicates.

2) กิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส เนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์ที่ผ่านการแช่ในสารละลายทั้ง 9 ชุดการทดลอง และชุดควบคุมที่ไม่ผ่านการแช่สารละลาย พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และเวลาแช่ที่เพิ่มขึ้นกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์ที่ผ่านการแช่ในสารละลายทั้ง 9 ชุดการทดลอง และชุดควบคุมที่ไม่ผ่านการแช่สารละลายไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เนื้อมะม่วงสุกที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดการทดลองที่ 9 พบว่ามีกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสน้อยที่สุดเท่ากับ $148.59 + 85.29$ หน่วย/มิลลิลิตร/นาที่ และยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ได้มากที่สุดเท่ากับ $76.02 + 17.18$ เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะโพแทสเซียมคลอไรด์จะแตกตัวให้คลอไรด์ไอออนและไปทำปฏิกิริยากับสารประกอบ ฟีนอลและโลหะหนักที่เป็นองค์ประกอบของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสจึงทำให้ไม่สามารถเร่งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลได้ต่อไป (Balakrishnan et al., 2001) ส่วนกรดแอสคอร์บิกนั้นมีความสมบัติเป็นสารที่สามารถยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ จึงช่วยยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ เปอร์ออกซิเดสไม่ให้เกิดการออกซิไดซ์ในสภาวะที่มีไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ทำให้ลดการเกิดสีน้ำตาลได้ (Wiley, 1994) สอดคล้องกับการแช่แอปเปิ้ลหั่นชิ้นในสารละลายแอสคอร์เบทความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ พบว่าสามารถเก็บได้นาน 15 วัน ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ในสภาวะที่มีปริมาณออกซิเจน 0.25 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล และไม่เกิดการเสื่อมเสีย (Gil et al., 1998) และมีการแช่เนื้อแคนตาลูปในสารละลายกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 1.25 และ 2.5 มิลลิโมลาร์ นาน 1 นาที่ พบว่าสามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสได้ 60 เปอร์เซ็นต์ ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 15 วัน และยิ่งเก็บไว้นานขึ้นกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสยิ่งลดน้อยลง (Lamikanra and Watson, 2001) รองลงมาคือชุดการทดลองที่ 8 พบว่ามีกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเท่ากับ $264.49 + 86.57$ หน่วย/มิลลิลิตร/นาที่ และยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ได้เท่ากับ $58.37 + 18.44$ เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับการแช่ชิ้นแอปเปิ้ลลงในสารละลายผสมระหว่างสารละลาย 4-เฮกซิลเรโซซินอล ความเข้มข้น 0.001 โมลาร์ ไอโซ-แอสคอร์บิก ความเข้มข้น 0.5 โมลาร์ และเอ็นอะซีติลซิสเตอีน ความเข้มข้น 0.025 โมลาร์ พบว่าสามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้นาน 5 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส และไม่เกิดการเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ (Buta and Abbott, 2000)

ส่วนเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์ที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดการทดลองที่ 2 และชุดการทดลองที่ 7 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเท่ากับ $286.77 + 102.60$ และ $287.51 + 65.01$ หน่วย/มิลลิลิตร/นาที่ และยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ได้เท่ากับ $57.44 + 13.41$ และ $54.94 + 16.09$ เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการแช่เนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพันธุ์โชคอนันต์ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 4 เปอร์เซ็นต์ นาน 1 นาที่พบว่าสามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสได้ในระหว่างการเก็บรักษาในช่วงวันที่ 4-6 ได้ดีที่สุด 47.13 เปอร์เซ็นต์ (วชิรญา, 2548) เช่นเดียวกับการแช่เนื้อมะม่วงหั่นชิ้นในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 4 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที่ และบรรจุในภาชนะบรรจุที่มีการดัดแปลงบรรยากาศ พบว่าสามารถเก็บรักษาได้นาน 5 วัน ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส โดยยังมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดี และลดการเกิดสีน้ำตาลได้ (Trindade et al., 2003) ส่วนเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์ที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดการทดลองที่ 5 ชุดการทดลองที่ 6 ชุดการทดลองที่ 3 และชุดการทดลองที่ 4 พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเท่ากับ $335.01 + 43.02$, $379.41 + 50.56$, $426.72 + 108.42$ และ $504.07 + 26.34$ หน่วย/มิลลิลิตร/นาที่ และยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ได้เท่ากับ $48.49 + 10.52$, $42.00 + 9.05$, $34.30 + 20.53$, $22.84 + 8.84$ เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการแช่เนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์ใน

สารละลายกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ นาน 90 วินาที พบว่าสามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสได้ 42.4 เปอร์เซ็นต์ (รุจิภรณ์, 2546) เช่นเดียวกับการแช่ขึ้นแอปเปิลในสารละลายโซเดียมอีริทอร์เบท และแอสคอร์เบท พบว่ามีประสิทธิภาพดีกว่าในรูปที่เป็นกรดในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้ (Sapers, 1988) โดยกรดแอสคอร์บิกและอีริทอร์เบทนั้นมีประสิทธิภาพในการเป็นสารที่สามารถยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันและปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้คล้ายกัน แต่อีริทอร์เบทไม่มีคุณสมบัติเป็นวิตามินซีเท่านั้น (Borenstein, 1965 ; Sapers and Ziolkowski, 1987) ส่วนสารประกอบโพลีแซคคาไรด์ชนิดต่างๆ รวมถึงคาร์ราจีแนน อะมิโลสอัลเฟต และไซแลนอัลเฟต พบว่ามีประสิทธิภาพในการช่วยยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในน้ำแอปเปิลและชิ้นแอปเปิลได้ (Tong and Hicks, 1991) การที่สารดังกล่าวสามารถช่วยยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในผักและผลไม้ได้เนื่องจากสารดังกล่าวจะไปเคลือบผิว หรือผลไม้ ทำให้มีการสัมผัสกับออกซิเจนลดลง จึงมีการสลายตัวของกรดแอสคอร์บิกลดลง (ศิวาพร, 2535) เนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์ที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดควบคุม มีกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเท่ากับ $660.35 + 76.73$ หน่วย/มิลลิลิตร/นาที่ ส่วนชุดการทดลองที่ 1 พบว่ามีกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสมากที่สุด เท่ากับ $926.22 + 300.12$ อาจเป็นเพราะใช้เวลาในการแช่ในสารละลายที่มากเกินไปคือ 10 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ทำให้ค่ากิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสมีมากกว่าชุดควบคุม เมื่อนำมาคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ พบว่ามีค่าติดลบ แสดงว่าไม่สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ได้ ซึ่งสอดคล้องกับการลดลงของค่า L^* และการเพิ่มขึ้นของค่า a^* แสดงให้เห็นถึงการเกิดสีน้ำตาลได้ (Sapers and Douglas, 1987) ในการคัดเลือกได้นำผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางชีวเคมีของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์ที่ผ่านการแช่ในสารละลายทั้ง 9 ชุดการทดลองมาพิจารณา พบว่าชุดการทดลองที่ 8 (สารละลายผสมระหว่าง 4-เฮกซิลเรโซซินอล ความเข้มข้น 0.001 โมลาร์ โพแทสเซียมซอร์เบท ความเข้มข้น 0.05 โมลาร์ และไอโซแอสคอร์บิก ความเข้มข้น 0.5 โมลาร์) และชุดการทดลองที่ 9 (สารละลายผสมระหว่างกรดแอสคอร์บิก ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ และโพแทสเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์) มีค่า L^* และ b^* เพิ่มขึ้น และมีค่า a^* ลดลงเมื่อเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่ผ่านการแช่สารละลาย แสดงว่าเนื้อมะม่วงมีค่าสีจางมากขึ้น และมีสีเหลืองเพิ่มมากขึ้น และเมื่อคำนวณหากิจกรรมของเอนไซม์และกิจกรรมของเอนไซม์ที่สามารถยับยั้งได้ พบว่าชุดการทดลองที่ 5 (สารละลายผสมระหว่างมอลโตเด็กซ์ตริน ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ และกรดซัลฟิวริก ความเข้มข้น 0.2 เปอร์เซ็นต์) สามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสได้ดีที่สุด และชุดการทดลองที่ 9 (สารละลายผสมระหว่างกรดแอสคอร์บิก ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ และ โพแทสเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์) สามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสได้ดีที่สุด แต่เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่เราต้องการศึกษาคือเนื้อมะม่วงอบแห้งในการทดลองต่อไปนั้นต้องผ่านกระบวนการให้ความร้อนโดยการอบแห้ง ดังนั้นจึงเลือกเอาชุดการทดลองที่สามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสได้ดีที่สุด เนื่องจากเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเป็นเอนไซม์ที่มีความคงตัวต่อความร้อน และสามารถถูกกระตุ้นให้กลับมาทำงานได้อีก (reactive) ในระหว่างการเก็บรักษา ถึงแม้จะลดกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส ซึ่งพบว่าชุดการทดลอง 8 (สารละลายผสมระหว่าง 4-เฮกซิลเรโซซินอล ความเข้มข้น 0.001 โมลาร์ โพแทสเซียมซอร์เบท ความเข้มข้น 0.05 โมลาร์ และไอโซแอสคอร์บิก ความเข้มข้น 0.5 โมลาร์) และชุดการทดลองที่ 9 (สารละลายผสมระหว่างกรดแอสคอร์บิก ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ และโพแทสเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์) สามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสได้ดีที่สุด จึงเป็นชุดทดลองที่เหมาะสมในการนำไปศึกษาในตอนต่อไป

Table 4.5 Changes in peroxidase activity of ripe-mango flesh given various dipping treatments in various dipping times.

ชุดการทดลอง	สภาวะการทดลอง	กิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (หน่วย/มิลลิลิตร/นาที) ที่ความยาวคลื่น 470 นาโนเมตร				ค่าเฉลี่ย ชุดการทดลอง	การยับยั้งเอนไซม์ (%)
		เวลา (นาที)					
		0	60	120	180		
ชุดควบคุม	ชิ้นมะม่วงที่ไม่ผ่านการแช่สารละลาย	550.12 ± 7.18	740.76 ± 6.62	702.48 ± 5.32	648.04 ± 1.64	660.35b ± 76.73	0.00e
1	0.02% 4-hexylresorcinol, 0.25% ascorbic acid, 0.2% citric acid, 0.15% sorbic acid และ sucrose ปรับให้มีความเข้มข้นเท่ากับ 52 มริกซ์ (Monsalve-Gonzalez et al., 1993)	677.12 ± 2.49	750.32 ± 5.32	882.12 ± 18.95	1395.32 ± 10.35	926.22a ± 300.12	-41.32f ± 46.81
2	1.0% ascorbic acid และ 0.1% calcium chloride (Ponting et al., 1972)	124.60 ± 2.77	310.12 ± 14.31	352.84 ± 16.12	359.52 ± 14.70	286.77e ± 102.60	57.44ab ± 13.41
3	4% sodium erythorbate, 0.2% calcium chloride และ 100 ppm 4-hexylresorcinol (Sapers and Miller, 1998)	515.32 ± 1.30	487.16 ± 0.85	448.32 ± 4.30	256.08 ± 9.28	426.72cd ± 108.42	34.30cd ± 20.53
4	0.05% carrageenan และ 0.5% citric acid (Tong and Hicks, 1991)	489.28 ± 4.07	487.20 ± 4.75	546.00 ± 7.35	493.80 ± 5.49	504.07c ± 26.34	22.84d ± 8.84
5	10% maltodextrin และ 0.2% citric acid (Xu et al., 1993)	372.00 ± 11.31	346.96 ± 6.45	352.96 ± 9.39	268.12 ± 9.22	335.01de ± 43.02	48.49bc ± 10.52
6	bisulfite solution (sodium metabisulfite) 2000 ppm (Santerre et al., 1991)	384.40 ± 9.62	454.08 ± 6.56	332.72 ± 1.58	346.44 ± 4.47	379.41cde ± 50.56	42.00bcd ± 9.05
7	0.01% 4-hexylresorcinol , 0.5% ascorbic acid และ 1.0% calcium lactate (Dong et al., 2000)	388.04 ± 11.37	233.64 ± 4.02	281.60 ± 2.26	246.76 ± 4.81	287.51e ± 65.01	54.94b ± 16.09
8	0.001M 4-hexylresorcinol , 0.05M potassium sorbate และ 0.5M D-isoascorbic acid (Gonzalez-Aguilar et al., 2000)	382.56 ± 2.94	192.28 ± 7.86	296.00 ± 1.70	187.12 ± 11.09	264.49ef ± 86.57	58.37ab ± 18.44
9	10% L-ascorbic acid และ 2% potassium chloride (Chen et al., 2003)	284.16 ± 25.34	117.76 ± 3.05	107.44 ± 8.26	85.00 ± 8.54	148.59f ± 85.29	76.02a ± 17.18
ค่าเฉลี่ยระยะเวลา		416.76NS±148.35	412.03NS±209.54	430.25NS±219.63	428.62NS±364.74		

Data expressed as means ±S.D. of 3 replicates. Values followed by different upper case or lower case letters are significantly different (P< 0.05) within columns and rows, respectively.

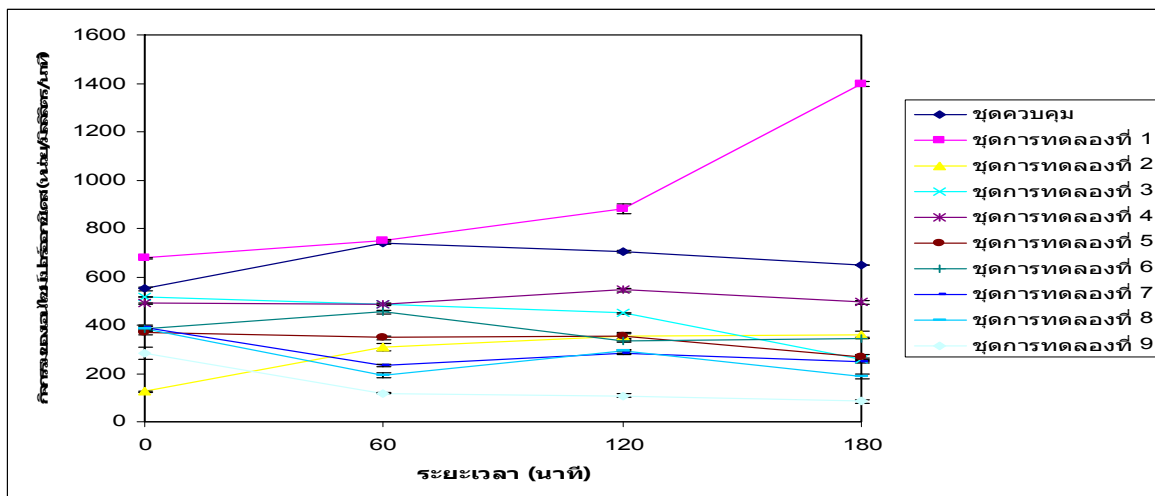


Figure 4.6: Changes in Peroxidase activity of ripe-mango flesh given various dipping treatments in various dipping times. Values represent mean $\pm$ S.D. of three replicates.

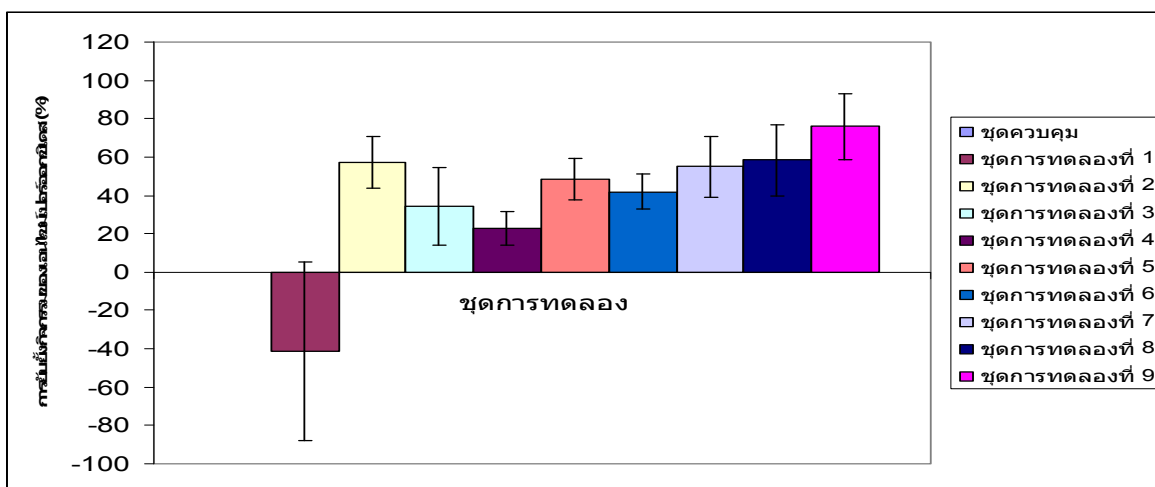


Figure 4.7: Changes in inhibition of Peroxidase activity of ripe-mango flesh given various dipping treatments in various dipping times. Values represent mean $\pm$ S.D. of three replicates.

ล้นจี

1.1 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ ของเนื้อลิ้นจี่พันธุ์ฮวงฮวยที่ผ่านการแช่ในสารละลายแต่ละชุดการทดลอง ดังแสดงในTable 4.6 - 4.8 และ Fig. 4.8 – 4.10

1) ค่าสี L* ของเนื้อลิ้นจี่พันธุ์ฮวงฮวยที่ผ่านการแช่ในสารละลายทั้ง 6 ชุดการทดลอง และชุดควบคุมที่ไม่ผ่านการแช่สารละลาย พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื้อลิ้นจี่ที่ผ่าน

การแช่ในสารละลายชุดการทดลองที่ 6 พบว่าจะมีค่าสี L^* มากที่สุด เท่ากับ 52.05 ± 1.77 แสดงว่ามีสีอ่อนมากที่สุด รองลงมาคือ ชุดการทดลองที่ 4 ชุดการทดลองที่ 1 ดังนี้คือ 51.04 ± 3.69 , 50.88 ± 1.39 ตามลำดับ ผลของมอลโต เดกซ์ทรินสามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล ในผลแอปเปิลสดได้ (Xu et al., 1993) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ซึ่งแตกต่างกับชุดควบคุมและ ชุดการทดลองที่ 2 ชุดการทดลองที่ 3 ซึ่งมีค่า L^* ต่ำที่สุดแสดงว่ามีสี เข้มสุดเท่ากับ 48.30 ± 2.32 โดยการลดลงของค่าสี L^* แสดงให้เห็นถึงการเกิดสีน้ำตาลได้ (Sapers and Douglas, 1987) และชุดการทดลองที่ 5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และเมื่อเวลาเพิ่มขึ้นเนื้อลิ้นจี่พันธุ์ฮวงฮวยที่ผ่านการแช่ในสารละลายทั้ง 6 ชุดการทดลอง และชุดควบคุมที่ไม่ผ่านการแช่สารละลาย พบว่ามีผลต่อค่าสี L^* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

2) ค่าสี a^* ของเนื้อลิ้นจี่ที่ผ่านการแช่ในสารละลายทั้ง 6 ชุดการทดลอง และชุดควบคุมที่ไม่ผ่านการแช่สารละลาย พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื้อลิ้นจี่ที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดการทดลองที่ 4 พบว่าจะมีค่าสี a^* น้อยที่สุด เท่ากับ 0.07 ± 0.67 รองลงมาคือชุดการทดลองที่ 6 มีค่าสี a^* เท่ากับ 0.15 ± 0.46 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ส่วนชุดควบคุม มีค่าสี a^* มากที่สุด เท่ากับ 1.24 ± 0.09 โดยการเพิ่มขึ้นของค่าสี a^* แสดงให้เห็นถึงการเกิดสีน้ำตาลได้ (Sapers and Douglas, 1987)

3) ค่าสี b^* ของเนื้อลิ้นจี่พันธุ์ฮวงฮวยที่ผ่านการแช่ในสารละลายทั้ง 6 ชุดการทดลอง และชุดควบคุมที่ไม่ผ่านการแช่สารละลาย พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื้อลิ้นจี่ที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดควบคุม ชุดการทดลองที่ 2 ชุดการทดลองที่ 4 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีค่าสี b^* ดังนี้คือ -0.24 ± 1.11 , -0.44 ± 0.04 , -0.16 ± 1.09 ตามลำดับ และชุดการทดลองที่มีค่าสี b^* น้อยที่สุดคือ ชุดการทดลองที่ 1 มีค่าเท่ากับ -1.63 ± 0.31

1.2 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางชีวเคมี วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส และเปอร์ออกซิเดสของเนื้อลิ้นจี่พันธุ์ฮวงฮวยที่ผ่านการแช่ในสารละลายแต่ละชุดการทดลอง ดังแสดงใน Table 4.9 – 4.10 และ Fig. 4.11 – 4.14

1) กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส เนื้อลิ้นจี่พันธุ์ฮวงฮวยที่ผ่านการแช่ในสารละลายทั้ง 6 ชุดการทดลอง และชุดควบคุมที่ไม่ผ่านการแช่สารละลาย พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื้อลิ้นจี่ที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดการทดลองที่ 4 และชุดการทดลองที่ 3 พบว่ามีกิจกรรมของเอนไซม์ โพลีฟีนอลออกซิเดสน้อยที่สุดเท่ากับ 8.36 ± 9.92 , 8.60 ± 5.00 หน่วย/มิลลิลิตร/นาที ตามลำดับ และยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ได้มากที่สุดเท่ากับร้อยละ 42.62 และ 40.98 ตามลำดับรองลงมาคือชุดการทดลองที่ 5 โดยมีกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส เท่ากับ 11.23 ± 11.77 หน่วย/มิลลิลิตร/นาที และยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ได้เท่ากับร้อยละ 22.92 เนื่องจากอนุพันธ์ของเรโซ-ซินอล ซึ่งเป็นสารประกอบเมตา-ไดฟีนอล (m-diphenols) จะทำหน้าที่เป็นตัวยับยั้ง (competition inhibitor)

Table 4.6 Changes in L* value of lychee flesh given various dipping treatments in various dipping times.

ชุดการทดลอง	สภาวะการทดลอง	ค่าสี L				ค่าเฉลี่ยชุดการทดลอง
		ระยะเวลา(นาที)				
		0	60	120	180	
ชุดควบคุม	ลิ้นจี่ที่ไม่ผ่านการแช่สารละลาย	45.67±2.91	50.13±0.40	49.26±1.35	49.76±0.88	48.70±2.28b
1	Citric acid 0.2%, Sorbic acid 0.15%, 4 Hexylresorcinol					
	0.02%,Ascorbic acid 0.25%,Sucrose 52°brix (Gonzalez et al., 1993)	49.52±0.61	51.97±1.97	50.99±1.08	51.02±1.44	50.88±1.39a
2	Calcium chloride 0.5%,Ascorbic acid 1% (Ponting et al., 1972)	46.07±1.20	48.36±0.64	49.80±0.86	50.38±1.80	48.65±2.00b
3	Carageenan 0.05%,Citric acid 0.5% (Tong et al., 1991)	46.16±0.64	48.78±0.04	46.91±2.19	51.36±0.59	48.30±2.32b
4	Maltodextrin 10%,Citric acid 0.2% (Xu et al., 1993)	47.73±1.68	50.11±1.46	56.32±2.71	50.02±1.21	51.04±3.69a
5	โซเดียมเมตาไบซัลไฟท์ 2000 ppm (Santerre et al., 1991)	46.95±1.66	48.73±1.98	50.27±1.46	48.68±0.02	48.66±1.68b
6	Sucrose 70% ,sodium metabisulfite 0.4%(วิวัฒนา , 2545)	50.43±1.89	51.85±2.29	52.56±1.01	53.38±1.67	52.05±1.77a
	ค่าเฉลี่ยระยะเวลา	47.50±2.15b	50.00±1.80a	50.87±3.08a	50.65±1.69a	

Data expressed as means ±S.D. of 3 replicates. Values followed by different upper case or lower case letters are significantly different (P< 0.05) within columns and rows, respectively.

Table 4.7 Changes in a* value of lychee flesh given various dipping treatments in various dipping times.

ชุดการทดลอง	สภาวะการทดลอง	ค่าสี a*				ค่าเฉลี่ย ชุดการทดลอง
		ระยะเวลา(นาที)				
		0	60	120	180	
ชุดควบคุม	ลิ้นจี่ที่ไม่ผ่านการแช่สารละลาย	1.48±0.30	0.83±0.19	1.04±0.64	1.63±0.35	1.24±0.46a
1	Citric acid 0.2%, Sorbic acid 0.15% 4 Hexylresorcinol 0.02%,Ascorbic acid 0.25%,Sucrose 52°brix (Gonzalez et al., 1993)	0.94±0.29	0.07±0.32	0.49±0.35	0.80±0.48	0.57±0.45bc
2	Calcium chloride 0.5%,Ascorbic acid 1% (Ponting et al., 1972)	1.17±0.33	0.42±0.33	0.13±0.75	0.27±0.07	0.50±0.54bc
3	Carageenan 0.05%,Citric acid 0.5% (Tong et al., 1991)	0.82±0.18	0.47±0.08	0.84±0.52	0.18±0.01	0.57±0.36bc
4	Maltodextrin 10%,Citric acid 0.2% (Xu et al., 1993)	0.84±0.35	0.14±0.06	-0.73±0.66	0.04±0.26	0.07±0.67d
5	โซเดียมเมตาไบซัลไฟท์ 2000 ppm (Santerre et al., 1991)	1.07±0.29	0.51±0.39	0.48±0.33	0.87±0.27	0.73±0.36b
6	Sucrose 70% ,sodium metabisulfite 0.4%(วัฒนา , 2545)	0.46±0.18	-0.12±0.28	-0.21±0.40	0.45±0.68	0.15±0.46cd
	ค่าเฉลี่ยระยะเวลา	0.97±0.37a	0.33±0.36b	0.29±0.71b	0.60±0.59b	

Data expressed as means ±S.D. of 3 replicates. Values followed by different upper case or lower case letters are significantly different (P< 0.05) within columns and rows, respectively.

Table 4.8 Changes in b* value of lychee flesh given various dipping treatments in various dipping times.

ชุดการทดลอง	สภาวะการทดลอง	ค่าสี b*				ค่าเฉลี่ย ชุดการทดลอง
		ระยะเวลา(นาที)				
		0	60	120	180	
ชุดควบคุม	ลิ้นจี่ที่ไม่ผ่านการแช่สารละลาย	-0.70±1.52	-0.15±0.80	1.10±0.16	-0.92±0.63	-0.16±1.09a
1	Citric acid 0.2%, Sorbic acid 0.15% 4 Hexylresorcinol					
	0.02%,Ascorbic acid 0.25%,Sucrose 52°brix (Gonzalez et al., 1993)	-1.33±0.24	-1.70±0.37	-1.94±0.16	-1.54±0.25	-1.63±0.31c
2	Calcium chloride 0.5%,Ascorbic acid 1% (Ponting et al., 1972)	-0.11±0.13	-0.59±0.31	-0.52±0.71	-0.54±0.49	-0.44±0.04a
3	Carageenan 0.05%,Citric acid 0.5% (Tong et al., 1991)	-1.54±0.18	-0.50±0.30	-0.76±0.13	-0.48±0.67	-0.82±0.54ab
4	Maltodextrin 10%,Citric acid 0.2% (Xu et al., 1993)	-0.95±1.31	0.07±0.04	0.99±0.66	-1.07±0.97	-0.24±1.11a
5	โซเดียมเมตาไบซัลไฟท์ 2000 ppm (Santerre et al., 1991)	-1.26±0.13	-0.56±0.36	-0.72±1.06	-0.51±0.68	-0.77±0.58ab
6	Sucrose 70% ,sodium metabisulfite 0.4%(วัฒนา , 2545)	-1.80±0.64	-1.67±1.84	-1.29±0.05	-1.30±0.68	-1.51±0.82bc
	ค่าเฉลี่ยระยะเวลา	-1.10±0.83ก	-0.73±0.89กข	-0.45±1.15ก	-0.91±0.62กข	

Data expressed as means ±S.D. of 3 replicates. Values followed by different upper case or lower case letters are significantly different (P< 0.05) within columns and rows, respectively.

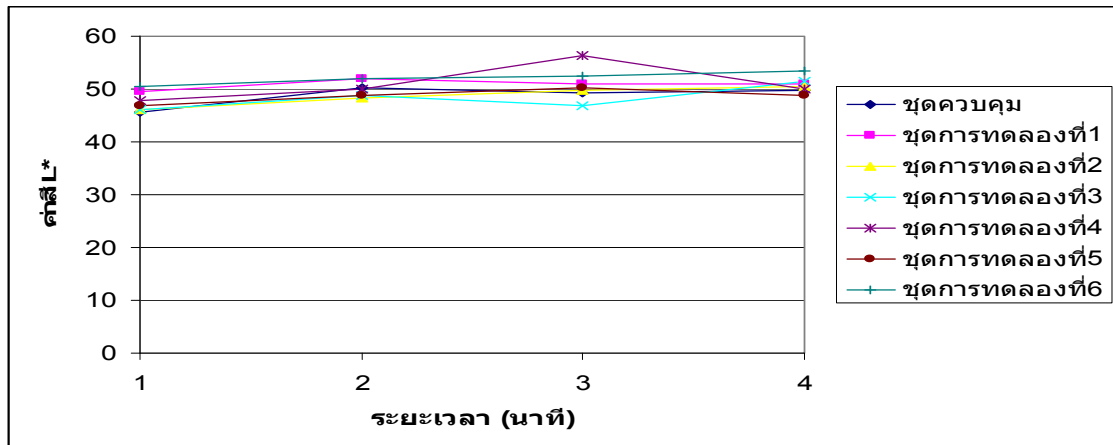


Figure 4.8: Changes in L* value of ripe –mango flesh given various dipping treatments in various dipping times. Values represent mean $\pm$ S.D. of three replicates.

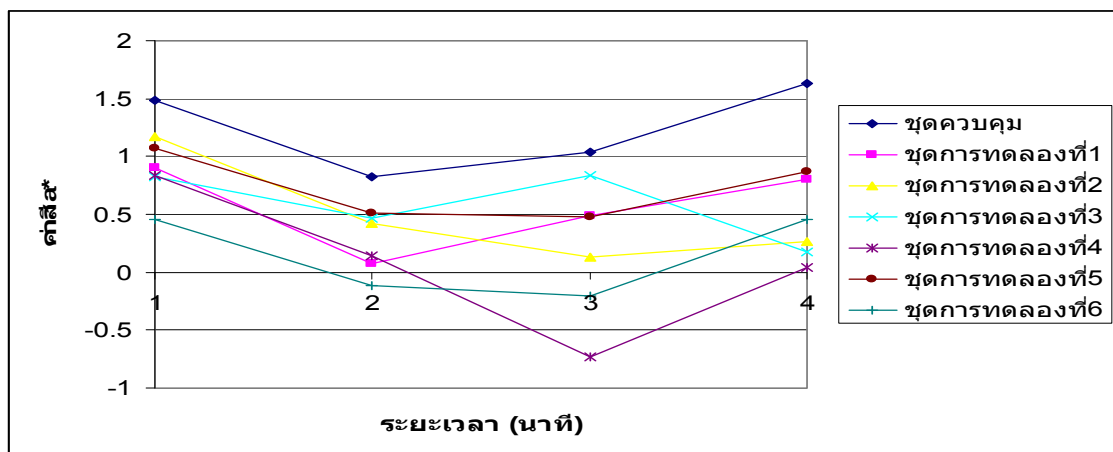


Figure 4.9: Changes in a* value of lychee flesh given various dipping treatments in various dipping times. Values represent mean $\pm$ S.D. of three replicates.

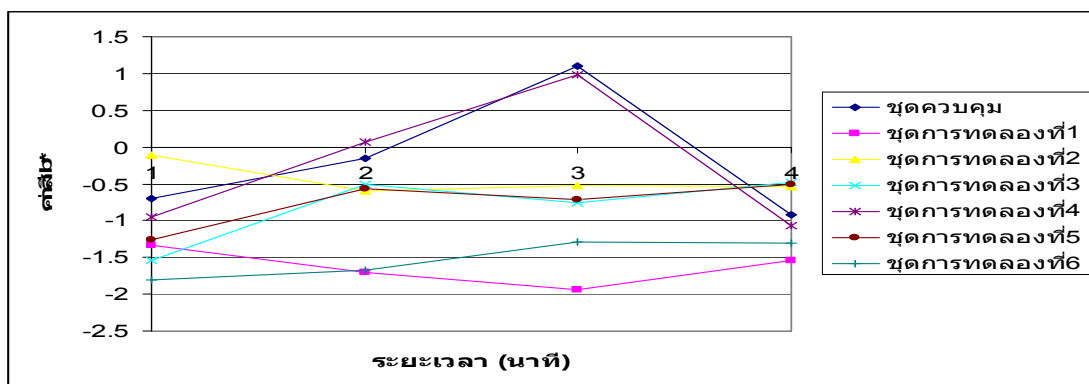


Figure 4.10: Changes in b* value of lychee flesh given various dipping treatments in various dipping times. Values represent mean $\pm$ S.D. of three replicates.

เอนไซม์โพลิฟีนอลออกซิเดส เนื่องจากมีโครงสร้างคล้ายกับฟีนอลิกที่เป็นสารตั้งต้น จึงยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลในผักและผลไม้บางชนิดได้ (Monsalve- Gonzalez et al, 1995) ส่วนชุดการทดลองที่ 6 และชุดการทดลองที่ 2 พบว่ามีกิจกรรมของเอนไซม์โพลิฟีนอล-ออกซิเดสมากที่สุดเท่ากับ 26.43 ± 13.84 และ 25.10 ± 18.70 ตามลำดับและไม่ยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ได้ค่าที่ออกมาจึงติดลบ สารประกอบโพลีแซคคาไรด์ชนิดต่างๆ รวมถึงการาจีนแน อะมิโลสซัลเฟต และไซแลน-ซัลเฟต พบว่ามีประสิทธิภาพในการช่วยยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในน้ำแอปเปิลและแอปเปิลสดตัดแต่ง (Tong and Hicks, 1991) มีการทดลองแช่ผักสลัดลงในสารละลายที่ประกอบด้วยกรดแอสคอร์บิก แชนแทนกัม พบว่าจะช่วยป้องกันการเกิดสีน้ำตาลในผักได้ดีขึ้น (Wyss et al., 1990) การที่สารดังกล่าวสามารถช่วยยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในผักและผลไม้ได้ เนื่องจากสารดังกล่าวจะไป เคลือบผิวหรือผลไม้ ทำให้มีการสัมผัสกับออกซิเจนลดลง จึงมีการสลายตัวของกรดแอสคอร์บิกลดลง (คิวพร, 2535) ส่วนสารประกอบซัลไฟด์นั้นพบว่าทำหน้าที่เป็นตัวยับยั้งเอนไซม์โพลิฟีนอลออกซิเดส และยังทำปฏิกิริยากับสารตัวกลาง (Intermediates) ของปฏิกิริยาเพื่อป้องกันการเกิดสีน้ำตาล และสามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลแบบไม่ใช้เอนไซม์ โดยการทำปฏิกิริยากับสารตัวกลาง ที่มีกลุ่มคาร์บอนิล (Carbonyl intermediate) จึงป้องกันไม่ให้เกิดปฏิกิริยาดำเนินต่อไป (ประสาร, 2538) โดยปริมาณสารประกอบซัลไฟด์ที่มีการอนุญาตให้ใช้ในผักและผลไม้แห้งตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 84 อนุญาตให้ใช้ได้ปริมาณสูงสุดไม่เกิน 2,500 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข, 2527) เมื่อนำมาคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ พบว่ามีค่าติดลบ แสดงว่าไม่สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ได้ ซึ่งสอดคล้องกับการลดลงของค่า L^* และการเพิ่มขึ้นของค่า a^* แสดงให้เห็นถึงการเกิดสีน้ำตาลได้ (Sapers and Douglas, 1987)

2) กิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส เนื้อล้นี่ที่ผ่านการแช่ในสารละลายทั้ง 6 ชุดการทดลอง และชุดควบคุมที่ไม่ผ่านการแช่สารละลาย พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื้อล้นี่ที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดการทดลองที่ 1 พบว่ามีกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส น้อยที่สุดเท่ากับ 4.71 ± 4.09 หน่วย/มิลลิลิตร/นาที่ และยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ได้มากที่สุดเท่ากับร้อยละ 96.25 รองลงมาคือชุดการทดลองที่ 3 มีค่าเท่ากับ 7.39 ± 6.95 หน่วย/มิลลิลิตร/นาที่ และยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ได้มากที่สุดเท่ากับร้อยละ 94.12 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ส่วนเนื้อล้นี่ที่ผ่านการแช่ในสารละลาย ชุดควบคุม ชุดการทดลองที่ 4 ชุดการทดลองที่ 5 และชุดการทดลองที่ 6 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเท่ากับ 125.59 ± 104.37 48.04 ± 96.51 34.30 ± 27.68 52.83 ± 68.94 หน่วย/มิลลิลิตร/นาที่ และยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ได้เท่ากับร้อยละ 61.75 72.69 57.94 ตามลำดับ ส่วนชุดการทดลองที่ 2 ค่าการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์มีค่าติดลบแสดงว่าไม่สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ได้

ในการคัดเลือกได้นำผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางชีวเคมีของเนื้อล้นี่พันธุ์ฮงฮวยที่ผ่านการแช่ในสารละลายทั้ง 6 ชุดการทดลอง และชุดควบคุมที่ไม่ผ่านการแช่สารละลายมาพิจารณา พบว่าชุดการทดลองที่ 5. Maltodextrin 10%, Citric acid 0.2% (Xu et al., 1993) มีค่า L^* มาก และ a^* น้อยสุด และเมื่อคำนวณหากิจกรรมของเอนไซม์และกิจกรรมของเอนไซม์ที่สามารถยับยั้งได้พบว่าชุดการทดลองที่ 5 (สารละลายผสมระหว่างมอลโตเด็คซ์ทริน ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ และกรดซิตริกความเข้มข้น 0.2 เปอร์เซ็นต์) สามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์โพลิฟีนอลออกซิเดสได้ดีที่สุดเช่นเดียวกับชุดการทดลองที่ 4 (สารละลายผสมระหว่างการาจีนแน ความเข้มข้น 0.05 เปอร์เซ็นต์ และ กรดซิตริก ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์)

ส่วนชุดการทดลองที่2 (สารละลายผสมระหว่าง4-เฮกซิลเรโซซินอล ความเข้มข้น 0.02 เปอร์เซ็นต์ กรดซิตริก ความเข้มข้น0.2 เปอร์เซ็นต์ กรดแอสคอร์บิก ความเข้มข้น0.25 เปอร์เซ็นต์ กรดซอร์บิก ความเข้มข้น0.15 เปอร์เซ็นต์และซูโครส 52 องศาบริกส์)และชุดการทดลองที่4 (สารละลายผสมระหว่างคาราจีแนน ความเข้มข้น 0.05 เปอร์เซ็นต์ และ กรดซิตริก ความเข้มข้น0.5 เปอร์เซ็นต์)สามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์เปอร็อกซิเดสได้ดีที่สุด ดังนั้นจึงเลือกเอาชุดการทดลองที่สามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์เปอร็อกซิเดสได้ดีที่สุด เนื่องจากเอนไซม์เปอร็อกซิเดสเป็นเอนไซม์ที่มีความคงตัวต่อความร้อน และสามารถถูกกระตุ้นให้กลับมาทำงานได้อีก (reactive) ในระหว่างการเก็บรักษา ถึงแม้จะลดกิจกรรมของเอนไซม์เปอร็อกซิเดส ซึ่งพบว่าชุดการทดลองที่4 (สารละลายผสมระหว่างคาราจีแนน ความเข้มข้น 0.05 เปอร์เซ็นต์ และ กรดซิตริก ความเข้มข้น0.5 เปอร์เซ็นต์) สามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์เปอร็อกซิเดสและโพลีฟีนอลออกซิเดสได้ดีที่สุด แต่เนื่องจากชุดการทดลองที่ 4 และที่ 5 มีความสามารถในการยับยั้งเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสใกล้เคียงมากจึงใช้เป็นชุดทดลองที่เหมาะสมในการนำไปศึกษาในตอนต่อไป

2. ศึกษาวิธีการแช่เนื้อมะม่วงและเนื้อลิ้นจี่ในสารละลายที่เหมาะสม

มะม่วง

นำเนื้อมะม่วงและเนื้อลิ้นจี่มาแช่ในสารละลายที่มีศักยภาพในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทำการศึกษาเปรียบเทียบวิธีการแช่

2.1 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของเนื้อมะม่วง วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์โดยเปรียบเทียบวิธีการแช่ระหว่างการแช่ในสภาวะปกติเพียงอย่างเดียว และการใช้วิธีร่วมกันระหว่างการแช่ในสภาวะปกติร่วมกับการแช่ในสภาวะสุญญากาศ และรายงานผลเป็นค่า L^* , a^* และ b^* ดังแสดงใน Table 4.11 และ Fig. 4.13 - 4.15

1) ค่าสี L^* ของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์ที่ผ่านการแช่ในสารละลายและวิธีการแช่ที่แตกต่างกัน 6 ชุดการทดลอง และชุดควบคุมที่ไม่ผ่านการแช่สารละลาย พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเนื้อมะม่วงสุกที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดการทดลองที่ 3 พบว่าจะมีค่าสี L^* มากที่สุดเท่ากับ $62.81 + 0.45$ แสดงว่ามีสีจางมากที่สุด รองลงมาคือเนื้อมะม่วงสุกที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดการทดลองที่ 6 และชุดการทดลองที่ 1 พบว่าจะมีค่าสี L^* เท่ากับ $58.96+0.53$ และ $57.79+0.19$ ตามลำดับ ส่วนเนื้อมะม่วงสุกชุดควบคุม และเนื้อมะม่วงสุกที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดการทดลองที่ 2 ชุดการทดลองที่ 4 และชุดการทดลองที่ 5 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีค่าสี L^* เท่ากับ $57.28+0.23$, $57.24+1.32$, $57.55+0.22$ และ $56.45+0.45$ ตามลำดับ โดยการลดลงของค่าสี L^* แสดงให้เห็นถึงการเกิดสีน้ำตาลได้ (Sapers and Douglas, 1987) ซึ่งการแช่ในสภาวะสุญญากาศนั้นจะช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีสี ลักษณะเนื้อสัมผัส และกลิ่นที่ใกล้เคียงกับผลสด ตลอดอายุการเก็บรักษา (Ponting, 1973 ; Heng et al.,1990) สอดคล้องกับการแช่แอฟริคอตในสารละลายน้ำตาลเข้มข้น 69 บริกซ์ ภายใต้สภาวะสุญญากาศที่ความดัน 70 มิลลิบาร์ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นาน 150 นาที จากนั้นนำมาบรรจุในภาชนะบรรจุที่มีการดัดแปลงสภาวะบรรยากาศที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส พบว่ามีค่าสี L^* , a^* และ b^* ลดลงเล็กน้อย ในช่วง 10-20 วันแรก และเมื่อใส่โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ลงไปผสมในสารละลาย พบว่าไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงใดๆ

Table 4.9 Changes in polyphenol oxidase activity of lychee flesh given various dipping treatments in various dipping times.

ชุดการทดลอง	สภาวะการทดลอง	กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (หน่วยมิลลิตร/นาที) ที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร				ค่าเฉลี่ยชุดการทดลอง	การยับยั้งเอนไซม์ (%)
		เวลา (นาที)					
		0	60	120	180		
ชุดควบคุม	ลิ้นจี่ที่ไม่ผ่านการแช่สารละลาย	25.32±26.15	16.83±10.68	15.06±18.84	1.06±2.74	14.57±15.89a b	-
1	Citric acid 0.2%, Sorbic acid 0.15% 4 Hexylresorcinol 0.02%,Ascorbic acid 0.25%,Sucrose 52°brix (Gonzalez et al., 1993)	5.70±1.36	11.95±4.43	23.13±15.20	34.11±1.88	18.72±13.01a b	-28.48
2	Calcium chloride 0.5%,Ascorbic acid 1% (Ponting et al., 1972)	23.62±20.38	48.37±10.80	11.83±0.00	16.58±18.19	25.10±18.70a	-72.27
3	Carageenan 0.05%,Citric acid 0.5% (Tong et al., 1991)	1.70±0.311	11.12±1.50	7.44±0.91	14.12±0.00	8.60±5.00b	40.98
4	Maltodextrin 10%,Citric acid 0.2% (Xu et al., 1993)	1.77±0.28	8.68±3.06	21.42±12.62	1.56±0.44	8.36±9.92b	42.62
5	โซเดียมเมตาไบซัลไฟท์ 2000 ppm (Santerre et al., 1991)	6.97±1.80	18.56±20.42	16.49±14.45	2.89±1.46	11.23±11.77b	22.92
6	Sucrose 70% ,sodium metabisulfite 0.4%(วัฏฒนา , 2545)	6.05±1.23	31.23±2.69	38.09±11.84	30.37±3.52	26.43±13.84a	-81.40
	ค่าเฉลี่ยระยะเวลา	10.16±13.32b	20.96±15.45a	19.06±13.25a	14.38±14.15b		

Data expressed as means ±S.D. of 3 replicates. Values followed by different upper case or lower case letters are significantly different (P< 0.05) within columns and rows, respectively.

Table 4.10 Changes in peroxidase activity of ripe-mango flesh given various dipping treatments in various dipping times.

ชุดการทดลอง	สภาวะการทดลอง	กิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (หน่วย/มิลลิลิตร/นาที) ที่ความยาวคลื่น 470 นาโนเมตร				ค่าเฉลี่ย ชุดการทดลอง	การยับยั้ง เอนไซม์ (%)
		เวลา (นาที)					
		0	60	120	180		
ชุดควบคุม	สิ่งที่ไม่ผ่านการแช่สารละลาย	145.94±76.69	153.70±184.09	72.04±65.56	130.70±155.87	125.59±104.37b	-
1	Citric acid 0.2%, Sorbic acid 0.15% 4 Hexy/resorcinol 0.02%,Ascorbic acid 0.25%,Sucrose 52°brix (Gonzalez et al., 1993)	3.32±1.12	4.83±1.24	7.78±7.49	2.92±1.87	4.71±4.09b	96.25
2	Calcium chloride 0.5%,Ascorbic acid 1% (Ponting et al., 1972)	270.15±14683.	2068.85±2901.85	561.12±634.09	394.24±62.41	823.59±1366.37a	-555.78
3	Carageenan 0.05%,Citric acid 0.5% (Tong et al., 1991)	4.11±1.13	5.80±4.17	12.71±14.20	6.95±5.83	7.39±6.95b	94.12
4	Maltodextrin 10%,Citric acid 0.2% (Xu et al.,1993)	4.72±1.99	4.69±0.57	23.29±9.45	159.47±177.59	48.04±96.51b	61.75
5	โซเดียมเมตาไบซัลไฟท์ 2000 ppm (Santerre et al.,1991)	38.88±0.00	44.83±60.04	10.04±6.69	43.47±10.33	34.30±27.68b	72.69
6	Sucrose 70% ,sodium metabisulfite 0.4%(วัฒนา , 2545)	29.10±17.35	23.75±8.50	99.32±138.81	59.15±80.07	52.83±68.94b	57.94
ค่าเฉลี่ยระยะเวลา		70.89±107.58a	329.49±1093.73a	112.33±264.71a	113.84±149.77a		

Data expressed as means ±S.D. of 3 replicates. Values followed by different upper case or lower case letters are significantly different (P< 0.05) within columns and rows, respectively.

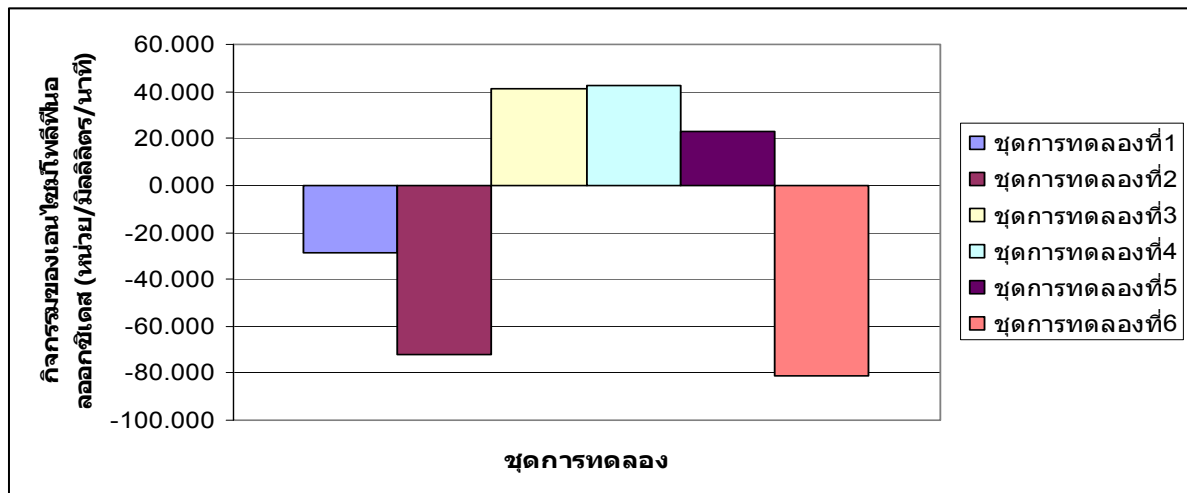


Figure 4.11: Changes in inhibition of Polyphenol oxidase activity of lychee flesh given various dipping treatments in various dipping times. Values represent mean $\pm$ S.D. of three replicates.

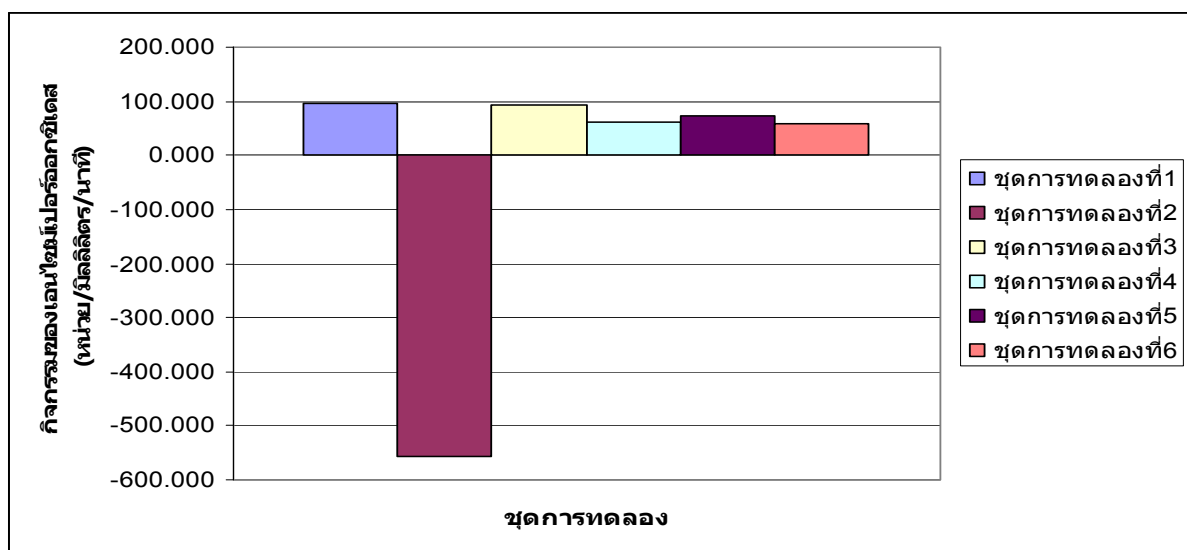


Figure 4.12: Changes in inhibition of Peroxidase activity of lychee flesh given various dipping treatments in various dipping times. Values represent mean $\pm$ S.D. of three replicates.

เมื่อเทียบกับชุดการทดลองที่ไม่ได้ใส่สารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล แสดงให้เห็นว่าสามารถรักษาของสีในแอพริคอตได้โดยใช้วิธีการแช่ในสารละลายภายใต้สภาวะสุญญากาศ โดยไม่ต้องเติมสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล (Garcia-Redon et al., 1994) เนื่องจากในระหว่างผลิตภัณฑ์อยู่ภายใต้สภาวะสุญญากาศนั้นจะมีการดูดอากาศออกจากเซลล์ของผลิตภัณฑ์ทำให้ความเข้มข้นของออกซิเจนลดน้อยลง จึงทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันลดลง ผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ได้จึงมีคุณภาพของสีที่ดีใกล้เคียงกับธรรมชาติ (Chiralt et al., 1999)

2) ค่า a^* ของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์ที่ผ่านการแช่ในสารละลายและวิธีการแช่ที่แตกต่างกัน 6 ชุดการทดลอง และชุดควบคุมที่ไม่ผ่านการแช่สารละลาย พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเนื้อมะม่วงสุกชุดควบคุมและเนื้อมะม่วงสุกที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดการทดลองที่ 3 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีค่า a^* เท่ากับ $-2.85 + 0.00$ และ $-3.45 + 0.04$ ตามลำดับ แสดงว่ามีสีเขียวน้อยที่สุด รองลงมาคือเนื้อมะม่วงสุกที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดการทดลองที่ 6 พบว่าจะมีค่า a^* เท่ากับ $-4.90 + 0.38$ ส่วนเนื้อมะม่วงสุกที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดการทดลองที่ 1 ชุดการทดลองที่ 2 ชุดการทดลองที่ 4 และชุดการทดลองที่ 5 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีค่า a^* เท่ากับ $-4.04 + 1.08$, $-3.93 + 0.02$, $-4.08 + 0.73$ และ $-3.86 + 1.03$ ตามลำดับ โดยการเพิ่มขึ้นของค่า a^* แสดงให้เห็นถึงการเกิดสีน้ำตาลได้ (Sapers and Douglas, 1987) ซึ่งการแช่ในสภาวะสุญญากาศนั้นจะช่วยให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่มีสีลักษณะเนื้อสัมผัส และกลิ่นที่ใกล้เคียงกับผลสด ตลอดจนอายุการเก็บรักษา (Ponting, 1973 ; Heng et al., 1990) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานที่พบว่าอากาศที่ออกจากรูพรุนของผลไม้ระหว่างการแช่ในสภาวะสุญญากาศนั้น ช่วยลดความเข้มข้นของออกซิเจนในเนื้อเยื่อของตัวอย่าง อัตราการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันจึงลดลง ส่งผลให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีสีใกล้เคียงธรรมชาติ (Alzamora et al., 2000)

3) ค่า b^* ของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์ที่ผ่านการแช่ในสารละลายและวิธีการแช่ที่แตกต่างกัน 6 ชุดการทดลอง และชุดควบคุมที่ไม่ผ่านการแช่สารละลาย พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเนื้อมะม่วงสุกที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดการทดลองที่ 3 พบว่าจะมีค่า b^* มากที่สุดเท่ากับ $51.97 + 0.81$ แสดงว่ามีสีเหลืองมากที่สุด ส่วนเนื้อมะม่วงสุกชุดควบคุม และเนื้อมะม่วงสุกที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดการทดลองที่ 1 ชุดการทดลองที่ 2 ชุดการทดลองที่ 4 ชุดการทดลองที่ 5 และชุดการทดลองที่ 6 พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่า b^* เท่ากับ $45.13 + 0.67$, $47.32 + 0.83$, $48.04 + 0.93$, $42.99 + 0.66$, $46.57 + 0.17$ และ $45.53 + 0.59$ ตามลำดับ ซึ่งการแช่ในสภาวะสุญญากาศนั้นจะช่วยให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่มีสีลักษณะเนื้อสัมผัส และกลิ่นที่ใกล้เคียงกับผลสด ตลอดจนอายุการเก็บรักษา (Ponting, 1973 ; Heng et al., 1990) สอดคล้องกับการรายงานของ Leunda et al. (2000) และ Xie and Zhao (2003) ที่พบว่าการแช่กีวและแอปเปิ้ลตัดแต่งภายใต้สภาวะสุญญากาศนั้น ช่วยลดการเปลี่ยนแปลงของสี ส่งผลให้ผลไม้ตัดแต่งมีสีคล้ายกับผลไม้สดในระหว่างการเก็บในห้องเย็น

2.2 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางชีวเคมีของเนื้อมะม่วง วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส และเปอร์ออกซิเดส ของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์ ดังแสดงใน Table 4.12 – 4.13 และ Fig. 4.16 – 4.19

1) กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส เนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์ที่ผ่านการแช่ในสารละลายและวิธีการแช่ที่แตกต่างกัน 6 ชุดการทดลอง และชุดควบคุมที่ไม่ผ่านการแช่สารละลาย พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเนื้อมะม่วงสุกที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดการทดลองที่ 3 พบว่ามีกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสน้อยที่สุดเท่ากับ $12.54 + 0.82$ หน่วย/มิลลิกรัม/นาที และยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ได้มากที่สุดเท่ากับ $89.88 + 1.29$ เปอร์เซ็นต์ โดยอนุพันธ์ของเรโซซินอลซึ่งเป็นสารประกอบเมตา-ไดฟีนอล (m-diphenols) จะทำหน้าที่เป็นตัวยับยั้งแบบแข่งขัน (competition inhibitor) กับเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส เนื่องจากมีโครงสร้างคล้ายกับฟีนอลิกที่เป็นสารตั้งต้น จึงยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลในผักและผลไม้บางชนิดได้ (Monsalve-Gonzalez et al., 1995) ส่วนกรดแอสคอร์บิกนั้นสามารถรีดิวซ์สารควิโนนที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารโพลีฟีนอลด้วยการกระทำของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสให้กลับมาอยู่ในรูป

สารประกอบฟีนอลตามเดิมได้ก่อนที่สารควิโนจะทำปฏิกิริยาต่อไปจนกลายเป็นสารสีน้ำตาล (มณฑาทิพย์, 2539) รองลงมาคือเนื้อมะม่วงสุกที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดการทดลองที่ 6 ชุดการทดลองที่ 5 และชุดการทดลองที่ 4 พบว่ามีกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสเท่ากับ $19.58+3.58$, $24.61+1.32$ และ $29.22+1.20$ หน่วย/มิลลิลิตร/นาที่ และยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ได้เท่ากับ $84.32+1.92$, $80.15+2.28$ และ $76.44+2.41$ เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์ที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดการทดลองที่ 2 และชุดการทดลองที่ 1 พบว่ามีกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสเท่ากับ $31.40+1.37$ และ $39.51+4.26$ หน่วย/มิลลิลิตร/นาที่ และยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ได้เท่ากับ $74.68+2.65$ และ $68.07+5.39$ เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนเนื้อมะม่วงสุกชุดควบคุม พบว่ามีกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอล ออกซิเดสมากที่สุด เท่ากับ $124.38+5.91$ ซึ่งสอดคล้องกับการลอกกีวีหั่นชิ้น และนำมาแช่ในสารละลายซิงค์คลอไรด์ความเข้มข้น 375 ส่วนในล้านส่วน (ppm.) โดยแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศที่ความดัน 160 มิลลิเมตรปรอท นาน 10 นาที พบว่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาลลดลง เมื่อเทียบกับวิธีการแช่ในสภาวะปกติ โดย ผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีคุณภาพของสีที่ดีขึ้น และเก็บได้นาน 3 วัน ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงของสี และปริมาณคลอโรฟิลล์ (Leunda et al., 2000)

2) กิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส เนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์ที่ผ่านการแช่ในสารละลายและวิธีการแช่ที่แตกต่างกัน 6 ชุดการทดลอง และชุดควบคุมที่ไม่ผ่านการแช่สารละลาย พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเนื้อมะม่วงสุกที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดการทดลองที่ 3 และชุดการทดลองที่ 6 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเท่ากับ $28.68+4.58$ และ $44.77+9.21$ หน่วย/มิลลิลิตร/นาที่ และยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ได้เท่ากับ $93.62+1.17$ และ $90.01+2.24$ เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการแช่แอปเปิ้ลหั่นชิ้นในสารละลายแอสคอร์เบทความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ พบว่าสามารถเก็บได้นาน 15 วัน ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ในสภาวะที่มีปริมาณออกซิเจน 0.25 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล และไม่เกิดการเสื่อมเสีย (Gil et al., 1998) และมีการแช่เนื้อแคนตาลูปในสารละลายกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 1.25 และ 2.5 มิลลิโมลาร์ นาน 1 นาที พบว่าสามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสได้ 60 เปอร์เซ็นต์ ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 15 วัน และยิ่งเก็บไว้นานขึ้นกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสยิ่งลดน้อยลง (Lamikanra and Watson, 2001) รองลงมาคือเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์ที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดการทดลองที่ 5 และชุดการทดลองที่ 2 พบว่ามีกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเท่ากับ $109.16+7.52$ และ $160.20+2.09$ หน่วย/มิลลิลิตร/นาที่ และยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ได้เท่ากับ $75.75+2.26$ และ $64.43+1.33$ เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนเนื้อมะม่วงสุกที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดการทดลองที่ 4 และชุดการทดลองที่ 1 พบว่ามีกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเท่ากับ $216.28+25.40$ และ $266.20+6.17$ หน่วย/มิลลิลิตร/นาที่ และยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ได้เท่ากับ $52.06+4.48$ และ $40.89+2.80$ เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนเนื้อมะม่วงสุกชุดควบคุม พบว่ามีกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสมากที่สุด เท่ากับ $450.60+8.46$

Table 4.11 Changes in L*, a*, b* values of ripe-mango flesh in various dipping methods

ชุดการทดลอง	วิธีการแช่	ค่าสี			
			L*	a*	b*
ชุดควบคุม	ชิ้นมะม่วงที่ไม่ผ่านการแช่สารละลาย		57.28c + 0.23	-2.85a + 0.00	45.13d + 0.67
1	0.001M 4-hexylresorcinol, 0.05M potassium sorbate และ 0.5M D-isoascorbic acid	วิธีที่ 1	57.79bc + 0.19	-4.04bc + 1.08	47.32bc + 0.83
2	0.001M 4-hexylresorcinol, 0.05M potassium sorbate และ 0.5M D-isoascorbic acid	วิธีที่ 2	57.24c + 1.32	-3.93bc + 0.02	48.04b + 0.93
3	0.001M 4-hexylresorcinol, 0.05M potassium sorbate และ 0.5M D-isoascorbic acid	วิธีที่ 3	62.81a + 0.45	-3.45a + 0.04	51.97a + 0.81
4	10% L-ascorbic acid และ 2% potassium chloride	วิธีที่ 1	57.55c + 0.22	-4.08bc + 0.73	42.99e + 0.66
5	10% L-ascorbic acid และ 2% potassium chloride	วิธีที่ 2	56.45c + 0.45	-3.86bc + 1.03	46.57bcd + 0.17
6	10% L-ascorbic acid และ 2% potassium chloride	วิธีที่ 3	58.96b + 0.53	-4.90b + 0.38	45.53cd + 0.59

Data expressed as means $\pm$ S.D. of 3 replicates. Values followed by different upper case letters are significantly different (P< 0.05) within columns and rows, respectively.

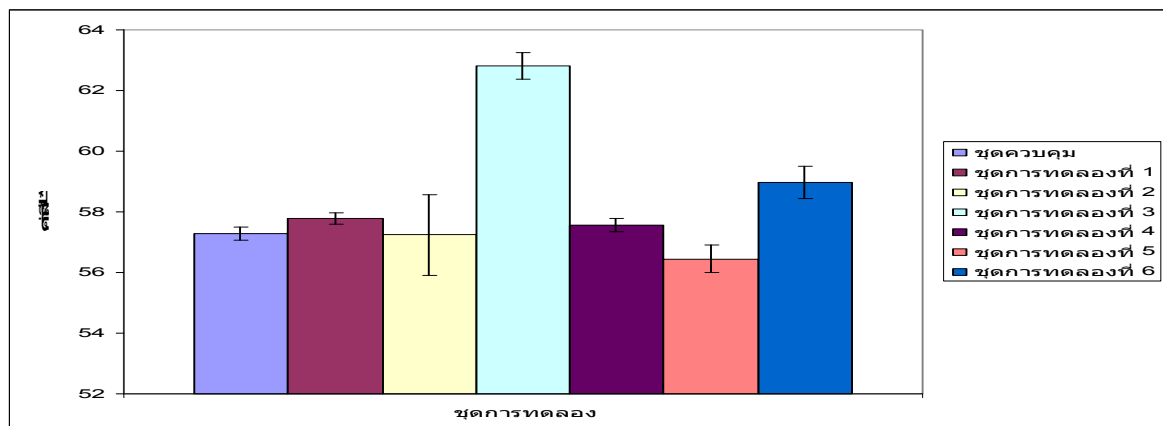


Figure 4.13: Changes in L* values of ripe- mango flesh in various dipping methods. Values represent mean $\pm$ S.D. of three replicates.

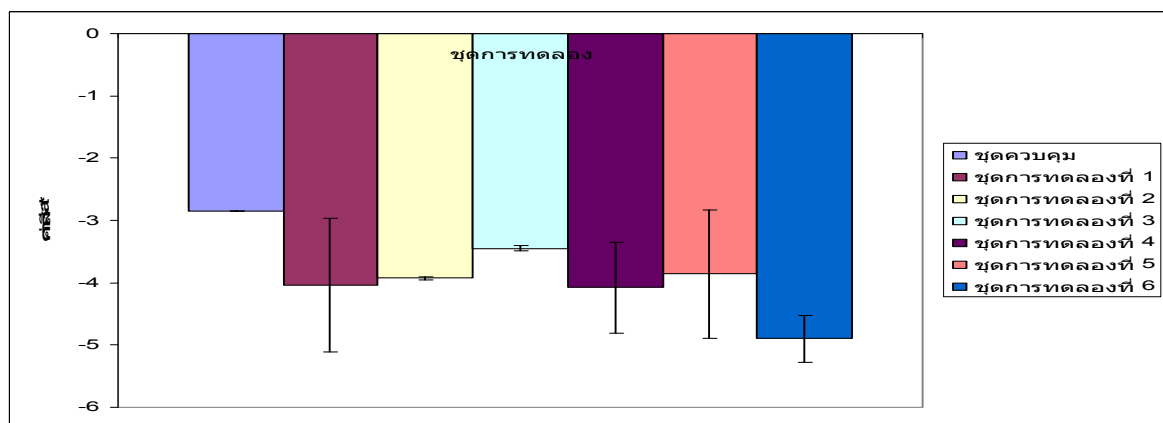


Figure 4.14: Changes in a* values of ripe- mango flesh in various dipping methods. Values represent mean $\pm$ S.D. of three replicates.

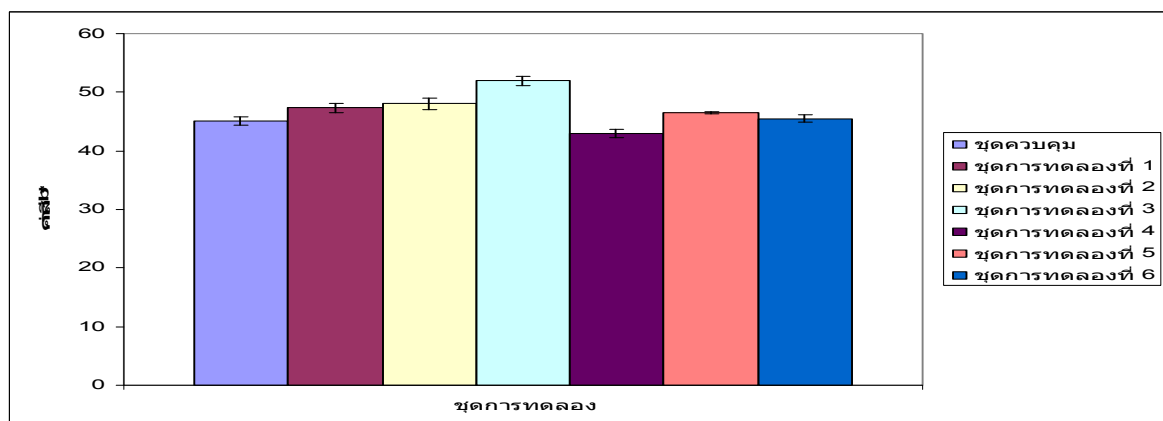


Figure 4.15: Changes in b* values of ripe- mango flesh in various dipping methods. Values represent mean $\pm$ S.D. of three replicates.

Table 4.12 Changes in polyphenol oxidase activity of ripe- mango flesh in various dipping methods.

ชุดการทดลอง	สภาวะการทดลอง	วิธีการแช่	กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (หน่วย/มิลลิลิตร/ นาที) ที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร	การยับยั้งเอนไซม์ (%)
ชุดควบคุม	ชิ้นมะม่วงที่ไม่ผ่านการแช่สารละลาย		124.38a + 5.91	0.00e
1	0.001M 4-hexylresorcinol, 0.05M potassium sorbate และ 0.5M D-isoascorbic acid	วิธีที่ 1	39.51b + 4.26	68.07d + 5.39
2	0.001M 4-hexylresorcinol, 0.05M potassium sorbate และ 0.5M D-isoascorbic acid	วิธีที่ 2	31.40bc + 1.37	74.68c + 2.65
3	0.001M 4-hexylresorcinol, 0.05M potassium sorbate และ 0.5M D-isoascorbic acid	วิธีที่ 3	12.54e + 0.82	89.88a + 1.29
4	10% L-ascorbic acid และ 2% potassium chloride	วิธีที่ 1	29.22bcd + 1.20	76.44c + 2.41
5	10% L-ascorbic acid และ 2% potassium chloride	วิธีที่ 2	24.61cd + 1.32	80.15bc + 2.28
6	10% L-ascorbic acid และ 2% potassium chloride	วิธีที่ 3	19.58de + 3.58	84.32b + 1.92

Data expressed as means $\pm$ S.D. of 3 replicates. Values followed by different upper case or lower case letters are significantly different (P< 0.05) within columns and rows, respectively.

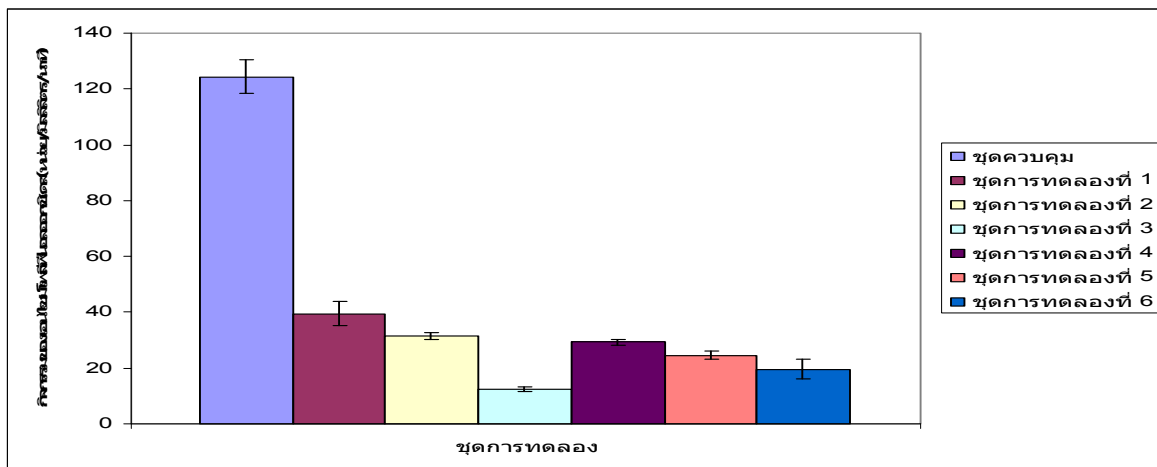


Figure 4.16: Changes in polyphenol oxidase activity of ripe- mango flesh in various dipping methods. Values represent mean $\pm$ S.D. of three replicates.

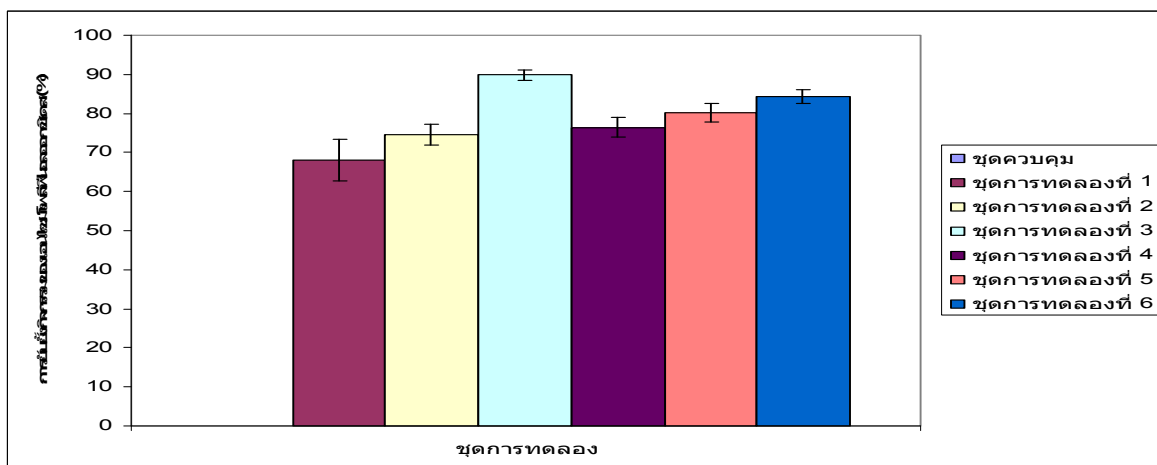


Figure 4.17: Changes in inhibition of polyphenol oxidase activity of ripe- mango flesh in various dipping methods. Values represent mean $\pm$ S.D. of three replicates.

2.2 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของเนื้อมะม่วง วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์ โดยเปรียบเทียบวิธีการแช่ ดังแสดงในTable 4.14 และ Fig. 4.18 – 4.19

1) ค่าพีเอช เนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์ที่ผ่านการแช่ในสารละลายและวิธีการแช่ที่แตกต่างกัน 6 ชุดการทดลองและชุดควบคุมที่ไม่ผ่านการแช่สารละลาย พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเนื้อมะม่วงสุกชุดควบคุม พบว่ามีค่าพีเอชมากที่สุด เท่ากับ 4.36 ± 0.02 ส่วนเนื้อมะม่วงสุกที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดการทดลองที่ 1 และชุดการทดลองที่ 4 พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าพีเอชเท่ากับ 4.00 ± 0.04 และ 3.81 ± 0.04 ตามลำดับ เนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์ที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดการทดลองที่ 2 ชุดการทดลองที่ 3 และชุดการทดลองที่ 5 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีค่าพีเอชเท่ากับ 3.70 ± 0.02 , 3.68 ± 0.01 และ 3.65 ± 0.02 ตามลำดับ ส่วนเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์ที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดการทดลองที่ 6 พบว่ามีค่าพีเอชน้อยที่สุด เท่ากับ 3.52 ± 0.05

2) ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ เนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์ที่ผ่านการแช่ในสารละลาย และวิธีการแช่ที่แตกต่างกัน 6 ชุดการทดลองและชุดควบคุมที่ไม่ผ่านการแช่สารละลาย พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์ที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดการทดลองที่ 2 ที่ 4 ที่ 5 และที่ 6 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 19.30 ± 0.14 , 19.30 ± 0.71 , 19.20 ± 0.28 และ 19.10 ± 0.14 ตามลำดับ ส่วนเนื้อมะม่วงสุกชุดควบคุม และเนื้อมะม่วงสุกที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดการทดลองที่ 1 และชุดการทดลองที่ 3 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 18.15 ± 0.05 , 17.90 ± 0.14 และ 18.10 ± 0.14 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการแช่ผลิตภัณฑ์ในสภาวะสุญญากาศในการทำแห้งด้วยวิธีออสโมติก พบว่าสามารถช่วยลดระยะเวลาและพลังงานในขั้นตอนการแปรรูปได้ ซึ่งเป็นวิธีการประยุกต์ใช้แรงขับเคลื่อนในการแพร่กระจายของน้ำจากเนื้อเยื่อไปสู่ที่มีแรงดันออสโมซิสที่สูงกว่าของสารละลาย Hypertonic solution ในสภาวะที่เป็นสุญญากาศ เมื่ออากาศถูกดูดออกมาจากโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ทำให้ปริมาณของก๊าซที่อยู่ในผลิตภัณฑ์ลดน้อยลง และเมื่อความดันกลับเข้าสู่สภาวะปกติ สารละลายออสโมติกก็จะซึมเข้าไปในช่องว่างด้วยแรงดัน (Hydrodynamic mechanism) ทำให้มีการเคลื่อนย้ายมวลสารต่อพื้นที่เพิ่มมากขึ้น จึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณของแข็งเพิ่มมากขึ้น (Fito and Chiralt, 1994) เช่นเดียวกับการแช่ผลิตภัณฑ์ลงในสารละลายกรดแอสคอร์บิกในสภาวะที่เป็นสุญญากาศ พบว่าจะมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากการซึมผ่านของสารละลายเข้าไปในช่องว่างในผลิตภัณฑ์มากขึ้น (Guadagni, 1949) สอดคล้องกับการแช่แอปเปิ้ลหั่นชิ้นในสารละลายออสโมติกโดยใช้ระยะเวลาสั้นๆ ในสภาวะสุญญากาศ 10 นาที ร่วมกับสภาวะปกติ 10 นาที พบว่าแอปเปิ้ลหั่นชิ้นมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มสูงขึ้นมากกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ อาจเป็นเพราะการแช่ในสภาวะสุญญากาศทำให้เกิดแรงดันออสโมติกเพิ่มสูงขึ้น ทำให้เกิดการถ่ายเทมวลเข้าไปในช่องว่างระหว่างเซลล์เพิ่มมากขึ้น (Mujica-Paz et al., 2003)

ในการคัดเลือกวิธีการแช่ที่เหมาะสมสำหรับมะม่วง พบว่าชุดการทดลองที่ 3 คือสารละลายผสมระหว่าง 4-เฮกซิลเรโซซินอล ความเข้มข้น 0.001 โมลาร์ โพแทสเซียมซอร์เบต ความเข้มข้น 0.05 โมลาร์ และไอโซแอสคอร์บิก ความเข้มข้น 0.5 โมลาร์ แช่ในสภาวะสุญญากาศ 20 นาที ร่วมกับสภาวะปกติ 2 นาที มีค่าสี L^* และ b^* มากที่สุด และมีค่า a^* ลดลงเมื่อเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่ผ่านการแช่สารละลาย แสดงว่าเนื้อมะม่วงมีสีจางมากที่สุด และมีสีเหลืองมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับการลดลงของค่าสี L^* และการเพิ่มขึ้นของค่าสี a^* แสดงให้เห็นถึงการเกิดสีน้ำตาลได้ (Sapers and Douglas, 1987) และเมื่อคำนวณหากิจกรรมของเอนไซม์และกิจกรรมของเอนไซม์ที่สามารถยับยั้งได้พบว่ามีค่ากิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสและเปอร์ออกซิเดสน้อยที่สุด และสามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสและเปอร์ออกซิเดสได้มากที่สุดเช่นกัน จึงเป็นสูตรที่เหมาะสมในการนำไปศึกษาในตอนต่อไป

Table 4.13 Changes in peroxidase activity of ripe- mango flesh in various dipping methods.

ชุดการทดลอง	สภาวะการทดลอง	วิธีการแช่	กิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (หน่วยมิลลิลิตร/นาฬิกา) ที่ความยาวคลื่น 470 นาโนเมตร	การยับยั้งเอนไซม์ (%)
ชุดควบคุม	ชิ้นมะม่วงที่ไม่ผ่านการแช่สารละลาย		450.60a + 8.46	0.00f
1	0.001M 4-hexylresorcinol, 0.05M potassium sorbate และ 0.5M D-isoascorbic acid	วิธีที่ 1	266.20b + 6.17	40.89e + 2.80
2	0.001M 4-hexylresorcinol, 0.05M potassium sorbate และ 0.5M D-isoascorbic acid	วิธีที่ 2	160.20d + 2.09	64.43c + 1.33
3	0.001M 4-hexylresorcinol, 0.05M potassium sorbate และ 0.5M D-isoascorbic acid	วิธีที่ 3	28.68f + 4.58	93.62a + 1.17
4	10% L-ascorbic acid และ 2% potassium chloride	วิธีที่ 1	216.28c + 25.40	52.06d + 4.48
5	10% L-ascorbic acid และ 2% potassium chloride	วิธีที่ 2	109.16e + 7.52	75.75b + 2.26
6	10% L-ascorbic acid และ 2% potassium chloride	วิธีที่ 3	44.77f + 9.21	90.01a + 2.24

Data expressed as means $\pm$ S.D. of 3 replicates. Values followed by different upper case letters are significantly different ($P < 0.05$) within columns and rows, respectively.

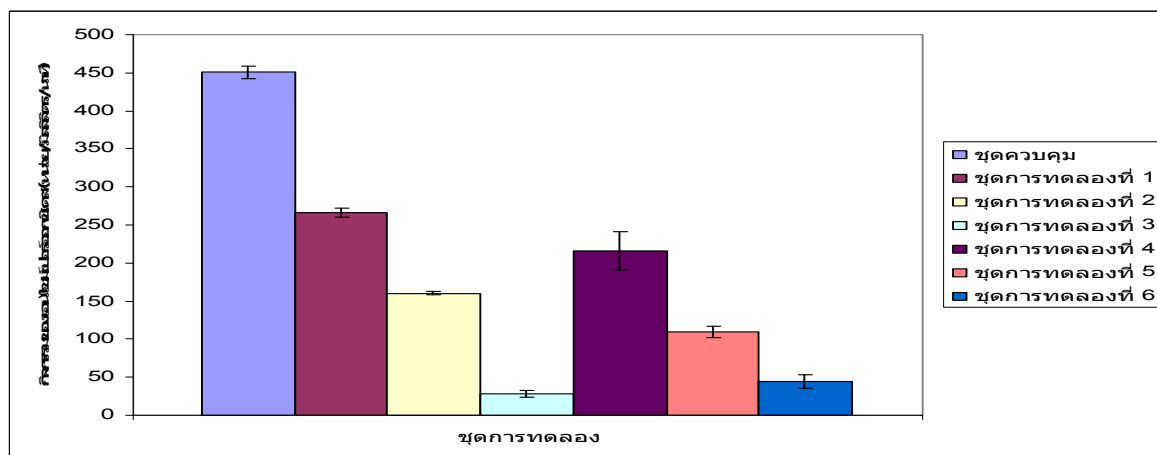


Figure 4.18: Changes in peroxidase activity of ripe-mango flesh in various dipping methods. Values represent mean $\pm$ S.D. of three replicates.

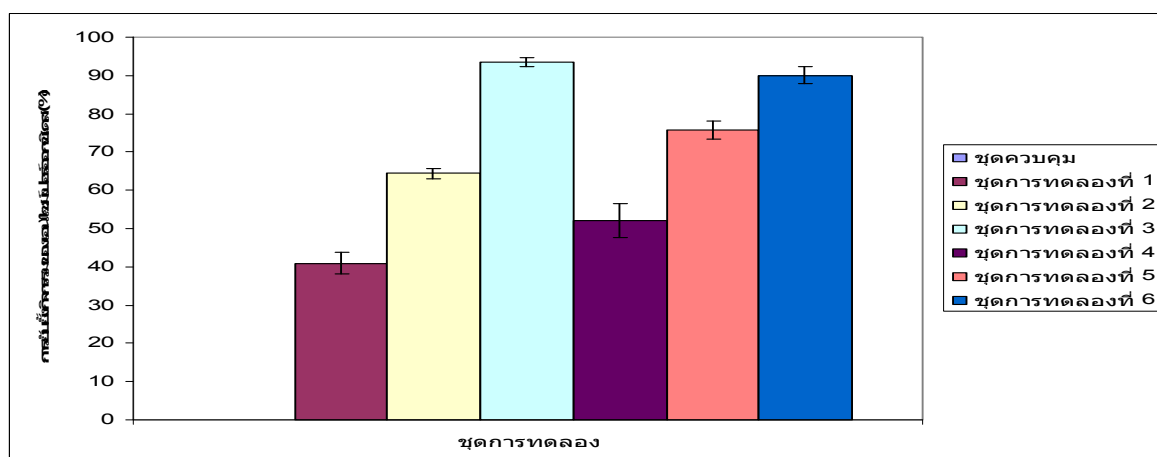


Figure 4.19: Changes in inhibition of polyphenol oxidase activity of ripe-mango flesh in various dipping methods. Values represent mean $\pm$ S.D. of three replicates.

Table 4.14 Changes in pH and total soluble solid of ripe- mango flesh in various dipping methods .

ชุดการทดลอง	สภาวะการทดลอง	วิธีการแช่	ค่าพีเอช	ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้
ชุดควบคุม	ชิ้นมะม่วงที่ไม่ผ่านการแช่สารละลาย		4.36a + 0.02	18.15b + 0.05
1	0.001M 4-hexylresorcinol, 0.05M potassium sorbate และ 0.5M D-isoascorbic acid	วิธีที่ 1	4.00b + 0.04	17.90b + 0.14
2	0.001M 4-hexylresorcinol, 0.05M potassium sorbate และ 0.5M D-isoascorbic acid	วิธีที่ 2	3.70d + 0.02	19.30a + 0.14
3	0.001M 4-hexylresorcinol, 0.05M potassium sorbate และ 0.5M D-isoascorbic acid	วิธีที่ 3	3.68d + 0.01	18.10b + 0.14
4	10% L-ascorbic acid และ 2% potassium chloride	วิธีที่ 1	3.81c + 0.04	19.30a + 0.71
5	10% L-ascorbic acid และ 2% potassium chloride	วิธีที่ 2	3.65d + 0.02	19.20a + 0.28
6	10% L-ascorbic acid และ 2% potassium chloride	วิธีที่ 3	3.52e + 0.05	19.10a + 0.14

Data expressed as means $\pm$ S.D. of 3 replicates. Values followed by different upper case or lower case letters are significantly different ($P < 0.05$) within columns and rows, respectively.

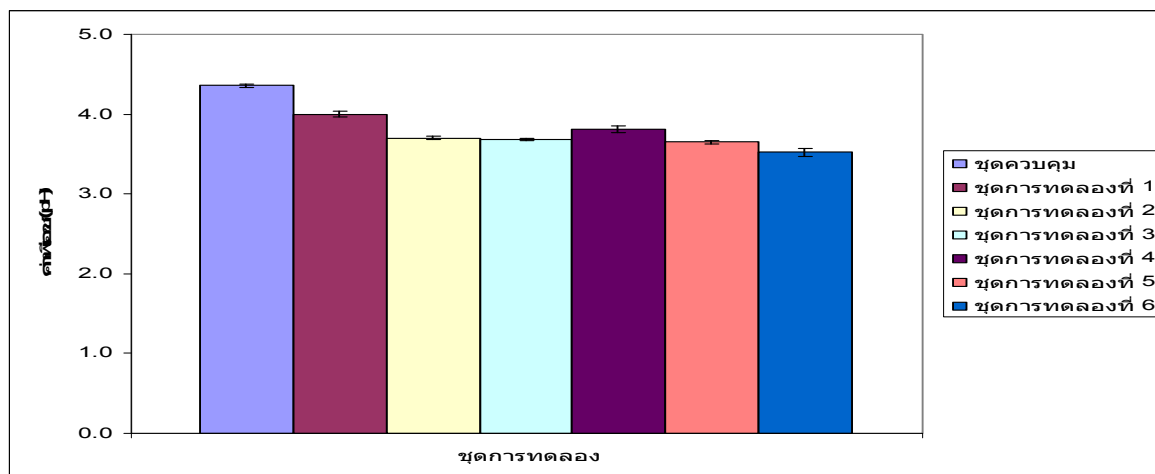


Figure 4.20: Changes in pH of ripe- mango flesh in various dipping methods. Values represent mean $\pm$ S.D. of three replicates.

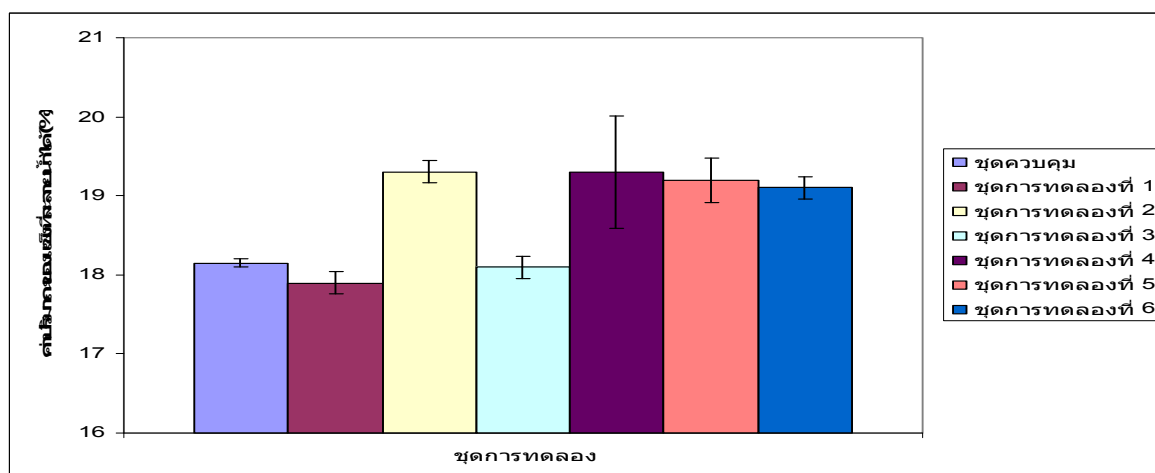


Figure 4.21: Changes in total soluble solid of ripe- mango flesh in various dipping methods . Values represent mean $\pm$ S.D. of three replicates.

ลันจี

2.1 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของเนื้อลันจี วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพของเนื้อลันจีพันธุ์ฮวงฮวยโดยเปรียบเทียบวิธีการแช่ระหว่างการแช่ในสภาวะปกติเพียงอย่างเดียว และการใช้วิธีร่วมกันระหว่างการแช่ในสภาวะปกติร่วมกับการแช่ในสภาวะสุญญากาศ และรายงานผลเป็นค่า L^* , a^* และ b^* ดังแสดงใน Table 4.15 และ Fig. 4.22 – 4.24

1) ค่า L^* พบว่าชุดควบคุมและวิธีที่2 ที่ใช้ Maltodextrin 10% และ Citric acid 0.2% มีค่า L^* อ่อนที่สุดตามลำดับซึ่งแตกต่างจากวิธีที่3 ที่ใช้ Carageenan 0.5% และ Citric acid 0.5% มีค่า L^* เข้มที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ95

2) ค่า a^* พบว่าตัวอย่างที่ทำการทดลองทุกสภาวะมีค่าเป็นบวก ยกเว้นชุดควบคุม ถ้าค่า a^* เป็นบวก หมายถึง ตัวอย่างจะเป็นสีแดง a^* เป็นลบ หมายถึง ตัวอย่างเป็นสีเขียว ซึ่งวิธีที่1 และวิธีที่3 ที่ใช้

Carageenan 0.5% และ Citric acid 0.5% และวิธีที่3 ที่ใช้ Maltodextrin 10% และ Citric acid 0.2% แตกต่างกับวิธีที่2 ที่ใช้ Maltodextrin 10% และ Citric acid 0.2% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ95

3) ค่า b^* เป็นค่าแสดงถึงสีเหลืองและสีน้ำเงิน ถ้าค่า b^* เป็นบวก หมายถึง ตัวอย่างเป็นสีเหลือง ส่วนค่า b^* เป็นลบ หมายถึง ตัวอย่างเป็นสีน้ำเงิน พบว่าตัวอย่างที่ทำการทดลองทุกสภาวะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

2.2 ผลวิเคราะห์สมบัติทางเคมี ค่า pH พบว่าตัวอย่างที่ทำการทดลองทุกสภาวะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ค่าของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด(TSS) พบว่าวิธีที่1 ที่ใช้ Maltodextrin 10% และ Citric acid 0.2% มีค่า TSS สูงที่สุดซึ่งแตกต่างกับวิธีที่1 ที่ใช้ Carageenan 0.5% และ Citric acid 0.5% ที่มีค่า TSS ต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

2.3 ผลวิเคราะห์สมบัติทางชีวเคมี เนื้อลึ้นจีพัณฐ์ฮวยที่ผ่านการแช่ในสารละลายและวิธีการแช่ที่แตกต่างกัน 6 ชุดการทดลองนำมาวัดกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส พบว่าชุดควบคุมมีค่ากิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส สูงที่สุดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 กับวิธีที่3 ที่ใช้ Maltodextrin 10% และ Citric acid 0.2% และวิธีที่1 ที่ใช้ Carageenan 0.5% และ Citric acid 0.5% มีค่ากิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส สูงตามลำดับและไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ซึ่งแตกต่างกับวิธีที่3 ที่ใช้ Carageenan 0.5% และ Citric acid 0.5% ซึ่งมีค่ากิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสต่ำสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ค่าการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสในเนื้อลึ้นจีพัณฐ์ฮวยระหว่างวิธีการแช่ที่แตกต่างกันในสารละลายแต่ละชุดการทดลอง พบว่า วิธีที่3 ที่ใช้ Carageenan 0.5% และ Citric acid 0.5% ซึ่งมีค่าการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 คือร้อยละ85.64 และวิธีที่3 ที่ใช้ Maltodextrin 10% และ Citric acid 0.2% มีค่าการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสต่ำสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 คือร้อยละ30.98 แสดงว่าวิธีที่ 3 ที่ใช้ Carageenan 0.5% และ Citric acid 0.5% สามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส ได้ดีที่สุด

Table 4.15: Changes in pH and total soluble solid of lychee flesh in various dipping methods.

ชุดการทดลอง	สภาวะการทดลอง	วิธีการแช่	pH	TSS
1	Carageenan 0.5%	วิธีที่ 1	4.21±0.00NS	18.70±0.28c
2	Citric acid 0.5%	วิธีที่ 2	4.13±0.12NS	20.00±0.14ab
3	แช่ 10 นาที อัตราส่วน ผลไม้:สารละลาย 1:1	วิธีที่ 3	4.15±0.08NS	20.00±0.50ab
4	Maltodextrin 10%	วิธีที่ 1	4.21±0.04NS	20.30±0.85a
5	Citric acid 0.2%	วิธีที่ 2	4.22±0.00NS	19.45±0.07abc
6	แช่ 10 นาที อัตราส่วน ผลไม้:สารละลาย 1:1	วิธีที่ 3	4.06±0.06NS	18.95±0.07bc

Data expressed as means ±S.D. of 3 replicates. Values followed by different upper case or lower case letters are significantly different (P< 0.05) within columns and rows, respectively.

Table 4.16: Changes in polyphenol oxidase activity of lychee flesh in various dipping methods

ชุดการทดลอง	สภาวะการทดลอง	วิธีการแช่	กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (หน่วยมิลลิโมล/นาฬิกา) ที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร	การยับยั้งเอนไซม์ (%)
ชุดควบคุม	เนื้อลิ้นจี่ที่ไม่ผ่านการแช่สารละลาย		37.75±2.18a	-
1	Carageenan 0.5%	วิธีที่ 1	21.93±8.00abc	47.22±20.30bc
2	Citric acid 0.5%	วิธีที่ 2	13.93±4.00bcd	77.67±3.26ab
3	แช่ 10 นาที	วิธีที่ 3	5.36±0.45d	85.64±0.67a
4	Maltodextrin 10%	วิธีที่ 1	23.46±6.53abc	81.17±1.64abc
5	Citric acid 0.2%	วิธีที่ 2	7.60±10.70cd	57.51±27.86ab
6	แช่ 10 นาที	วิธีที่ 3	24.07±6.60ab	30.98±2.14c

Data expressed as means ±S.D. of 3 replicates. Values followed by different upper case or lower case letters are significantly different (P< 0.05) within columns and rows, respectively.

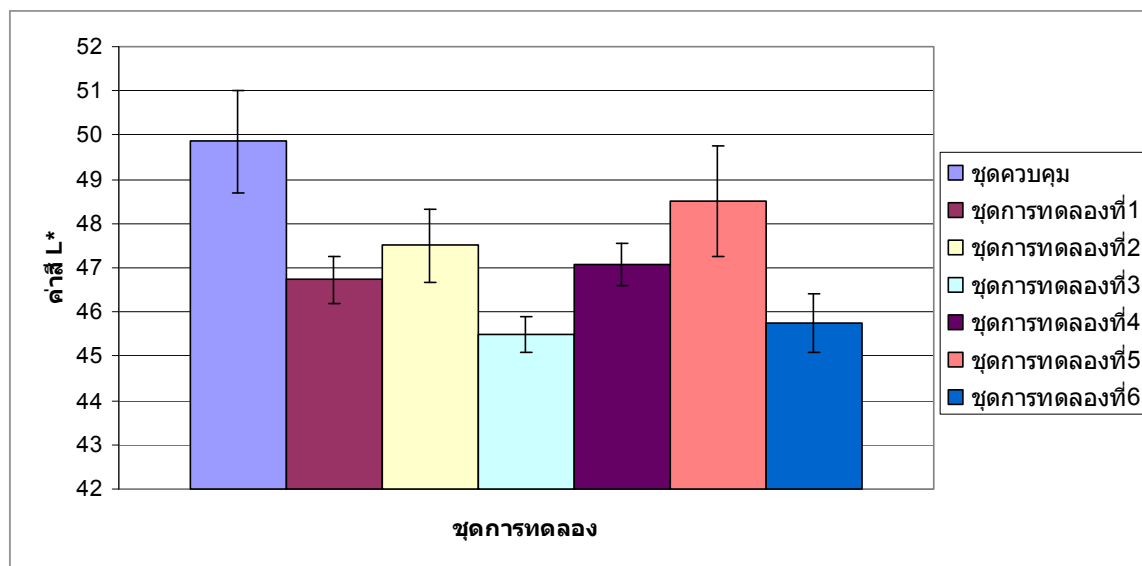


Figure 4.22: Changes in L* values of lychee flesh in various dipping methods. Values represent mean $\pm$ S.D. of three replicates.

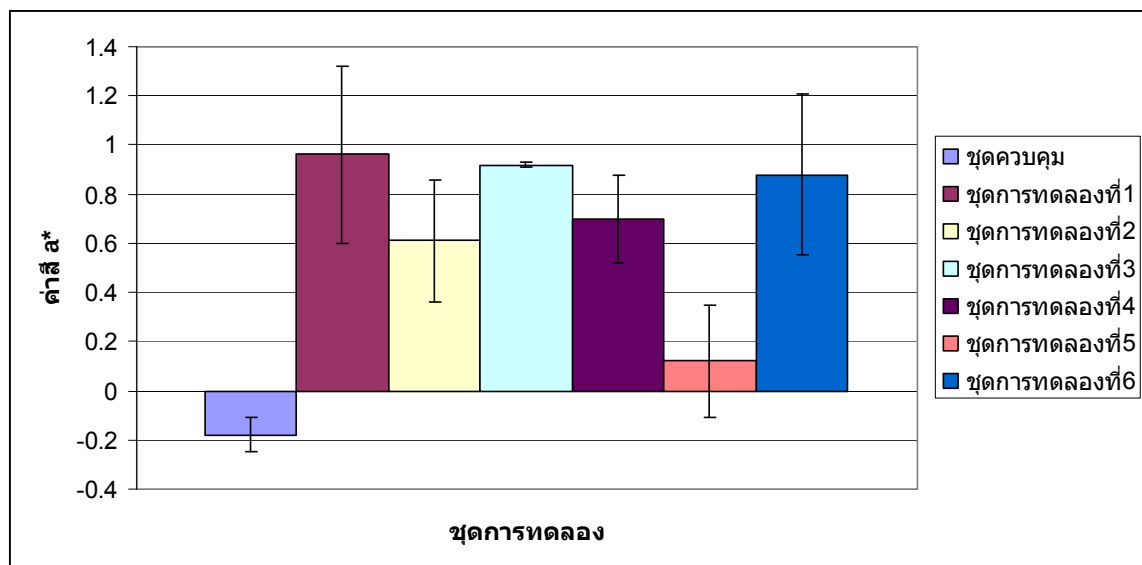


Figure 4.23: Changes in a* values of lychee flesh in various dipping methods. Values represent mean $\pm$ S.D. of three replicates.

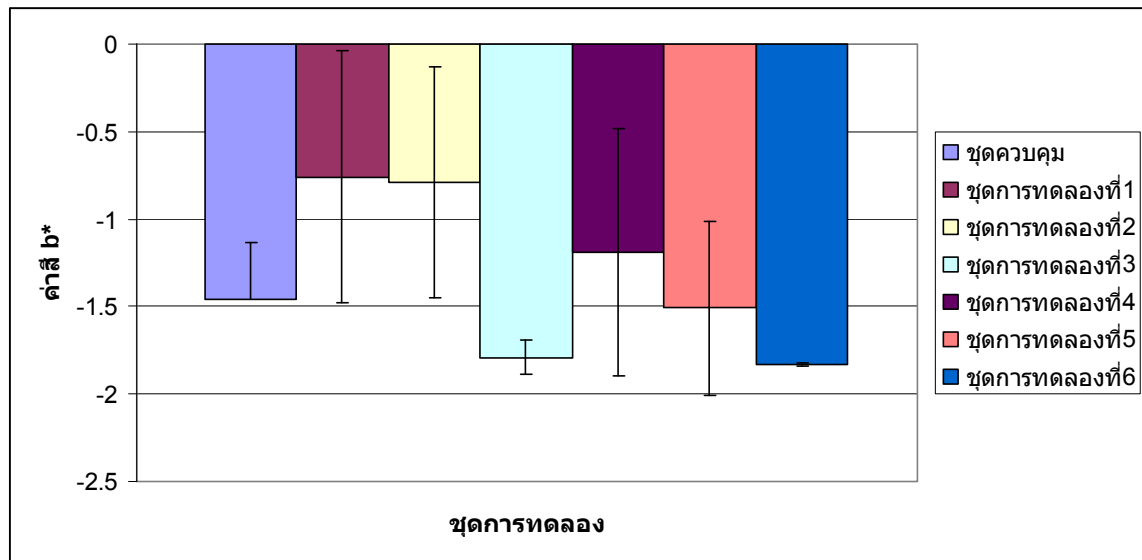


Figure 4.24: Changes in b^* values of lychee flesh in various dipping methods. Values represent mean $\pm$ S.D. of three replicates.

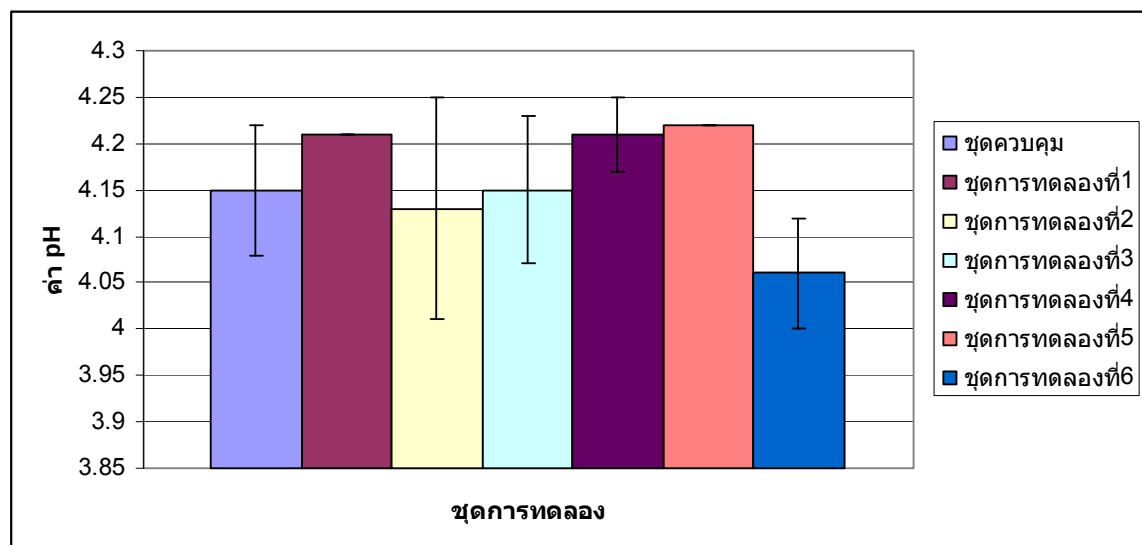


Figure 4.25: Changes in pH of lychee flesh in various dipping methods. Values represent mean $\pm$ S.D. of three replicates.

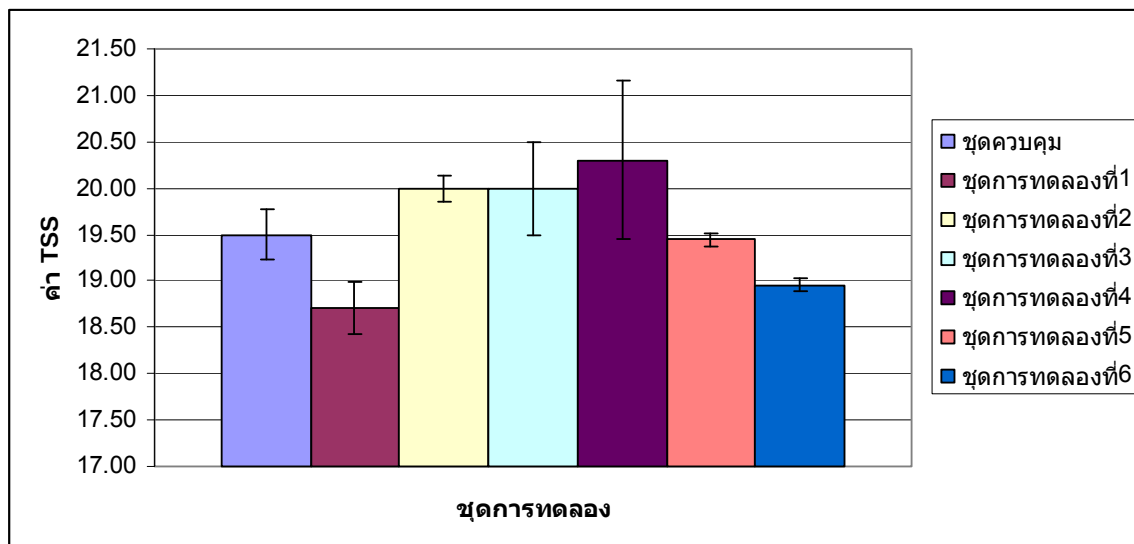


Figure 4.26: Changes in total soluble solid of lychee flesh in various dipping methods. Values represent mean $\pm$ S.D. of three replicates.

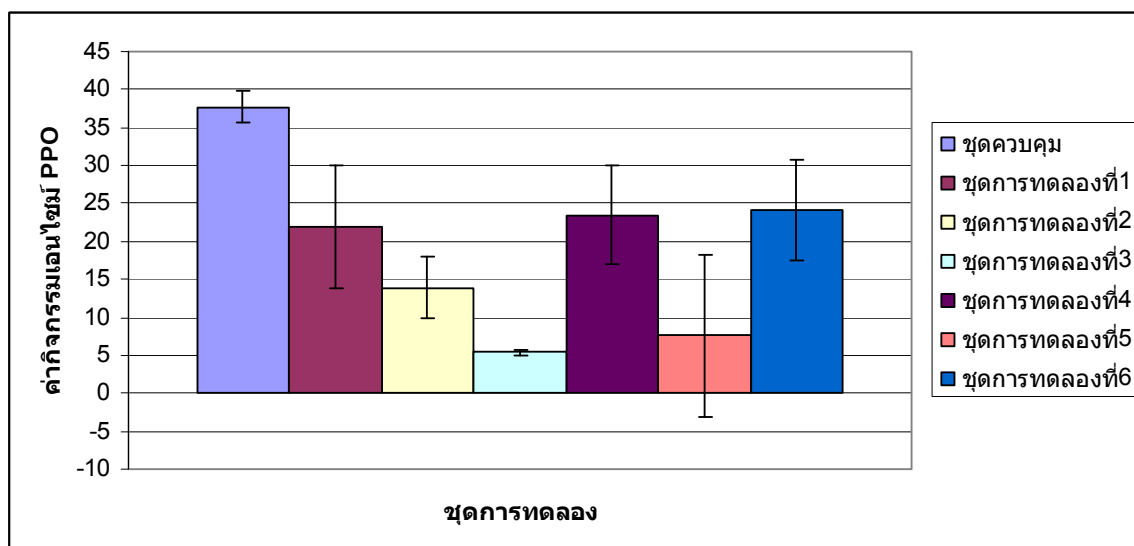


Figure 4.27: Changes in polyphenol oxidase activity of lychee flesh in various dipping methods. Values represent mean $\pm$ S.D. of three replicates.

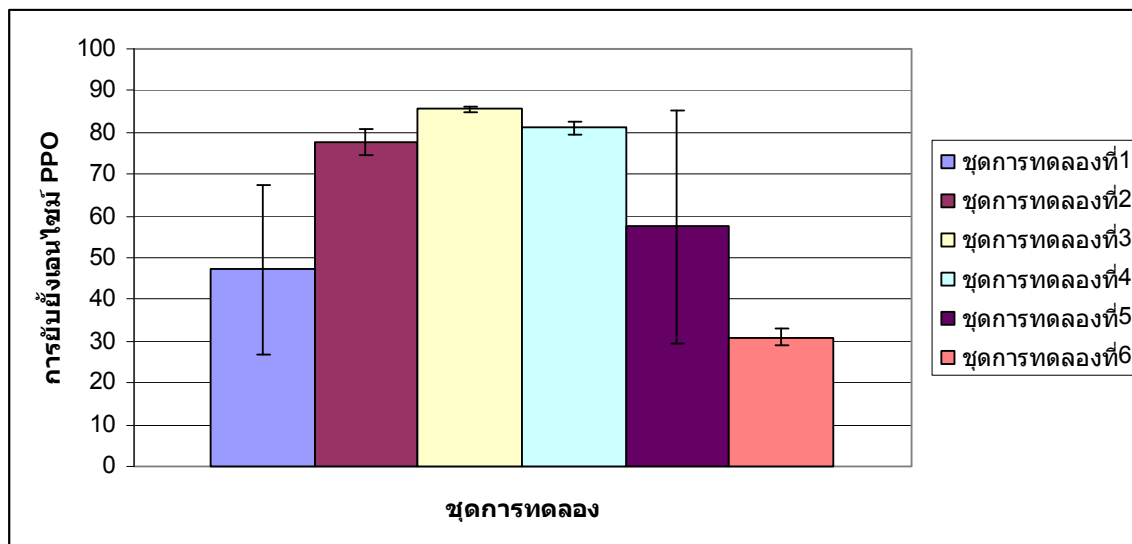


Figure 4.28: Changes in inhibition of polyphenol oxidase activity of lychee flesh in various dipping methods . Values represent mean± S.D. of three replicates.

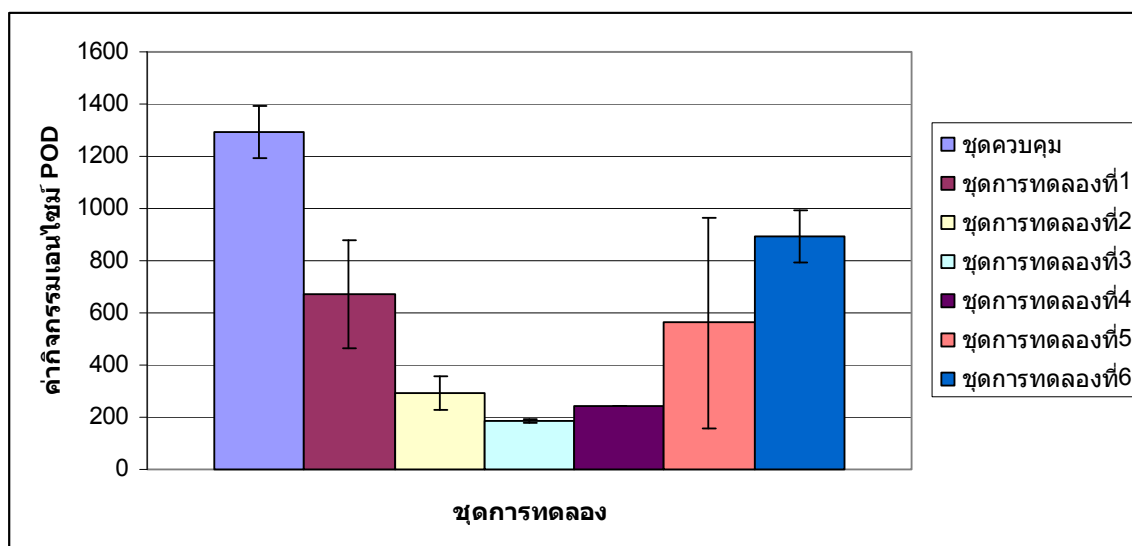


Figure 4.29: Changes in peroxidase activity of lychee flesh in various dipping methods . Values represent mean± S.D. of three replicates.

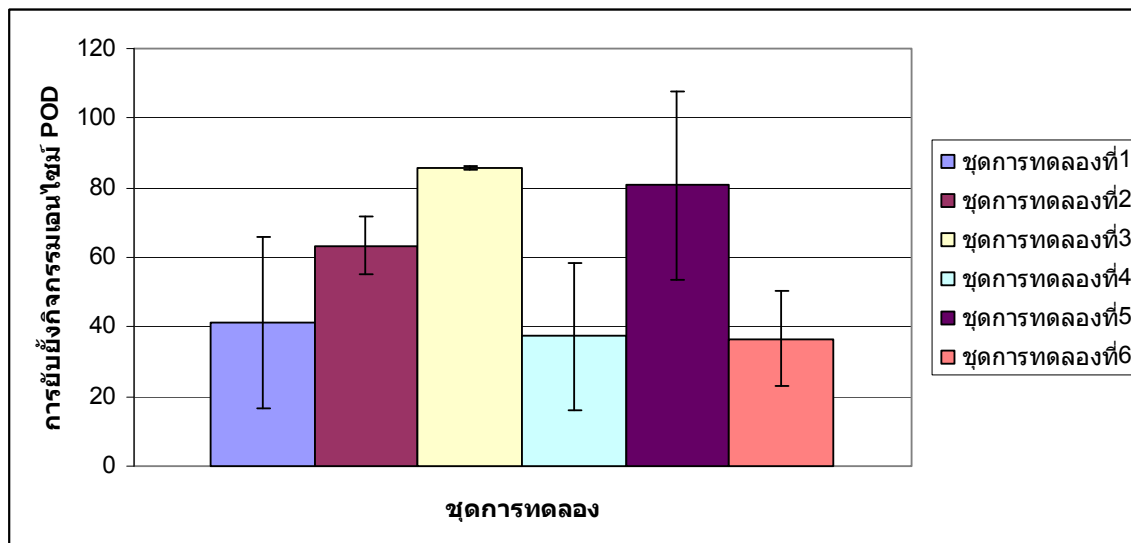


Figure 4.30: Changes in inhibition of peroxidase activity of lychee flesh in various dipping methods . Values represent mean± S.D. of three replicates.

เนื้อลิ้นจี่พันธุ์สงขลาที่ผ่านการแช่ในสารละลายและวิธีการแช่ที่แตกต่างกัน 6 ชุดการทดลอง จากการวัดกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส พบว่าพบว่าชุดควบคุมมีค่ากิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสสูงที่สุด รองลงมาคือวิธีที่3 ที่ใช้ Maltodextrin 10% และ Citric acid 0.2% มีค่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ซึ่งแตกต่างกับวิธีที่3 ที่ใช้ Carageenan 0.5% และ Citric acid 0.5 มีค่ากิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสสูงที่สุด ซึ่งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ค่าการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในเนื้อลิ้นจี่พันธุ์สงขลาระหว่างวิธีการแช่ที่แตกต่างกันในสารละลายแต่ละชุดการทดลอง พบว่าวิธีที่3 ที่ใช้ Carageenan 0.5% และ Citric acid 0.5% ซึ่งมีค่าการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 คือ ร้อยละ 85.81 64 และวิธีที่1 และวิธีที่3 ที่ใช้ Maltodextrin 10% และ Citric acid 0.2% มีค่าการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสต่ำสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 คือ ร้อยละ 37.24 และ ร้อยละ 36.64 ตามลำดับ แสดงว่าวิธีที่3 ที่ใช้ Carageenan 0.5% และ Citric acid 0.5% สามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส ได้ดีที่สุดและวิธีที่ 3 คือแช่ในสภาวะสุญญากาศ 20 นาที สามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสและเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส ได้ดีที่สุดดังนั้น จึงเลือก Carageenan 0.5% และ Citric acid 0.5% วิธีที่ 3 คือแช่ในสภาวะสุญญากาศ 20 นาที ไปทำการทดลอง ในตอนที่4 เพื่อใช้ในเก็บรักษาเปรียบเทียบกับชุดที่แช่สารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ต่อไป

Table 4.17 Changes in peroxidase activity of lychee flesh in various dipping methods.

ชุดการทดลอง	สภาวะการทดลอง	วิธีการแช่	กิจกรรมของเอนไซม์เปอรอกซิเดส (หน่วยมิลลิลิตร/นาฬิกา) ที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร	การยับยั้งเอนไซม์ (%)
ชุดควบคุม	เนื้อลิ้นจี่ที่ไม่ผ่านการแช่สารละลาย		1291.85±100.06a	
1	Carageenan 0.5%	วิธีที่ 1	671.56±209.40bc	41.20±24.59ab
2	Citric acid 0.5%	วิธีที่ 2	290.04±64.43cd	63.35±8.34ab
3	แช่ 10 นาที	วิธีที่ 3	185.14±5.70d	85.81±0.38a
4	Maltodextrin 10%	วิธีที่ 1	242.32±2.33cd	37.24±20.93b
5	Citric acid 0.2%	วิธีที่ 2	562.80±402.43bcd	80.67±27.23ab
6	แช่ 10 นาที	วิธีที่ 3	892.66±96.71ab	36.64±13.74b

Data expressed as means ±S.D. of 3 replicates. Values followed by different upper case or lower case letters are significantly different (P< 0.05) within columns and rows, respectively.

3. ศึกษาสภาวะการอบแห้งที่เหมาะสมของเนื้อมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์และเนื้อลิ้นจี่พันธุ์ฮวงฮวยโดยใช้ตู้อบลมร้อน

นำเนื้อมะม่วงหั่นชิ้นที่มีความหนา 1.5 ± 0.1 เซนติเมตร (ความชื้นเริ่มต้น 84.68 ± 0.67) และเนื้อลิ้นจี่ทั้งผลที่ผ่านกระบวนการแช่ในสารต้านการเกิดสีน้ำตาลชุดควบคุม คือแช่ในสารละลายโซเดียมไฮโดรเจน ซัลไฟด์ ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ (Chen et al., 2007) ในสภาวะสุญญากาศ 20 นาที่ ร่วมกับสภาวะปกติ 2 นาที่ มาทำแห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อนเพื่อหาเวลาการอบแห้งที่เหมาะสม โดยเริ่มต้นอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง หลังจากนั้นลดอุณหภูมิในการอบเป็น 60 องศาเซลเซียส จนถึงสิ้นสุดการทดลอง ซึ่งน้ำหนักของเนื้อมะม่วงในระหว่างการอบแห้งจนกระทั่งน้ำหนักคงที่ หรือมีปริมาณความชื้นเหลืออยู่น้อย กว่าร้อยละ 18 ซึ่งเป็นปริมาณความชื้นสูงสุดของผลไม้แห้งตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ อุตสาหกรรม (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2532) นำข้อมูลที่ได้มาหาปริมาณความชื้น ค่ากิจกรรมของน้ำ (aw) ค่าแรงเฉือน (Shear force) และค่าสี L^* , a^* และ b^* และสร้างกราฟการอบแห้งจะได้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นกับเวลาอบแห้ง (นาที่) ดัง Fig. 4.32

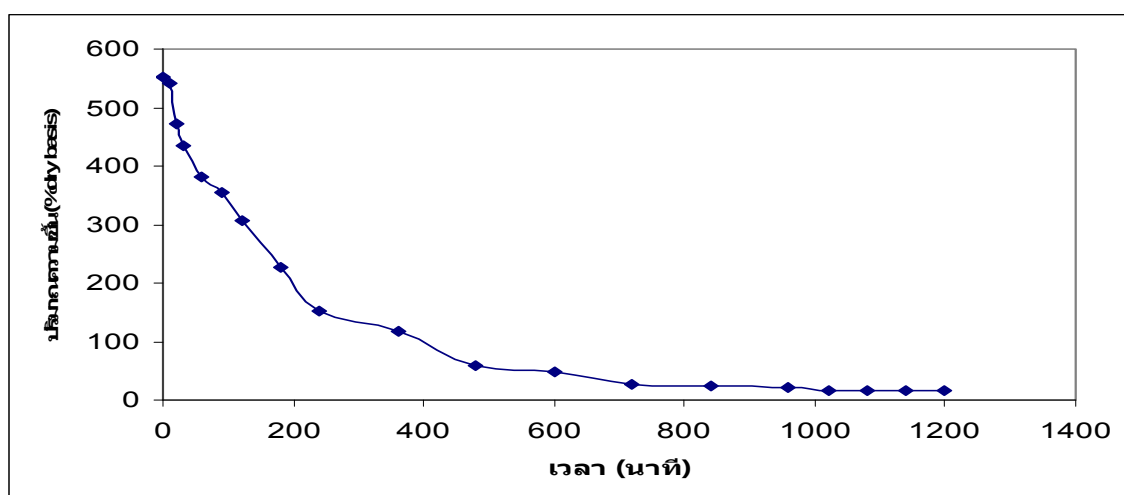


Figure 4.31: Mango drying curve.

จากกราฟการอบแห้งดัง Fig. 4.32 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นและเวลาในการอบแห้งเนื้อมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาด จะเห็นได้ว่าในช่วงแรกของการอบแห้งจะใช้อุณหภูมิในการเริ่มต้นสูงกว่า น้ำจึงระเหยออกมาได้มากกว่าทำให้ปริมาณความชื้นลดลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากอัตราการเคลื่อนที่ของน้ำจากภายในมาที่ผิวหน้าของอาหารมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับอัตราการเคลื่อนที่ของน้ำจากผิวหน้าอาหาร จนกระทั่งเมื่อเวลาผ่านไป 8 ชั่วโมง หรือ 480 นาที ปริมาณความชื้นจะค่อยๆ ลดลงอย่างช้าๆ จนกระทั่งคงที่ หลังจากการอบแห้งเป็นเวลา 17 ชั่วโมง หรือ 1,020 นาที พบว่าปริมาณความชื้นสุดท้ายในผลิตภัณฑ์มะม่วงอบแห้งมีค่าเท่ากับ $17.07 \pm 0.18\%$ db มีค่ากิจกรรมของน้ำเท่ากับ 0.590 มีค่าแรงเฉือนเท่ากับ 72.07 ± 2.32 นิวตัน และมีค่าสี L^* , a^* และ b^* เท่ากับ 54.30 ± 2.77 , 3.84 ± 0.42 และ 43.08 ± 1.38 ตามลำดับ ดัง Table 4.18 สอดคล้องกับรายงานของเทิดพงษ์ (2546) พบว่าเวลาที่เหมาะสมในการอบแห้งมะม่วงคือ 60 องศา

เซลเซียส ซึ่งจะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพทั้งด้านสี และปริมาณวิตามินซี และรายงานของ Lewicki and Jakubczyk (2004) พบว่าขึ้นแอปเปิ้ลที่ผ่านการอบแห้งด้วยเครื่องอบลมร้อนที่อุณหภูมิในช่วง 50-80 องศาเซลเซียส ซึ่งทำให้ปริมาณความชื้นและค่ากิจกรรมของน้ำลดลง จึงส่งผลต่อค่าแรงกด (compression) ที่เพิ่มสูงขึ้น และในการอบถั่วเขียวของ Doymaz (2005) โดยใช้เครื่องอบลมร้อนที่อุณหภูมิในช่วง 50-70 องศาเซลเซียส พบว่าสามารถลดความชื้นของถั่วเขียวจาก 90.53+0.55% ให้เหลือ 14.00+0.3% ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในการอบแห้ง ทำให้ระยะเวลาในการทำแห้งลดลง ดังนั้นระยะเวลาที่เหมาะสมในการอบแห้งเนื้อมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ด้วยเตาอบลมร้อนคืออบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง หลังจากนั้นลดอุณหภูมิในการอบเป็น 60 องศาเซลเซียส นาน 13 ชั่วโมง จึงใช้เวลาที่ได้นี้เป็นเวลาในการอบแห้งในตอนต่อไป

Table 4.18 Physico-chemical analysis of dried mango.

สภาวะ การทดลอง	ค่าสี			ปริมาณความชื้น (% dry basis)	กิจกรรม ของน้ำ (aw)	แรงเฉือน (นิวตัน)
	L*	a*	b*			
เครื่องอบแห้ง แบบถาด	54.30 + 2.77	3.84 + 0.42	43.08 + 1.38	17.07 + 0.18	0.590 + 0.000	72.07 + 2.32

Values represent mean± S.D. of three replicates.

4. ศึกษาหาปริมาณความเข้มข้นของสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลอันเนื่องจากเอนไซม์และไม่ใช่ เอนไซม์ของมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ก่อนและหลังการอบแห้ง

สุ่มตัวอย่างมะม่วงที่ผ่านการแช่ในสารละลายยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลก่อนและหลังการอบแห้งมาวิเคราะห์ทางกายภาพ ชีวเคมี และเคมี

4.1 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์อบแห้ง โดยเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงระหว่างเนื้อมะม่วงก่อนและหลังการอบแห้ง และที่สภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 25 , 35 และ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 สัปดาห์ รายงานผลเป็นค่า L* , a* และ b* ดังแสดงใน Table 4.19 – 4.22

1) ค่าสี L* ของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์ที่ผ่านการแช่ในสารละลายที่แตกต่างกันทั้ง 8 ชุดการทดลอง พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื้อมะม่วงสุกที่ผ่านการแช่ในสารละลายทุกชุดการทดลองและชุดควบคุมก่อนการอบแห้งจะมีค่าสี L* อยู่ในช่วงระหว่าง 53.39 - 56.03 โดยเนื้อมะม่วงสุกชุดควบคุมจะมีค่าสี L* มากที่สุด เท่ากับ 56.03+0.33 แสดงว่ามีสีจางมากที่สุด รองลงมาคือเนื้อมะม่วงสุกที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดการทดลองที่ 7 และชุดการทดลองที่ 4 โดยมีค่าสี L* เท่ากับ 55.36+0.86 และ 54.86+0.05 ตามลำดับ ส่วนเนื้อมะม่วงสุกที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดการทดลองที่ 3 ชุดการทดลองที่ 6 และชุดการทดลองที่ 8 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีค่าสี L* เท่ากับ 54.18+0.19 , 53.85+0.09 และ 53.86+0.79 ตามลำดับ หลังผ่านการอบแห้ง พบว่าเนื้อมะม่วงอบแห้งที่ผ่านการแช่ในสารละลายที่แตกต่างกันทั้ง 8 ชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และมีค่าสี L* ลดลงกว่าเนื้อมะม่วงสุกก่อนการอบแห้ง สอดคล้องกับการลดลงของค่าสี L* ในระหว่างการอบแห้งเกิด (Kotwaliwale et al., 2007) เนื้อมะม่วงอบแห้งที่ผ่านการแช่ในสารละลายทุกชุดการทดลองและชุดควบคุมหลังการ

อบแห้งจะมีค่าสี L^* อยู่ในช่วงระหว่าง 50.25 - 54.20 โดยเนื้อมะม่วงอบแห้งที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดการทดลองที่ 7 จะมีค่าสี L^* มากที่สุด เท่ากับ 54.20+0.88 แสดงว่ามีสีจางมากที่สุด และไม่มี ความแตกต่างกับเนื้อมะม่วงอบแห้งชุดควบคุม เนื้อมะม่วงอบแห้งที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดการทดลองที่ 1 ชุดการทดลองที่ 2 ชุดการทดลองที่ 3 ชุดการทดลองที่ 6 และชุดการทดลองที่ 8 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่าสี L^* เท่ากับ 53.10+0.04 , 53.93+0.74 , 52.35+1.12 , 53.43+0.25 , 52.96+0.40 และ 52.70+1.36 ตามลำดับ ส่วนเนื้อมะม่วงอบแห้งที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดการทดลองที่ 4 และชุดการทดลองที่ 5 พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่าสี L^* เท่ากับ 50.29+0.86 และ 50.25+0.83 ตามลำดับ และเมื่อเก็บรักษาเนื้อมะม่วงอบแห้งที่สภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 25 , 35 และ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 สัปดาห์ พบว่าเนื้อมะม่วงอบแห้งที่ผ่านการแช่ในสารละลายที่แตกต่างกันทั้ง 8 ชุดการทดลอง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) เนื้อมะม่วงอบแห้งที่ผ่านการแช่ในสารละลายทุกชุดการทดลองและชุดควบคุมหลังการอบแห้งจะมีค่าสี L^* ลดลงอยู่ในช่วงระหว่าง 41.74 – 52.61 โดยเนื้อมะม่วงอบแห้งที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดการทดลองที่ 7 จะมีค่าสี L^* มากที่สุด เท่ากับ 52.61+0.82 แสดงว่ามีสีจางมากที่สุด รองลงมาคือเนื้อมะม่วงอบแห้งชุดควบคุม เนื้อมะม่วงอบแห้งที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดการทดลองที่ 1 ชุดการทดลองที่ 2 และชุดการทดลองที่ 8 โดยมีค่าสี L^* เท่ากับ 50.61+2.94 , 49.86+0.97 , 49.11+0.92 และ 49.10+1.16 ตามลำดับ อุณหภูมิการเก็บรักษาที่เพิ่มสูงขึ้นทำให้เนื้อมะม่วงมีสีคล้ำมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) โดยการลดลงของค่าสี L^* แสดงให้เห็นถึงการเกิดสีน้ำตาลได้ (Sapers and Douglas, 1987) เช่นเดียวกับการทดลองของพัชรกานต์ (2546) ที่ศึกษาคุณภาพของกล้วยน้ำว้าอบแห้ง พบว่าหลังอบแห้งกล้วยจะมีค่าสี L^* , C^* และ Ho ลดลง เนื่องจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด และการทดลองของกฤติยา (2546) ที่พบว่าเมื่ออุณหภูมิการเก็บรักษาสูงขึ้น จะทำให้พลาบิกิ่งแห้งมีค่าสี L^* ลดลง แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์มีสีที่เข้มขึ้น เช่นเดียวกับการทดลองของกัญญา (2545) ที่พบว่าเมื่ออุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษาเนื้อมะม่วงแก้วอบแห้งเพิ่มมากขึ้นจะทำให้เนื้อมะม่วงแก้วอบแห้งมีค่าสี L^* ลดลง อาจเนื่องมาจากการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่มีเอนไซม์เกี่ยวข้อง และการเก็บรักษาชั้นแอปเปิลที่ผ่านการอบแห้ง ที่พบว่าเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานาน 16 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส พบว่าค่าสี L^* มีค่าลดลง (Bolin and Steele, 1987)

2) ค่าสี a^* ของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์ที่ผ่านการแช่ในสารละลายที่แตกต่างกันทั้ง 8 ชุดการทดลอง พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) เนื้อมะม่วงสุกที่ผ่านการแช่ในสารละลายทุกชุดการทดลองและชุดควบคุมก่อนการอบแห้งจะมีค่าสี a^* อยู่ในช่วงระหว่าง -1.51 ถึง -3.65 โดยเนื้อมะม่วงสุกชุดควบคุม จะมีค่าสี a^* น้อยที่สุด เท่ากับ -3.65+0.18 แสดงว่ามีสีเขียวมากที่สุด และไม่มี ความแตกต่างกับเนื้อมะม่วงสุกที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดการทดลองที่ 8 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่าสี a^* เท่ากับ -3.17+0.55 รองลงมาคือเนื้อมะม่วงสุกที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดการทดลองที่ 3 , 4 และ 6 โดยมีค่าสี a^* เท่ากับ -2.29+0.02 , -2.21+0.03 และ -2.17+0.76 ตามลำดับ หลังผ่านการอบแห้ง พบว่าเนื้อมะม่วงอบแห้งที่ผ่านการแช่ในสารละลายที่แตกต่างกันทั้ง 8 ชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) และมีค่าสี a^* เพิ่มขึ้นกว่าเนื้อมะม่วงสุกก่อนการอบแห้ง สอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของค่าสี a^* ในชั้นแอปเปิล กล้วย และมันฝรั่งที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) ในระหว่างการอบแห้งแบบลมร้อน ซึ่งแสดงให้เห็นถึงปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลได้ (Magdalini et al., 2001) เนื้อมะม่วงอบแห้งที่ผ่านการแช่ในสารละลายทุกชุดการทดลองและชุดควบคุมหลังการอบแห้งจะมีค่าสี a^* อยู่ในช่วงระหว่าง 5.48 – 7.85 โดยเนื้อมะม่วงอบแห้งที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดการทดลองที่ 5 จะมีค่าสี a^* น้อยที่สุด เท่ากับ 5.48+0.30 แสดงว่ามี

แดงน้อยที่สุด และไม่มีความแตกต่างกับเนื้อมะม่วงอบแห้งชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่า a^* เท่ากับ $5.55+1.85$ รองลงมาคือเนื้อมะม่วงอบแห้งที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดการทดลองที่ 7 โดยมีค่า a^* เท่ากับ $5.78+0.17$ ส่วนเนื้อมะม่วงอบแห้งที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดการทดลองที่ 1 , ชุดการทดลองที่ 2 , ชุดการทดลองที่ 6 และชุดการทดลองที่ 8 พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่า a^* เท่ากับ $6.87+0.72$, $6.10+0.94$, $6.71+0.11$ และ $6.66+0.16$ ตามลำดับ และเมื่อเก็บรักษาเนื้อมะม่วงอบแห้งที่สภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 25 , 35 และ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 สัปดาห์ พบว่าเนื้อมะม่วงอบแห้งที่ผ่านการแช่ในสารละลายที่แตกต่างกันทั้ง 8 ชุดการทดลอง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) เนื้อมะม่วงอบแห้งที่ผ่านการแช่ในสารละลายทุกชุดการทดลองและชุดควบคุมหลังการอบแห้งจะมีค่า a^* เพิ่มขึ้นอยู่ในช่วงระหว่าง 7.10 – 10.78 โดยเนื้อมะม่วงอบแห้งชุดควบคุมจะมีค่า a^* น้อยที่สุด เท่ากับ $7.10+0.62$ แสดงว่ามีสีแดงน้อยที่สุด รองลงมาคือเนื้อมะม่วงอบแห้งที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดการทดลองที่ 7 โดยมีค่า a^* เท่ากับ $7.56+1.15$ ส่วนเนื้อมะม่วงอบแห้งที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดการทดลองที่ 1 ชุดการทดลองที่ 3 และชุดการทดลองที่ 5 พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่า a^* เท่ากับ $7.80+0.86$, $7.71+0.79$ และ $7.87+0.46$ ตามลำดับ อุณหภูมิการเก็บรักษาที่เพิ่มสูงขึ้นทำให้เนื้อมะม่วงมีสีคล้ำมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) โดยการเพิ่มขึ้นของค่า a^* แสดงให้เห็นถึงการเกิดสีน้ำตาลได้ (Sapers and Douglas, 1987)

3) ค่า b^* ของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์ที่ผ่านการแช่ในสารละลายที่แตกต่างกันทั้ง 8 ชุดการทดลอง พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) เนื้อมะม่วงสุกที่ผ่านการแช่ในสารละลายทุกชุดการทดลองและชุดควบคุมก่อนการอบแห้งจะมีค่า b^* อยู่ในช่วงระหว่าง 45.65 – 50.32 โดยเนื้อมะม่วงสุกที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดการทดลองที่ 7 จะมีค่า b^* มากที่สุด เท่ากับ $50.32+0.63$ แสดงว่ามีสีเหลืองมากที่สุด และไม่มีความแตกต่างกับเนื้อมะม่วงสุกชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่า b^* เท่ากับ $50.19+0.18$ รองลงมาคือเนื้อมะม่วงสุกที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดการทดลองที่ 8 , ชุดการทดลองที่ 4 ชุดการทดลองที่ 3 และชุดการทดลองที่ 5 โดยมีค่า b^* เท่ากับ $49.35+0.21$, $48.44+0.73$, $48.15+1.03$ และ $47.11+1.25$ ตามลำดับ หลังผ่านการอบแห้ง พบว่าเนื้อมะม่วงอบแห้งที่ผ่านการแช่ในสารละลายที่แตกต่างกันทั้ง 8 ชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) และมีค่า b^* ลดลงกว่าเนื้อมะม่วงสุกก่อนการอบแห้ง เนื้อมะม่วงอบแห้งที่ผ่านการแช่ในสารละลายทุกชุดการทดลองและชุดควบคุมหลังการอบแห้งจะมีค่า b^* อยู่ในช่วงระหว่าง 33.88 – 45.88 โดยเนื้อมะม่วงอบแห้งที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดการทดลองที่ 7 จะมีค่า b^* มากที่สุด เท่ากับ $45.88+1.00$ แสดงว่ามีสีเหลืองมากที่สุด และไม่มีความแตกต่างกับเนื้อมะม่วงอบแห้งชุดควบคุม และเนื้อมะม่วงอบแห้งที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดการทดลองที่ 3 และชุดการทดลองที่ 5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่า b^* เท่ากับ $45.62+0.46$, $43.36+2.10$ และ $45.41+0.62$ ตามลำดับ และเมื่อเก็บรักษาเนื้อมะม่วงอบแห้งที่สภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 25 , 35 และ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 สัปดาห์ พบว่าเนื้อมะม่วงอบแห้งที่ผ่านการแช่ในสารละลายที่แตกต่างกันทั้ง 8 ชุดการทดลอง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) เนื้อมะม่วงอบแห้งที่ผ่านการแช่ในสารละลายทุกชุดการทดลองและชุดควบคุมหลังการอบแห้งจะมีค่า b^* ลดลงอยู่ในช่วงระหว่าง 33.25 – 40.61 โดยเนื้อมะม่วงอบแห้งที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดการทดลองที่ 7 จะมีค่า b^* มากที่สุด เท่ากับ $40.61+2.45$ แสดงว่ามีสีเหลืองมากที่สุด รองลงมาคือเนื้อมะม่วงอบแห้งชุดควบคุม และเนื้อมะม่วงอบแห้งที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดการทดลองที่ 5 โดยมีค่า b^* เท่ากับ $38.43+1.31$ และ $38.98+2.30$ ตามลำดับ อุณหภูมิการเก็บรักษาที่เพิ่มสูงขึ้นทำให้เนื้อมะม่วงมีสีเหลืองลดลงอย่าง

มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) สอดคล้องกับการทดลองของกฤติยา (2546) ที่พบว่าเมื่ออุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาสูงขึ้น จะทำให้ค่า b^* ของพลัมกึ่งแห้งมีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เช่นเดียวกับการทดลองของกฤติยา (2545) ที่พบว่าเมื่ออุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษาเนื้อมะม่วงแก้วอบแห้งเพิ่มมากขึ้น จะทำให้เนื้อมะม่วงแก้วอบแห้งมีค่า b^* ลดลง อาจเนื่องมาจากการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่มีเอนไซม์เกี่ยวข้อง และสอดคล้องกับการลดลงของค่า L^* เช่นกัน จึงทำให้เนื้อมะม่วงมีสีคล้ำมากขึ้น

4.2 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางชีวเคมี วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์โพลิฟีนอลออกซิเดส และเปอร์ออกซิเดส ของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์ โดยเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงระหว่างเนื้อมะม่วงก่อนและหลังการอบแห้ง และที่สภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 25 , 35 และ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 สัปดาห์ ดังแสดงใน Table 4.23 – 4.26

1) กิจกรรมของเอนไซม์โพลิฟีนอลออกซิเดส เนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์ที่ผ่านการแช่ในสารละลายที่แตกต่างกันทั้ง 8 ชุดการทดลอง พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื้อมะม่วงสุกที่ผ่านการแช่ในสารละลายทุกชุดการทดลองและชุดควบคุมก่อนการอบแห้งจะมีค่ากิจกรรมของเอนไซม์โพลิฟีนอลออกซิเดสอยู่ในช่วงระหว่าง 14.65 – 29.59 หน่วย/มิลลิลิตร/นาที่ และยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์อยู่ในช่วงระหว่าง 76.17 – 88.43 เปอร์เซ็นต์ โดยเนื้อมะม่วงสุกที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดการทดลองที่ 7 พบว่ามีกิจกรรมของเอนไซม์โพลิฟีนอลออกซิเดสน้อยที่สุดเท่ากับ $14.65 + 0.33$ หน่วย/มิลลิลิตร/นาที่ และยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ได้มากที่สุดเท่ากับ $88.43 + 1.27$ เปอร์เซ็นต์ และไม่มี ความแตกต่างกับเนื้อมะม่วงสุกที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดการทดลองที่ 8 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีค่ากิจกรรมของเอนไซม์โพลิฟีนอลออกซิเดสเท่ากับ $16.10 + 0.04$ หน่วย/มิลลิลิตร/นาที่ และยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ได้เท่ากับ $87.30 + 1.15$ เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือเนื้อมะม่วงสุกที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดการทดลองที่ 5, ชุดการทดลองที่ 6, ชุดการทดลองที่ 3 และ ชุดการทดลองที่ 4 ตามลำดับ โดยมีค่ากิจกรรมของเอนไซม์โพลิฟีนอลออกซิเดสเท่ากับ $18.95 + 0.19$, $20.60 + 0.52$, $20.83 + 0.21$ และ $21.03 + 1.08$ ตามลำดับ และยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ได้เท่ากับ $85.06 + 1.16$, $83.77 + 1.00$, $83.58 + 1.27$ และ $83.38 + 2.31$ เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ หลังผ่านการอบแห้ง พบว่าเนื้อมะม่วงอบแห้งที่ผ่านการแช่ในสารละลายที่แตกต่างกันทั้ง 8 ชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และมีค่ากิจกรรมของเอนไซม์โพลิฟีนอลออกซิเดสลดลงกว่าเนื้อมะม่วงสุกก่อนการอบแห้ง สอดคล้องกับการลดลงของค่า L^* และการเพิ่มขึ้นของค่า a^* (Table 4.13 และ 4.14) เนื่องจากเอนไซม์โพลิฟีนอลออกซิเดสไม่ค่อยคงตัว ถูกทำลายได้ด้วยความร้อน นั่นคือประสิทธิภาพของเอนไซม์จะลดลง เมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น เช่นเดียวกับการลวกชิ้นมะม่วงในน้ำที่อุณหภูมิ 85 , 75 และ 65 องศาเซลเซียส นาน 3, 16 และ 15.5 นาที ตามลำดับ พบว่าสามารถทำลายกิจกรรมของเอนไซม์โพลิฟีนอลออกซิเดสได้ 50 เปอร์เซ็นต์ (Jagtiani et al., 1987) และการลวกชิ้นมะม่วงในน้ำที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที พบว่าสามารถทำลายกิจกรรมของเอนไซม์โพลิฟีนอลออกซิเดสได้ 90 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลลดลง (Arogba, 2000) และสามารถยับยั้งได้ด้วยกรดแฮไลด์ (halides) กรดฟีนอล ซัลไฟต์ คีเลติงเอเจนต์ (chelating agents) และรีดิวซิงเอเจนต์ เช่น กรดแอสคอร์บิก และซิสเตอีน เป็นต้น (นิริยา, 2549) โดยสารบางชนิดจะทำปฏิกิริยากับเอนไซม์โพลิฟีนอลออกซิเดสโดยตรง แต่บางชนิดจะไปทำปฏิกิริยากับสับสเตรตทำให้ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลลดลง (Walker, 1995) โดยเนื้อมะม่วงอบแห้งที่ผ่านการแช่ในสารละลายทุกชุดการทดลองและชุดควบคุมหลังการอบแห้งจะมีค่ากิจกรรมของเอนไซม์

Table 4.19 Changes in L*, a*,b* value of treated mango in various concentration before and after drying.

ชุดการทดลอง	สภาวะการทดลอง	ค่าสี L*			ค่าสี a*			ค่าสี b*		
		ก่อนอบ	หลังอบ	ก่อนอบ	หลังอบ	ก่อนอบ	หลังอบ	ก่อนอบ	หลังอบ	หลังอบ
ชุดควบคุม	1% Sodium hydrogen sulfite	56.03a + 0.33	53.10a + 0.04	-3.65c + 0.18	5.55c + 1.85	50.19a + 0.18	45.62a + 0.46			
1	0.01% 4-Hexylresorcinol , 7.0% D-isoascorbic acid และ 0.65% Potassium sorbate	53.41d + 0.39	53.93a + 0.74	-1.51a + 0.02	6.87abc + 0.72	45.65e + 0.57	37.85b + 0.33			
2	0.03% 4-Hexylresorcinol, 7.0% D-isoascorbic acid และ 0.65% Potassium sorbate	53.39d + 0.27	52.35a + 1.12	-1.63a + 0.02	6.10abc + 0.94	46.41de + 0.16	35.07bc + 3.08			
3	0.01% 4-Hexylresorcinol, 9.0% D-isoascorbic acid และ 0.65% Potassium sorbate	54.18cd + 0.19	53.43a + 0.25	-2.29ab + 0.02	7.85a + 0.18	48.15bcd + 1.03	43.36a + 2.10			
4	0.03% 4-Hexylresorcinol, 9.0% D-isoascorbic acid และ 0.65% Potassium sorbate	54.86bc + 0.05	50.29b + 0.86	-2.21ab + 0.03	7.41ab + 0.13	48.44abc + 0.73	33.88c + 0.59			
5	0.01% 4-Hexylresorcinol , 7.0% D-isoascorbic acid และ 0.85% Potassium sorbate	53.48d + 0.40	50.25b + 0.83	-1.63a + 0.30	5.48c + 0.30	47.11cde + 1.25	45.41a + 0.62			
6	0.03% 4-Hexylresorcinol, 7.0% D-isoascorbic acid และ 0.85% Potassium sorbate	53.85cd + 0.09	52.96a + 0.40	-2.17ab + 0.76	6.71abc + 0.11	46.35de + 1.52	35.89bc + 2.27			
7	0.01% 4-Hexylresorcinol, 9.0% D-isoascorbic acid และ 0.85% Potassium sorbate	55.36ab + 0.86	54.20a + 0.88	-2.95bc + 0.13	5.78bc + 0.17	50.32a + 0.63	45.88a + 1.00			
8	0.03% 4-Hexylresorcinol, 9.0% D-isoascorbic acid และ 0.85% Potassium sorbate	53.86cd + 0.79	52.70a + 1.36	-3.17c + 0.55	6.66abc + 0.16	49.35ab + 0.21	36.92bc + 0.94			

Data expressed as means $\pm$ S.D. of 3 replicates. Values followed by different upper case or lower case letters are significantly different (P< 0.05) within columns and rows, respectively.

Table 4.20 Changes in L* value of treated mango in various concentration in different temperature.

ชุดการทดลอง	สภาวะการทดลอง	ค่าสี L*			ค่าเฉลี่ยชุดการทดลอง
		อุณหภูมิการเก็บรักษา (องศาเซลเซียส)			
		25	35	45	
ชุดควบคุม	1% Sodium hydrogen sulfite	54.21 ± 0.69	49.62 ± 0.32	48.00 ± 1.10	50.61b ± 2.94
1	0.01% 4-Hexylresorcinol , 7.0% D-isoascorbic acid และ 0.65% Potassium sorbate	50.22 ± 0.75	50.58 ± 0.35	48.78 ± 0.61	49.86bc ± 0.97
2	0.03% 4-Hexylresorcinol, 7.0% D-isoascorbic acid และ 0.65% Potassium sorbate	49.67 ± 0.57	49.58 ± 0.28	48.09 ± 0.83	49.11c ± 0.92
3	0.01% 4-Hexylresorcinol, 9.0% D-isoascorbic acid และ 0.65% Potassium sorbate	49.96 ± 0.28	47.39 ± 1.67	45.64 ± 0.66	47.66d ± 2.10
4	0.03% 4-Hexylresorcinol, 9.0% D-isoascorbic acid และ 0.65% Potassium sorbate	43.53 ± 0.37	40.56 ± 0.54	41.15 ± 0.71	41.74f ± 1.47
5	0.01% 4-Hexylresorcinol , 7.0% D-isoascorbic acid และ 0.85% Potassium sorbate	48.88 ± 1.82	46.62 ± 1.18	45.76 ± 0.17	47.09de ± 1.74
6	0.03% 4-Hexylresorcinol, 7.0% D-isoascorbic acid และ 0.85% Potassium sorbate	47.53 ± 0.48	45.42 ± 0.64	46.63 ± 0.71	46.53e ± 1.06
7	0.01% 4-Hexylresorcinol, 9.0% D-isoascorbic acid และ 0.85% Potassium sorbate	52.74 ± 0.70	52.64 ± 1.65	52.46 ± 0.25	52.61a ± 0.82
8	0.03% 4-Hexylresorcinol, 9.0% D-isoascorbic acid และ 0.85% Potassium sorbate	50.55 ± 0.56	48.42 ± 0.33	48.35 ± 0.18	49.10c ± 1.16
ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิการเก็บรักษา		49.70A ± 3.01	47.87B ± 3.46	47.20C ± 3.00	

Data expressed as means ±S.D. of 3 replicates. Values followed by different upper case or lower case letters are significantly different (P< 0.05) within columns and rows, respectively.

Table 4.21 Changes in a* value of treated mango in various concentration in different temperature.

ชุดการทดลอง	สภาวะการทดลอง	ค่าสี a*			ค่าเฉลี่ยชุดการทดลอง
		อุณหภูมิการเก็บรักษา (องศาเซลเซียส)			
		25	35	45	
ชุดควบคุม	1% Sodium hydrogen sulfite	6.43 + 0.44	7.19 + 0.16	7.68 + 0.36	7.10e + 0.62
1	0.01% 4-Hexylresorcinol , 7.0% D-isoascorbic acid และ 0.65% Potassium sorbate	6.75 + 0.13	8.13 + 0.28	8.53 + 0.30	7.80d + 0.86
2	0.03% 4-Hexylresorcinol, 7.0% D-isoascorbic acid และ 0.65% Potassium sorbate	7.06 + 0.35	9.79 + 0.16	9.52 + 0.20	8.79c + 1.36
3	0.01% 4-Hexylresorcinol, 9.0% D-isoascorbic acid และ 0.65% Potassium sorbate	7.20 + 0.32	7.39 + 0.40	8.56 + 0.81	7.71d + 0.79
4	0.03% 4-Hexylresorcinol, 9.0% D-isoascorbic acid และ 0.65% Potassium sorbate	10.44 + 0.42	10.60 + 0.79	11.31 + 0.73	10.78a + 0.66
5	0.01% 4-Hexylresorcinol , 7.0% D-isoascorbic acid และ 0.85% Potassium sorbate	7.52 + 0.65	7.88 + 0.33	8.21 + 0.21	7.87d + 0.46
6	0.03% 4-Hexylresorcinol, 7.0% D-isoascorbic acid และ 0.85% Potassium sorbate	7.17 + 0.57	10.52 + 0.39	9.34 + 0.54	9.01c + 1.57
7	0.01% 4-Hexylresorcinol, 9.0% D-isoascorbic acid และ 0.85% Potassium sorbate	7.24 + 0.52	6.55 + 0.44	8.90 + 0.53	7.56de + 1.15
8	0.03% 4-Hexylresorcinol, 9.0% D-isoascorbic acid และ 0.85% Potassium sorbate	8.75 + 0.07	10.79 + 0.53	9.86 + 0.57	9.80b + 0.98
ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิการเก็บรักษา		7.62C + 1.24	8.76B + 1.64	9.10A + 1.10	

Data expressed as means $\pm$ S.D. of 3 replicates. Values followed by different upper case letters are significantly different (P< 0.05) within columns and rows, respectively.

Table 4.22 Changes in b* value of treated mango in various concentration in different temperature.

ชุดการทดลอง	สภาวะการทดลอง	ค่าสี b*			ค่าเฉลี่ยชุดการทดลอง
		อุณหภูมิการเก็บรักษา (องศาเซลเซียส)			
		25	35	45	
ชุดควบคุม	1% Sodium hydrogen sulfite	39.11 + 0.27	39.29 + 1.03	36.88 + 0.52	38.43b + 1.31
1	0.01% 4-Hexylresorcinol , 7.0% D-isoascorbic acid และ 0.65% Potassium sorbate	37.57 + 0.71	36.73 + 0.68	34.98 + 0.80	36.42cd + 1.31
2	0.03% 4-Hexylresorcinol, 7.0% D-isoascorbic acid และ 0.65% Potassium sorbate	36.54 + 0.45	35.40 + 0.53	35.87 + 0.91	35.93cd + 0.72
3	0.01% 4-Hexylresorcinol, 9.0% D-isoascorbic acid และ 0.65% Potassium sorbate	39.83 + 1.63	36.91 + 0.61	33.87 + 0.81	36.87c + 2.80
4	0.03% 4-Hexylresorcinol, 9.0% D-isoascorbic acid และ 0.65% Potassium sorbate	34.50 + 0.66	33.73 + 0.61	31.53 + 1.46	33.25e + 1.58
5	0.01% 4-Hexylresorcinol , 7.0% D-isoascorbic acid และ 0.85% Potassium sorbate	40.12 + 1.10	40.64 + 1.24	36.19 + 0.28	38.98b + 2.30
6	0.03% 4-Hexylresorcinol, 7.0% D-isoascorbic acid และ 0.85% Potassium sorbate	37.44 + 1.12	35.50 + 1.39	34.01 + 1.36	35.65d + 1.84
7	0.01% 4-Hexylresorcinol, 9.0% D-isoascorbic acid และ 0.85% Potassium sorbate	43.58 + 1.45	39.65 + 0.45	38.60 + 0.29	40.61a + 2.45
8	0.03% 4-Hexylresorcinol, 9.0% D-isoascorbic acid และ 0.85% Potassium sorbate	39.33 + 1.48	32.12 + 0.64	29.21 + 0.23	33.55e + 4.71
ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิการเก็บรักษา		38.67A + 2.62	36.66B + 2.81	34.57C + 2.83	

Data expressed as means $\pm$ S.D. of 3 replicates. Values followed by different upper case letters are significantly different (P< 0.05) within columns and rows, respectively.

โพลีฟีนอลออกซิเดสอยู่ในช่วงระหว่าง 1.61 – 23.41 หน่วย/มิลลิลิตร/นาที่ และยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์อยู่ในช่วงระหว่าง 74.35 – 98.22 เปอร์เซ็นต์ โดยเนื้อมะม่วงอบแห้งที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดการทดลองที่ 7 พบว่ามีกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสน้อยที่สุดเท่ากับ $1.61+0.53$ หน่วย/มิลลิลิตร/นาที่ และยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ได้มากที่สุดเท่ากับ $98.22+0.69$ เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสอดคล้องกับการมีค่า L^* มากที่สุด (Table 4.2.13) รองลงมาคือเนื้อมะม่วงอบแห้งที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดการทดลองที่ 8 และชุดการทดลองที่ 3 โดยมีค่ากิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสเท่ากับ $2.53+0.28$ และ $3.09+0.93$ หน่วย/มิลลิลิตร/นาที่ ตามลำดับ และยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ได้เท่ากับ $97.23+0.14$ และ $96.64+0.81$ เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนเนื้อมะม่วงอบแห้งที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดการทดลองที่ 2 ชุดการทดลองที่ 4 ชุดการทดลองที่ 5 และชุดการทดลองที่ 6 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่ากิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสเท่ากับ $4.23+0.28$, $3.82+0.30$, $3.67+0.23$ และ $3.77+0.28$ หน่วย/มิลลิลิตร/นาที่ ตามลำดับ และยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ได้เท่ากับ $95.36+0.03$, $95.80+0.59$, $95.97+0.50$ และ $95.87+0.06$ เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเมื่อเก็บรักษาเนื้อมะม่วงอบแห้งที่สภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 25 , 35 และ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 สัปดาห์ พบว่าเนื้อมะม่วงอบแห้งที่ผ่านการแช่ในสารละลายที่แตกต่างกันทั้ง 8 ชุดการทดลอง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) เนื้อมะม่วงอบแห้งที่ผ่านการแช่ในสารละลายทุกชุดการทดลองและชุดควบคุมหลังการอบแห้งจะมีค่ากิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสอยู่ในช่วงระหว่าง 1.77 – 17.84 หน่วย/มิลลิลิตร/นาที่ และยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์อยู่ในช่วงระหว่าง 80.39 – 98.03 เปอร์เซ็นต์ โดยเนื้อมะม่วงอบแห้งที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดการทดลองที่ 3 พบว่ามีกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสน้อยที่สุดเท่ากับ $1.77+0.33$ หน่วย/มิลลิลิตร/นาที่ และยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ได้มากที่สุดเท่ากับ $98.03+0.32$ เปอร์เซ็นต์ และไม่มีความแตกต่างกับเนื้อมะม่วงอบแห้งที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดการทดลองที่ 1 , ชุดการทดลองที่ 2 , ชุดการทดลองที่ 4 , ชุดการทดลองที่ 7 และ ชุดการทดลองที่ 8 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่ากิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสเท่ากับ $2.21+0.40$, $2.58+1.08$, $2.42+1.27$, $1.95+0.93$ และ $2.07+0.27$ หน่วย/มิลลิลิตร/นาที่ ตามลำดับ และยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ได้เท่ากับ $97.54+0.41$, $97.25+0.73$, $97.48+1.03$, $97.89+0.78$ และ $97.67+0.37$ เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อุณหภูมิการเก็บรักษาที่เพิ่มสูงขึ้นทำให้เนื้อมะม่วงอบแห้งมีกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) การที่เนื้อมะม่วงอบแห้งที่ผ่านการแช่ในสารละลายที่มีศักยภาพในการยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลนั้น เกิดสีน้ำตาลเนื่องจากปฏิกิริยาที่ไม่อาศัยเอนไซม์หรือปฏิกิริยาเมลลาร์ด ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่ออาหารได้รับความร้อนทำให้มีการสูญเสีย น้ำ (dehydration) มีการสลายตัว (degradation) และมีการรวมตัวกัน (condensation) ของหมู่อะมิโนกับสารประกอบรีดิวซิง เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนสีน้ำตาล จึงทำให้เนื้อมะม่วงอบแห้งเกิดสีคล้ำมากขึ้น ถึงแม้ว่ากิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสจะลดลงหลังจากการแช่ในสารละลายที่มีศักยภาพในการยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลก่อนการอบแห้งก็ตาม เนื่องจากในเนื้อเยื่อผักและผลไม้เมื่อถูกทำลายด้วยการ ปอกเปลือกหรือการหั่นชิ้น จะทำให้เกิดปฏิกิริยาของสารประกอบโมโนฟีนอลที่อยู่ในเซลล์พืชสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ และมีเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสเป็นตัวเร่ง ทำให้เกิดปฏิกิริยาไฮดรอกซิเลชันได้เป็น ออร์โท-ไดฟีนอล (o - diphenol) สารนี้จะถูกออกซิไดส์ต่อไปเป็นออร์โท-ควิโนน (o - quinone) ควิโนนที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาที่เร่งด้วยเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสนี้จะรวมตัวกัน และเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดกับสารประกอบฟีนอลอื่นๆ หรือกับกรดอะมิโนได้เป็นสารประกอบเชิงซ้อนสีน้ำตาล ส่วนสารประกอบซัลไฟด์ที่ใช้แช่ในเนื้อมะม่วงอบแห้งชุดควบคุมนั้นมีประสิทธิภาพในการป้องกันไม่ให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วย

เอนไซม์ และปฏิกิริยาเมลลาร์ด รวมทั้งยังเป็นสารต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ทำให้ป้องกันการสลายตัวของ แคโรทีนอยด์ที่อาจเกิดขึ้นในระหว่างการอบแห้งและการเก็บรักษาได้ (นิธิยา, 2549) โดยปริมาณสารประกอบซัลไฟด์ที่มีการอนุญาตให้ใช้ในผักและผลไม้แห้งตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข-สุขฉบับที่ 84 อนุญาตให้ใช้ได้ ในปริมาณสูงสุดไม่เกิน 2,500 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข, 2527)

2) กิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส เนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์ที่ผ่านการแช่ใน สารละลายที่แตกต่างกันทั้ง 8 ชุดการทดลอง พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื้อ มะม่วงสุกที่ผ่านการแช่ในสารละลายทุกชุดการทดลองและชุดควบคุมก่อนการอบแห้งจะมีค่ากิจกรรมของเอนไซม์ เปอร์ออกซิเดสอยู่ในช่วงระหว่าง 12.61 – 147.24 หน่วย/มิลลิลิตร/นาที่ และยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์อยู่ในช่วง ระหว่าง 69.55 – 97.40 เปอร์เซ็นต์ โดยเนื้อมะม่วงสุกที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดการทดลองที่ 7 พบว่ามี กิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสน้อยที่สุดเท่ากับ $12.61 + 0.37$ หน่วย/มิลลิลิตร/นาที่ และยับยั้งกิจกรรมของ เอนไซม์ได้มากที่สุดเท่ากับ $97.40 + 0.16$ เปอร์เซ็นต์ และไม่มี ความแตกต่างกับเนื้อมะม่วงสุกที่ผ่านการแช่ใน สารละลายชุดการทดลองที่ 8 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีค่ากิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส เท่ากับ $18.72 + 1.07$ หน่วย/มิลลิลิตร/นาที่ และยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ได้เท่ากับ $96.13 + 0.10$ เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือเนื้อมะม่วงสุกที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดการทดลองที่ 4 และชุดการทดลองที่ 3 โดยมีค่ากิจกรรม ของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเท่ากับ $49.48 + 1.98$ และ $61.05 + 4.42$ ตามลำดับ และยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ได้ เท่ากับ $89.77 + 0.08$, $87.39 + 0.50$ เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ หลังผ่านการอบแห้ง พบว่าเนื้อมะม่วงอบแห้งที่ผ่านการ แช่ในสารละลายที่แตกต่างกันทั้ง 8 ชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และมี ค่ากิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสลดลงกว่าเนื้อมะม่วงสุกก่อนการอบแห้ง โดยเนื้อมะม่วงอบแห้งที่ผ่านการ แช่ในสารละลายทุกชุดการทดลองและชุดควบคุมหลังการอบแห้งจะมีค่ากิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสอยู่ ในช่วงระหว่าง 1.55 – 108.43 หน่วย/มิลลิลิตร/นาที่ และยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์อยู่ในช่วงระหว่าง 67.93 – 99.54 เปอร์เซ็นต์ โดยเนื้อมะม่วงสุกที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดการทดลองที่ 7 พบว่ามีกิจกรรมของเอนไซม์ เปอร์ออกซิเดสน้อยที่สุดเท่ากับ $1.55 + 0.33$ หน่วย/มิลลิลิตร/นาที่ และยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ได้มากที่สุด เท่ากับ $99.54 + 0.13$ เปอร์เซ็นต์ และไม่มี ความแตกต่างกับเนื้อมะม่วงอบแห้งที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดการ ทดลองที่ 8 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีค่ากิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเท่ากับ $4.97 + 0.26$ หน่วย/มิลลิลิตร/นาที่ และยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ได้เท่ากับ $98.53 + 0.16$ เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือเนื้อมะม่วง อบแห้งที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดการทดลองที่ 4 และชุดการทดลองที่ 3 โดยมีค่ากิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ ออกซิเดสเท่ากับ $29.32 + 4.44$ และ $37.32 + 3.05$ ตามลำดับ และยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ได้เท่ากับ $91.36 + 0.78$, $88.92 + 1.58$ เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเมื่อเก็บรักษาเนื้อมะม่วงอบแห้งที่สภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 25 , 35 และ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 สัปดาห์ พบว่าเนื้อมะม่วงอบแห้งที่ผ่านการแช่ในสารละลายที่แตกต่างกันทั้ง 8 ชุดการ ทดลอง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

Table 4.23 Changes in polyphenol oxidase activity of treated mango in various concentration before and after drying.

ชุดการทดลอง	สถานะการทดลอง	ค่ากิจกรรมของเอนไซม์โพลิฟีนอล			
		ลือกทิดีส (หน่วย/มิลลิลิตร/นาที) ที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร		การยับยั้งเอนไซม์ (%)	
		ก่อนอบ	หลังอบ	ก่อนอบ	หลังอบ
ชุดควบคุม	1% Sodium hydrogen sulfite	29.59a + 1.27	23.41a + 1.79	76.71e + 1.03	74.35f + 0.39
1	0.01% 4-Hexylresorcinol , 7.0% D-isoascorbic acid และ 0.65% Potassium sorbate	25.12b + 1.01	4.83b + 0.81	80.23d + 0.93	94.72e + 0.57
2	0.03% 4-Hexylresorcinol, 7.0% D-isoascorbic acid และ 0.65% Potassium sorbate	22.70c + 1.30	4.23bc + 0.28	82.15cd + 0.54	95.36de + 0.03
3	0.01% 4-Hexylresorcinol, 9.0% D-isoascorbic acid และ 0.65% Potassium sorbate	20.83cde + 0.21	3.09bcd + 0.93	83.58c + 1.27	96.64bc + 0.81
4	0.03% 4-Hexylresorcinol, 9.0% D-isoascorbic acid และ 0.65% Potassium sorbate	21.03cd + 1.08	3.82bc + 0.30	83.38c + 2.31	95.80cde + 0.59
5	0.01% 4-Hexylresorcinol , 7.0% D-isoascorbic acid และ 0.85% Potassium sorbate	18.95e + 0.19	3.67bc + 0.23	85.06bc + 1.16	95.97cd + 0.50
6	0.03% 4-Hexylresorcinol, 7.0% D-isoascorbic acid และ 0.85% Potassium sorbate	20.60de + 0.52	3.77bc + 0.28	83.77c + 1.00	95.87cde + 0.06
7	0.01% 4-Hexylresorcinol, 9.0% D-isoascorbic acid และ 0.85% Potassium sorbate	14.65f + 0.33	1.61d + 0.53	88.43a + 1.27	98.22a + 0.69
8	0.03% 4-Hexylresorcinol, 9.0% D-isoascorbic acid และ 0.85% Potassium sorbate	16.10f + 0.04	2.53cd + 0.28	87.30ab + 1.15	97.23ab + 0.14

Data expressed as means $\pm$ S.D. of 3 replicates. Values followed by different upper case letters are significantly different (P< 0.05) within columns and rows, respectively.

Table 4.24 Changes in polyphenol oxidase activity of treated mango in various concentration in different temperature.

ชุดการทดลอง	สถานะการทดลอง	ค่ากิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (หน่วย/มิลลิลิตร/นาที)				การยับยั้งเอนไซม์ (%)				ค่าเฉลี่ยชุดการทดลอง
		ที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร				อุณหภูมิการเก็บรักษา (องศาเซลเซียส)				
		อุณหภูมิการเก็บรักษา (องศาเซลเซียส)				อุณหภูมิการเก็บรักษา (องศาเซลเซียส)				
		25	35	45	ค่าเฉลี่ยชุดการทดลอง	25	35	45	ค่าเฉลี่ยชุดการทดลอง	
ชุดควบคุม	1% Sodium hydrogen sulfite	13.49 + 1.97	18.75 + 0.26	21.29 + 1.13	17.84a + 3.71	81.12 + 1.68	79.60 + 0.55	80.45 + 0.12	80.39d + 1.05	
1	0.01% 4-Hexylresorcinol , 7.0% D-isoascorbic acid และ 0.65% Potassium sorbate	2.02 + 0.50	2.03 + 0.28	2.58 + 0.21	2.21d + 0.40	97.19 + 0.54	97.79 + 0.40	97.64 + 0.08	97.54a + 0.41	
2	0.03% 4-Hexylresorcinol, 7.0% D-isoascorbic acid และ 0.65% Potassium sorbate	1.35 + 0.16	2.66 + 0.11	3.75 + 0.18	2.58d + 1.08	98.10 + 0.33	97.12 + 0.00	96.55 + 0.33	97.25a + 0.73	
3	0.01% 4-Hexylresorcinol, 9.0% D-isoascorbic acid และ 0.65% Potassium sorbate	1.47 + 0.28	1.90 + 0.11	1.93 + 0.42	1.77d + 0.33	97.93 + 0.51	97.93 + 0.21	98.24 + 0.30	98.03a + 0.32	
4	0.03% 4-Hexylresorcinol, 9.0% D-isoascorbic acid และ 0.65% Potassium sorbate	0.88 + 0.21	2.85 + 0.49	3.53 + 0.42	2.42d + 1.27	98.77 + 0.23	96.91 + 0.41	96.76 + 0.24	97.48a + 1.03	
5	0.01% 4-Hexylresorcinol , 7.0% D-isoascorbic acid และ 0.85% Potassium sorbate	4.93 + 0.52	2.05 + 0.26	5.63 + 1.25	4.20b + 1.81	93.10 + 0.33	97.77 + 0.38	94.85 + 0.91	95.24c + 2.16	
6	0.03% 4-Hexylresorcinol, 7.0% D-isoascorbic acid และ 0.85% Potassium sorbate	2.00 + 0.37	3.68 + 0.30	4.45 + 0.73	3.38c + 1.19	97.18 + 0.69	96.00 + 0.17	95.90 + 0.86	96.36b + 0.81	
7	0.01% 4-Hexylresorcinol, 9.0% D-isoascorbic acid และ 0.85% Potassium sorbate	1.43 + 0.47	1.65 + 0.73	2.22 + 0.16	1.95d + 0.93	98.01 + 0.54	98.23 + 0.71	97.43 + 1.24	97.89a + 0.78	
8	0.03% 4-Hexylresorcinol, 9.0% D-isoascorbic acid และ 0.85% Potassium sorbate	1.92 + 0.35	2.08 + 0.35	2.76 + 1.22	2.07d + 0.27	97.32 + 0.35	97.75 + 0.29	97.96 + 0.24	97.67a + 0.37	
ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิการเก็บรักษา		3.27C + 3.92	4.18B + 5.34	5.35A + 5.94		95.41NS + 5.46	95.45NS + 5.81	95.09NS + 5.44		

Data expressed as means $\pm$ S.D. of 3 replicates. Values followed by different upper case or lower case letters are significantly different (P< 0.05) within columns and rows, respectively.

เนื้อมะม่วงอบแห้งที่ผ่านการแช่ในสารละลายทุกชุดการทดลองและชุดควบคุมหลังการอบแห้งจะมีค่ากิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสอยู่ในช่วงระหว่าง 0.00 – 60.43 หน่วย/มิลลิลิตร/นาที่ และยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์อยู่ในช่วงระหว่าง 84.27 – 100.00 เปอร์เซ็นต์ โดยเนื้อมะม่วงอบแห้งที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดการทดลองที่ 7 พบว่ามีกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสน้อยที่สุดเท่ากับ 0.00 หน่วย/มิลลิลิตร/นาที่ และยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ได้มากที่สุดเท่ากับ 100.00+0.00 เปอร์เซ็นต์ และไม่มีแตกต่างกับเนื้อมะม่วงอบแห้งที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดการทดลองที่ 8 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่ากิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเท่ากับ 0.46+0.20 หน่วย/มิลลิลิตร/นาที่ และยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ได้เท่ากับ 99.88+0.05 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือเนื้อมะม่วงอบแห้งที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดการทดลองที่ 4 และชุดการทดลองที่ 3 โดยมีค่ากิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเท่ากับ 22.24+3.10 และ 23.65+3.22 ตามลำดับ และยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ได้เท่ากับ 94.22+0.84 , 93.86+0.79 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อุณหภูมิการเก็บรักษาที่เพิ่มสูงขึ้นทำให้เนื้อมะม่วงอบแห้งมีกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$)

เอนไซม์เปอร์ออกซิเดสมีความสัมพันธ์กับความผิดปกติของสี (off-color) และรสชาติ (off-flavor) ของผักและผลไม้ที่ไม่ผ่านการลวก (Robinson, 2000) และเป็นสาเหตุสำคัญที่จะไปเร่งปฏิกิริยาการออกซิเดชันสารในกลุ่มแคโรทีนอยด์ ทำให้เกิดการสลายตัวของเบต้า-แคโรทีน (สารสีเหลือง) (นิธิยา, 2549) ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เนื้อมะม่วงอบแห้งเกิดการเสื่อมเสียคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งสอดคล้องกับการลดลงของค่าสี b^* (Table 4.15) แสดงว่าเนื้อมะม่วงมีสีเหลืองลดลงเนื่องจากการสูญเสียปริมาณแคโรทีนอยด์ และเนื่องจากเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเป็นเอนไซม์ที่มีความคงตัวต่อความร้อน จึงใช้เป็นตัวชี้บ่งการลวก (index of browning) ที่เหมาะสมได้ (Reed, 1975) ดังนั้นการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสจึงเป็นสิ่งสำคัญในกระบวนการผลิตอาหาร เช่นเดียวกับการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในเนื้อมะม่วงเข้มข้นโดยการนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 6 นาที พบว่าสามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในเนื้อมะม่วงเข้มข้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ ก่อนนำไปแช่เยือกแข็งและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส (Salunkhe and Desai, 1984) และการให้ความร้อนใบผักชีฝรั่งที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส นาน 1.5 นาที ก่อนนำไปแช่เยือกแข็งและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส พบว่าสามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสได้อย่างมีประสิทธิภาพนาน 3 เดือน (Lisiewska and Kmiecik, 2000)

Table 4.25 Changes in peroxidase activity of treated mango in various concentration before and after drying.

ชุดการทดลอง	สภาวะการทดลอง	ค่ากิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (หน่วยมิลลิลิตร/นาที) ที่ความยาวคลื่น 470 นาโนเมตร			การยับยั้งเอนไซม์ (%)	
		ก่อนอบ	หลังอบ	ก่อนอบ	หลังอบ	หลังอบ
ชุดควบคุม	1% Sodium hydrogen sulfite	147.24a + 4.02	58.40c + 4.30	69.55h + 0.16	82.74c + 0.23	
1	0.01% 4-Hexylresorcinol , 7.0% D-isoascorbic acid และ 0.65% Potassium sorbate	134.84bc + 5.26	108.43a + 5.40	72.12f + 0.18	67.93e + 0.35	
2	0.03% 4-Hexylresorcinol, 7.0% D-isoascorbic acid และ 0.65% Potassium sorbate	131.15bc + 9.45	92.14b + 10.86	72.90f + 1.08	72.80d + 1.56	
3	0.01% 4-Hexylresorcinol, 9.0% D-isoascorbic acid และ 0.65% Potassium sorbate	61.05d + 4.42	37.32d + 3.05	87.39d + 0.50	88.92b + 1.58	
4	0.03% 4-Hexylresorcinol, 9.0% D-isoascorbic acid และ 0.65% Potassium sorbate	49.48e + 1.98	29.32d + 4.44	89.77c + 0.08	91.36b + 0.78	
5	0.01% 4-Hexylresorcinol , 7.0% D-isoascorbic acid และ 0.85% Potassium sorbate	139.68ab + 2.94	88.94b + 11.12	71.11g + 0.33	73.55d + 4.89	
6	0.03% 4-Hexylresorcinol, 7.0% D-isoascorbic acid และ 0.85% Potassium sorbate	126.12c + 5.62	99.32ab + 2.94	73.93e + 0.32	70.55de + 2.66	
7	0.01% 4-Hexylresorcinol, 9.0% D-isoascorbic acid และ 0.85% Potassium sorbate	12.61f + 0.37	1.55e + 0.33	97.40a + 0.16	99.54a + 0.13	
8	0.03% 4-Hexylresorcinol, 9.0% D-isoascorbic acid และ 0.85% Potassium sorbate	18.72f + 1.07	4.97e + 0.26	96.13b + 0.10	98.53a + 0.16	

Data expressed as means $\pm$ S.D. of 3 replicates. Values followed by different upper case letters are significantly different (P< 0.05) within columns and rows, respectively.

Table 4.26 Changes in peroxidase activity of treated mango in various concentration in different temperature.

ชุดการทดลอง	สภาวะการทดลอง	ค่ากิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (หน่วย/มิลลิลิตร/นาที)					ค่าเฉลี่ยชุดการทดลอง		การยับยั้งเอนไซม์ (%)		ค่าเฉลี่ยชุดการทดลอง
		ที่ความยาวคลื่น 470 นาโนเมตร					ชุดการทดลอง	อุณหภูมิการเก็บรักษา (องศาเซลเซียส)			
		อุณหภูมิการเก็บรักษา (องศาเซลเซียส)									
		25	35	45	25	35		45			
ชุดควบคุม	1% Sodium hydrogen sulfite	23.44 + 3.28	29.80 + 0.95	49.92 + 1.41	34.39e + 12.47	93.56 + 1.22	92.11 + 0.09	87.93 + 0.21	91.20c + 2.67		
1	0.01% 4-Hexylresorcinol , 7.0% D-isoascorbic acid และ 0.65% Potassium sorbate	67.00 + 2.15	50.48 + 1.92	63.80 + 2.31	60.43a + 8.01	81.64 + 1.52	86.61 + 1.10	84.57 + 0.38	84.27g + 2.39		
2	0.03% 4-Hexylresorcinol, 7.0% D-isoascorbic acid และ 0.65% Potassium sorbate	56.82 + 0.95	54.31 + 1.27	59.91 + 1.74	57.01b + 2.72	84.43 + 1.05	85.59 + 0.96	85.51 + 0.25	85.18f + 0.87		
3	0.01% 4-Hexylresorcinol, 9.0% D-isoascorbic acid และ 0.65% Potassium sorbate	19.78 + 2.29	25.82 + 0.93	25.35 + 0.74	23.65f + 3.22	94.57 + 0.90	93.15 + 0.54	93.87 + 0.11	93.86b + 0.79		
4	0.03% 4-Hexylresorcinol, 9.0% D-isoascorbic acid และ 0.65% Potassium sorbate	18.93 + 0.48	25.79 + 0.55	22.00 + 0.57	22.24f + 3.10	94.81 + 0.40	93.17 + 0.15	94.68 + 0.20	94.22b + 0.84		
5	0.01% 4-Hexylresorcinol , 7.0% D-isoascorbic acid และ 0.85% Potassium sorbate	35.84 + 1.13	35.85 + 0.81	40.84 + 2.55	37.51d + 2.89	90.19 + 0.18	90.50 + 0.20	90.13 + 0.50	90.27d + 0.31		
6	0.03% 4-Hexylresorcinol, 7.0% D-isoascorbic acid และ 0.85% Potassium sorbate	39.66 + 2.12	51.42 + 1.09	53.13 + 1.11	48.07c + 6.66	89.21 + 1.13	86.36 + 0.88	87.15 + 0.41	87.54e + 1.44		
7	0.01% 4-Hexylresorcinol, 9.0% D-isoascorbic acid และ 0.85% Potassium sorbate	0.00 + 0.00	0.00 + 0.00	0.00 + 0.00	0.00g	100.00 + 0.00	100.00 + 0.00	100.00 + 0.00	100.00a + 0.00		
8	0.03% 4-Hexylresorcinol, 9.0% D-isoascorbic acid และ 0.85% Potassium sorbate	0.27 + 0.16	0.59 + 0.15	0.53 + 0.21	0.46g + 0.20	99.93 + 0.04	99.85 + 0.04	99.88 + 0.05	99.88a + 0.05		
ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิการเก็บรักษา		29.08C + 22.43	30.45B + 19.72	35.05A + 23.57		92.03A + 6.17	91.92AB + 5.25	91.52B + 5.70			

Data expressed as means ±S.D. of 3 replicates. Values followed by different upper case or lower case letters are significantly different (P< 0.05) within columns and rows, respectively.

4.3 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมี วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์อบแห้ง โดยเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงระหว่างเนื้อมะม่วงก่อนและหลังการอบแห้ง และที่สภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 25 , 35 และ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 สัปดาห์ รายงานผลเป็นค่าปริมาณความชื้น (% dry basis) และค่ากิจกรรมของน้ำ (aw) ดังแสดงใน Table 4.27 - 4.28

1) ค่าปริมาณความชื้น เนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์ที่ผ่านการแช่ในสารละลายที่แตกต่างกันทั้ง 8 ชุดการทดลอง พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื้อมะม่วงสุกที่ผ่านการแช่ในสารละลายทุกชุดการทดลองและชุดควบคุมก่อนการอบแห้งจะมีค่าปริมาณความชื้นอยู่ในช่วงระหว่าง 407.98 – 492.96 เปอร์เซ็นต์ โดยเนื้อมะม่วงสุกที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดการทดลองที่ 6 พบว่ามีค่าปริมาณความชื้นมากที่สุดเท่ากับ 492.96+4.10 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือเนื้อมะม่วงสุกที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดการทดลองที่ 3, ชุดการทดลองที่ 8 และ ชุดการทดลองที่ 1 โดยมีค่าปริมาณความชื้นเท่ากับ 472.45+1.53, 470.53+1.38 และ 461.84+0.52 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ หลังผ่านการอบแห้ง พบว่าเนื้อมะม่วงอบแห้งที่ผ่านการแช่ในสารละลายที่แตกต่างกันทั้ง 8 ชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื้อมะม่วงอบแห้งที่ผ่านการแช่ในสารละลายทุกชุดการทดลองและชุดควบคุมหลังการอบแห้งจะมีค่าปริมาณความชื้นลดลงกว่าเนื้อมะม่วงสุกก่อนการอบแห้ง โดยมีค่าปริมาณความชื้นอยู่ในช่วงระหว่าง 17.92 – 15.69 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าปริมาณความชื้นน้อยกว่า 18 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นปริมาณความชื้นสูงสุดของผลไม้แห้งตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2532) โดยเนื้อมะม่วงอบแห้งชุดควบคุมพบว่ามีค่าปริมาณความชื้นมากที่สุดเท่ากับ 17.92+0.76 เปอร์เซ็นต์ และไม่มี ความแตกต่างกับเนื้อมะม่วงอบแห้งที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดการทดลองที่ 1-7 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีค่าปริมาณความชื้นเท่ากับ 16.52+0.12 , 17.86+1.58 , 16.01+0.73 , 17.89+0.65 , 17.29+1.10 , 16.32+0.29 และ 17.73+0.78 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนเนื้อมะม่วงอบแห้งที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดการทดลองที่ 8 มีค่าปริมาณความชื้นน้อยที่สุดเท่ากับ 15.69+0.93 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อเก็บรักษาเนื้อมะม่วงอบแห้งที่สภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 25 , 35 และ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 สัปดาห์ พบว่าเนื้อมะม่วงอบแห้งที่ผ่านการแช่ในสารละลายที่แตกต่างกันทั้ง 8 ชุดการทดลอง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื้อมะม่วงอบแห้งที่ผ่านการแช่ในสารละลายทุกชุดการทดลองและชุดควบคุมหลังการอบแห้งจะมีค่าปริมาณความชื้นอยู่ในช่วงระหว่าง 15.47 – 17.43 เปอร์เซ็นต์ โดยเนื้อมะม่วงอบแห้งชุดควบคุมพบว่ามีค่าปริมาณความชื้นมากที่สุดเท่ากับ 17.43+0.39 เปอร์เซ็นต์ และไม่มี ความแตกต่างกับเนื้อมะม่วงอบแห้งที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดการทดลองที่ 2 , ชุดการทดลองที่ 4 , ชุดการทดลองที่ 5 และชุดการทดลองที่ 7 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีค่าปริมาณความชื้นเท่ากับ 17.04+0.66 , 17.04+0.51 , 16.97+0.32 และ 17.09+0.56 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อุณหภูมิการเก็บรักษาที่เพิ่มสูงขึ้นทำให้เนื้อมะม่วงอบแห้งมีค่าปริมาณความชื้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) สอดคล้องกับการทดลองของกฤติยา (2546) ที่พบว่าเมื่ออุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาสูงขึ้นจะทำให้ปริมาณความชื้นของพลับกึ่งแห้งลดลง เนื่องจากการระเหยไปของน้ำที่มีอยู่ในพลับ

2) ค่ากิจกรรมของน้ำ (aw) เนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์ที่ผ่านการแช่ในสารละลายที่แตกต่างกันทั้ง 8 ชุดการทดลอง พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เนื้อมะม่วงสุกที่ผ่านการแช่ในสารละลายทุกชุดการทดลองและชุดควบคุมก่อนการอบแห้งจะมีค่ากิจกรรมของน้ำอยู่ในช่วงระหว่าง 0.968 – 0.973 หลังผ่านการอบแห้ง พบว่าเนื้อมะม่วงอบแห้งที่ผ่านการแช่ในสารละลายที่แตกต่างกันทั้ง 8 ชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื้อมะม่วงอบแห้งที่ผ่านการแช่ในสารละลายทุกชุด

การทดลองและชุดควบคุมหลังการอบแห้งจะมีค่ากิจกรรมของน้ำลดลงกว่าเนื้อมะม่วงสุกก่อนการอบแห้ง โดยมีค่ากิจกรรมของน้ำอยู่ในช่วงระหว่าง 0.521 – 0.586 โดยเนื้อมะม่วงอบแห้งชุดควบคุมพบว่ามีค่ากิจกรรมของน้ำมากที่สุดเท่ากับ 0.586+0.007 และไม่มีความแตกต่างกับเนื้อมะม่วงอบแห้งที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดการทดลองที่ 2, ชุดการทดลองที่ 4, ชุดการทดลองที่ 5, ชุดการทดลองที่ 6 และชุดการทดลองที่ 7 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่ากิจกรรมของน้ำเท่ากับ 0.546+0.023, 0.584+0.022, 0.548+0.034, 0.583+0.005 และ 0.574+0.008 ตามลำดับ โดยทุกชุดการทดลองพบว่ามีค่ากิจกรรมของน้ำต่ำกว่า 0.6 ซึ่งเป็นค่าต่ำสุดสำหรับการเจริญของจุลินทรีย์ส่วนใหญ่ ในผลไม้แห้งที่มีความชื้นอยู่ในช่วง 5-20 เปอร์เซ็นต์ จึงส่งผลทำให้จุลินทรีย์หยุดการเจริญ เนื่องจากความชื้นในอาหารและค่ากิจกรรมของน้ำเป็น ปัจจัยสำคัญที่มีผลกระทบต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของอาหาร ซึ่งจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาทางเคมีหรือปฏิกิริยาที่เร่งด้วยเอนไซม์อย่างช้าๆ และมีการเจริญของจุลินทรีย์เกิดขึ้นทำให้อาหารเน่าเสีย ดังนั้นการลดปริมาณน้ำในอาหารให้เหลือน้อยที่สุดหรือลดค่ากิจกรรมของน้ำให้ต่ำที่สุด จึงเป็นวิธีถนอมอาหารให้เก็บรักษาได้นานขึ้น (นิธิยา, 2549) และเมื่อเก็บรักษาเนื้อมะม่วงอบแห้งที่สภาวะแรงที่อุณหภูมิ 25, 35 และ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 สัปดาห์ พบว่าเนื้อมะม่วงอบแห้งที่ผ่านการแช่ในสารละลายที่แตกต่างกันทั้ง 8 ชุดการทดลอง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) เนื้อมะม่วงอบแห้งที่ผ่านการแช่ในสารละลายทุกชุดการทดลองและชุดควบคุมหลังการอบแห้งจะมีค่ากิจกรรมของน้ำอยู่ในช่วงระหว่าง 0.543 – 0.568 โดยเนื้อมะม่วงอบแห้งที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดการทดลองที่ 5 พบว่ามีค่ากิจกรรมของน้ำมากที่สุดเท่ากับ 0.568+0.024 และไม่มีความแตกต่างกับเนื้อมะม่วงอบแห้งชุดควบคุม และเนื้อมะม่วงอบแห้งที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดการทดลองที่ 7 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่ากิจกรรมของน้ำเท่ากับ 0.563+0.011 และ 0.565+0.021 ตามลำดับ อุณหภูมิการเก็บรักษาที่เพิ่มสูงขึ้นทำให้เนื้อมะม่วงอบแห้งมีค่ากิจกรรมของน้ำลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) สอดคล้องกับการลดลงของค่าปริมาณความชื้น (Table 4.2.21) เช่นเดียวกับการทดลองของกฤติยา (2546) ที่พบว่าเมื่ออุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาสูงขึ้นจะทำให้ค่ากิจกรรมของน้ำของพลับกึ่งแห้งลดลง เนื่องจากการ ระเหยไปของน้ำที่มีอยู่ในพลับ

Table 4.27 Changes in moisture content (% dry basis) and aw of treated mango in various concentration before and after drying.

ชุดการทดลอง	สถานะการทดลอง	ค่าปริมาณความชื้น (% dry basis)		ค่ากิจกรรมของน้ำ (aw)	
		ก่อนอบ	หลังอบ	ก่อนอบ	หลังอบ
ชุดควบคุม	1% Sodium hydrogen sulfite	441.63e + 2.87	17.92a + 0.76	0.972ns + 0.006	0.586a + 0.007
1	0.01% 4-Hexylresorcinol , 7.0% D-isoascorbic acid และ 0.65% Potassium sorbate	461.84c + 0.52	16.52ab + 0.12	0.969ns + 0.001	0.525b + 0.000
2	0.03% 4-Hexylresorcinol, 7.0% D-isoascorbic acid และ 0.65% Potassium sorbate	415.51f + 3.41	17.86a + 1.58	0.970ns + 0.002	0.546ab + 0.023
3	0.01% 4-Hexylresorcinol, 9.0% D-isoascorbic acid และ 0.65% Potassium sorbate	472.45b + 1.53	16.01ab + 0.73	0.971ns + 0.002	0.521b + 0.018
4	0.03% 4-Hexylresorcinol, 9.0% D-isoascorbic acid และ 0.65% Potassium sorbate	407.98f + 3.08	17.89a + 0.65	0.970ns + 0.000	0.584a + 0.022
5	0.01% 4-Hexylresorcinol , 7.0% D-isoascorbic acid และ 0.85% Potassium sorbate	456.53cd + 7.35	17.29ab + 1.10	0.973ns + 0.000	0.548ab + 0.034
6	0.03% 4-Hexylresorcinol, 7.0% D-isoascorbic acid และ 0.85% Potassium sorbate	492.96a + 4.10	16.32ab + 0.29	0.968ns + 0.001	0.583a + 0.005
7	0.01% 4-Hexylresorcinol, 9.0% D-isoascorbic acid และ 0.85% Potassium sorbate	452.80d + 1.68	17.73ab + 0.78	0.969ns + 0.001	0.574a + 0.008
8	0.03% 4-Hexylresorcinol, 9.0% D-isoascorbic acid และ 0.85% Potassium sorbate	470.53b + 1.38	15.69b + 0.93	0.969ns + 0.001	0.524b + 0.018

Data expressed as means $\pm$ S.D. of 3 replicates. Values followed by different upper case letters are significantly different (P< 0.05) within columns and rows, respectively.

Table 4.28 Changes in moisture content (% dry basis) and aw of treated mango in various concentration in different temperature.

ชุดการทดลอง	สภาวะการทดลอง	ค่าปริมาณความชื้น (% dry basis)						ค่ากิจกรรมของน้ำ (aw)			ค่าเฉลี่ยชุดการทดลอง
		อุณหภูมิการเก็บรักษา (องศาเซลเซียส)			ชุดการทดลอง	อุณหภูมิการเก็บรักษา (องศาเซลเซียส)					
		25	35	45		25	35	45			
ชุดควบคุม	1% Sodium hydrogen sulfite	17.69 + 0.23	17.40 + 0.32	17.20 + 0.59	17.43a + 0.39	0.574 + 0.001	0.565 + 0.002	0.551 + 0.007	0.563abc + 0.011		
1	0.01% 4-Hexylresorcinol , 7.0% D-isoascorbic acid และ 0.65% Potassium sorbate	16.48 + 0.50	16.46 + 0.11	16.55 + 0.59	16.50cd + 0.35	0.548 + 0.002	0.533 + 0.002	0.550 + 0.004	0.543f + 0.008		
2	0.03% 4-Hexylresorcinol, 7.0% D-isoascorbic acid และ 0.65% Potassium sorbate	16.84 + 0.74	17.70 + 0.35	16.60 + 0.39	17.04ab + 0.66	0.592 + 0.002	0.557 + 0.000	0.523 + 0.003	0.557de + 0.031		
3	0.01% 4-Hexylresorcinol, 9.0% D-isoascorbic acid และ 0.65% Potassium sorbate	16.66 + 0.14	16.85 + 0.21	16.46 + 0.47	16.65bcd + 0.30	0.562 + 0.004	0.563 + 0.002	0.531 + 0.006	0.552e + 0.017		
4	0.03% 4-Hexylresorcinol, 9.0% D-isoascorbic acid และ 0.65% Potassium sorbate	17.40 + 0.18	17.17 + 0.30	16.55 + 0.63	17.04ab + 0.51	0.581 + 0.005	0.560 + 0.005	0.541 + 0.008	0.561bcd + 0.019		
5	0.01% 4-Hexylresorcinol , 7.0% D-isoascorbic acid และ 0.85% Potassium sorbate	17.23 + 0.02	17.00 + 0.11	16.70 + 0.47	16.97abc + 0.32	0.587 + 0.006	0.581 + 0.002	0.538 + 0.004	0.568a + 0.024		
6	0.03% 4-Hexylresorcinol, 7.0% D-isoascorbic acid และ 0.85% Potassium sorbate	16.27 + 0.23	16.28 + 0.08	16.46 + 0.08	16.34d + 0.15	0.576 + 0.002	0.546 + 0.005	0.557 + 0.002	0.560cd + 0.014		
7	0.01% 4-Hexylresorcinol, 9.0% D-isoascorbic acid และ 0.85% Potassium sorbate	17.16 + 0.57	17.51 + 0.50	16.59 + 0.33	17.09ab + 0.56	0.592 + 0.002	0.552 + 0.002	0.553 + 0.006	0.565ab + 0.021		
8	0.03% 4-Hexylresorcinol, 9.0% D-isoascorbic acid และ 0.85% Potassium sorbate	15.63 + 0.86	15.18 + 0.16	15.62 + 0.35	15.47e + 0.48	0.561 + 0.003	0.576 + 0.004	0.525 + 0.002	0.554e + 0.023		
ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิการเก็บรักษา		16.82A + 0.71	16.84A + 0.78	16.52B + 0.52		0.575A + 0.015	0.559B + 0.014	0.541C + 0.013			

Data expressed as means $\pm$ S.D. of 3 replicates. Values followed by different upper case or lower case letters are significantly different (P< 0.05) within columns and rows, respectively.

ผลการศึกษาหาปริมาณความเข้มข้นของสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลอันเนื่องจากเอนไซม์และไม่ใช่ เอนไซม์ของมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ก่อนและหลังการอบแห้ง เมื่อพิจารณาจากเนื้อมะม่วงอบแห้งที่เก็บรักษาในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 25 , 35 และ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 สัปดาห์ พบว่าเนื้อมะม่วงอบแห้งที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดการทดลองที่ 7 จะมีค่าสี L^* , b^* มากที่สุด และมีค่าสี a^* น้อยที่สุด และไม่มีมีความแตกต่างกับเนื้อมะม่วงอบแห้งชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และเมื่อคำนวณหากิจกรรมของเอนไซม์และกิจกรรมของเอนไซม์ที่สามารถยับยั้งได้ พบว่าเนื้อมะม่วงอบแห้งที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดการทดลองที่ 3 จะมีค่ากิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสน้อยที่สุด และสามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสได้มากที่สุด และไม่มีมีความแตกต่างกับเนื้อมะม่วงอบแห้งที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดการทดลองที่ 7 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และเมื่อพิจารณาค่ากิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส พบว่าเนื้อมะม่วงอบแห้งที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดการทดลองที่ 7 จะมีค่ากิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสน้อยที่สุด และสามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสได้มากที่สุด และไม่มีมีความแตกต่างกับเนื้อมะม่วงอบแห้งที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดการทดลองที่ 8 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่เนื่องจากเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเป็นเอนไซม์ที่มีความคงตัวต่อความร้อน จึงใช้เป็นตัวชี้บ่งการลวก (index of browning) ที่เหมาะสมได้ (Reed, 1975) และเป็นสาเหตุสำคัญที่จะไปเร่งปฏิกิริยาการออกซิเดชันสารในกลุ่มแคโรทีนอยด์ ทำให้เกิดการสลายตัวของเบต้าแคโรทีน (สารสีเหลือง) (นิธิยา, 2549) ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เนื้อมะม่วงอบแห้งเกิดการเสื่อมเสียคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษา การยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสจึงเป็นสิ่งสำคัญในกระบวนการผลิตอาหาร และเมื่อพิจารณาค่าปริมาณความชื้นและค่ากิจกรรมของน้ำ (aw) พบว่าเนื้อมะม่วงอบแห้งที่ผ่านการแช่ในสารละลายชุดการทดลองมีค่าปริมาณความชื้นต่ำกว่า 18 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นปริมาณความชื้นสูงสุดของผลไม้แห้งตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2532) และมีค่ากิจกรรมของน้ำต่ำกว่า 0.6 ซึ่งเป็นค่าต่ำสุดสำหรับการเจริญของจุลินทรีย์ส่วนใหญ่ ดังนั้นจึงเลือกชุดการทดลองที่ 7 คือสารละลายผสมระหว่าง 4-เฮกซิลเรโซซินอล ความเข้มข้น 0.01 เปอร์เซ็นต์ ไอโซแอสคอร์บิก ความเข้มข้น 9.0 เปอร์เซ็นต์ และ โพแทสเซียมซอร์เบท ความเข้มข้น 0.85 เปอร์เซ็นต์ เป็นสูตรที่เหมาะสมในการนำไปศึกษาในตอนต่อไป เนื่องจากมีค่าสี L^* , b^* มากที่สุด และมีค่าสี a^* น้อยที่สุด แสดงว่ามีสีจางมากที่สุดหรือเกิดสีคล้ำน้อยที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับการมีค่ากิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสและเปอร์ออกซิเดส น้อยที่สุดและสามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสและเปอร์ออกซิเดสได้มากที่สุดเช่นกัน

5. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ชีวเคมี เคมี และจุลินทรีย์ของเนื้อมะม่วงอบแห้งพันธุ์โชคอนันต์ในระหว่างการเก็บรักษา

นำเนื้อมะม่วงที่ผ่านการอบแห้งมาบรรจุในถุง Aluminium foil (ALPE) ที่มีความหนา 260 gauge ในสภาวะที่มีการอัดก๊าซไนโตรเจน (Sagar et al.,1999) วางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD เพื่อทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ชีวเคมี เคมี และจุลินทรีย์ของเนื้อมะม่วงอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 , 25 และ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 สัปดาห์ โดยสุ่มตัวอย่างเนื้อมะม่วงอบแห้งมาวิเคราะห์ทางกายภาพ ชีวเคมี และเคมีทุกๆ 2 สัปดาห์ และทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสและวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ทุกๆ 4 สัปดาห์ จากนั้นนำผลที่ได้มาคำนวณอายุการเก็บรักษา

5.1 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์อบแห้ง ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 25 และ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 สัปดาห์ รายงานผลเป็นค่า L^* , a^* และ b^* ดังแสดงใน Table 4.29 - 4.31 และ Fig. 4.33 - 4.35

1) ค่าสี L^* เมื่อทำการศึกษาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงค่าสี L^* ในระหว่างการเก็บรักษาของเนื้อมะม่วงอบแห้งชุดควบคุม พบว่าเนื้อมะม่วงอบแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จะมีค่าสี L^* มากที่สุดเท่ากับ 68.39 ± 0.84 แสดงว่ามีสีจางมากที่สุด หรือมีสีคล้ำน้อยที่สุด และไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับเนื้อมะม่วงอบแห้งที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส โดยมีค่าสี L^* เท่ากับ 67.92 ± 1.06 ส่วนเนื้อมะม่วงอบแห้งที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส จะมีค่าสี L^* น้อยที่สุด โดยมีค่าสี L^* เท่ากับ 67.56 ± 0.95 อุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น จะทำให้ค่าสี L^* ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แสดงว่าเนื้อมะม่วงอบแห้งจะมีสีคล้ำเพิ่มมากขึ้น โดยเริ่มต้นเนื้อมะม่วงอบแห้งจะมีค่าสี L^* เท่ากับ 69.19 ± 1.01 และค่อยๆ ลดลงจนถึงสัปดาห์ที่ 16 โดยมีค่าสี L^* ลดลงเหลือ 67.98 ± 0.79 ส่วนการเปลี่ยนแปลงค่าสี L^* ของเนื้อมะม่วงอบแห้งชุดการทดลอง พบว่าเนื้อมะม่วงอบแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จะมีค่าสี L^* มากที่สุดเท่ากับ 67.77 ± 1.13 แสดงว่ามีสีจางมากที่สุด หรือมีสีคล้ำน้อยที่สุด และไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับเนื้อมะม่วงอบแห้งที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส โดยมีค่าสี L^* เท่ากับ 67.29 ± 1.15 ส่วนเนื้อมะม่วงอบแห้งที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส จะมีค่าสี L^* น้อยที่สุด โดยมีค่าสี L^* เท่ากับ 66.83 ± 1.25 อุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น จะทำให้ค่าสี L^* ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แสดงว่าเนื้อมะม่วงอบแห้งจะมีสีคล้ำเพิ่มมากขึ้น โดย เริ่มต้นเนื้อมะม่วงอบแห้งจะมีค่าสี L^* เท่ากับ 69.61 ± 1.50 และค่อยๆ ลดลงจนถึงสัปดาห์ที่ 16 โดยมีค่าสี L^* ลดลงเหลือ 66.86 ± 0.48 ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของกฤติยา (2546) ที่พบว่าเมื่ออุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาสูงขึ้นจะทำให้พลับกึ่งแห้งมีค่าสี L^* ลดลง แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์มีสีที่เข้มขึ้น เช่นเดียวกับการทดลองของณัญญา (2545) ที่พบว่าเมื่ออุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษาเนื้อมะม่วงแก้วอบแห้งเพิ่มมากขึ้นจะทำให้เนื้อมะม่วงแก้วอบแห้งมีค่าสี L^* ลดลง อาจเนื่องมาจากการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่มีเอนไซม์เกี่ยวข้อง (Maillard reaction) และการเก็บรักษาชั้นแอปเปิ้ลที่ผ่านการอบแห้ง ที่พบว่าเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานาน 16 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส พบว่าค่าสี L^* มีค่าลดลง (Bolin and Steele, 1987) โดยการลดลงของค่าสี L^* แสดงให้เห็นถึงการเกิดสีน้ำตาลได้ (Sapers and Douglas, 1987)

เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงค่าสี L^* ของเนื้อมะม่วงอบแห้งระหว่างเนื้อมะม่วงอบแห้งชุดควบคุมและเนื้อมะม่วงอบแห้งชุดการทดลอง พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยค่าสี L^* ของเนื้อมะม่วงอบแห้งจะมีค่าลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น

2) ค่าสี a^* เมื่อทำการศึกษาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงค่าสี a^* ในระหว่างการเก็บรักษาของเนื้อมะม่วงอบแห้งชุดควบคุม พบว่าเนื้อมะม่วงอบแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จะมีค่าสี a^* น้อยที่สุดเท่ากับ 7.09 ± 0.94 แสดงว่ามีสีแดงน้อยที่สุด หรือมีสีคล้ำน้อยที่สุด ส่วนเนื้อมะม่วงอบแห้งที่อุณหภูมิ 25 และ 35 องศาเซลเซียส พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีค่าสี a^* เท่ากับ 7.94 ± 0.79 และ 8.19 ± 1.12 ตามลำดับ อุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น จะทำให้ค่าสี a^* เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แสดงว่าเนื้อมะม่วงอบแห้งจะมีสีคล้ำเพิ่มมากขึ้น โดยเริ่มต้น เนื้อมะม่วงอบแห้งจะมีค่าสี a^* เท่ากับ 6.80 ± 0.08 และค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนถึงสัปดาห์ที่ 16 เป็น 9.03 ± 0.67

ส่วนการเปลี่ยนแปลงค่าสี a^* ของเนื้อมะม่วงอบแห้งชุดการทดลอง พบว่าเนื้อมะม่วงอบแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จะมีค่าสี a^* น้อยที่สุดเท่ากับ $7.65+0.94$ แสดงว่ามีสีแดงน้อยที่สุด หรือมีสีคล้ำน้อยที่สุด ส่วนเนื้อมะม่วงอบแห้งที่อุณหภูมิ 25 และ 35 องศาเซลเซียส พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่าสี a^* เท่ากับ $8.20+1.05$ และ $8.46+1.13$ ตามลำดับ อุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น จะทำให้ค่าสี a^* เพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) แสดงว่าเนื้อมะม่วงอบแห้งจะมีสีคล้ำเพิ่มมากขึ้น โดยเริ่มต้นเนื้อมะม่วงอบแห้งจะมีค่าสี a^* เท่ากับ $7.26+0.56$ และค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนถึงสัปดาห์ที่ 16 เป็น $9.82+0.46$ โดยการเพิ่มขึ้นของค่าสี a^* แสดงให้เห็นถึงการเกิดสีน้ำตาลได้ (Sapers and Douglas, 1987) อัตราเร็วของการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่มีเอนไซม์ เกี่ยวข้อง (Maillard reaction) และความเข้มข้นของสีน้ำตาลจะเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิในการเก็บรักษาเพิ่มสูงขึ้น ด้วย ดังนั้นการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิต่ำจะช่วยชะลอการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่มีเอนไซม์ เกี่ยวข้อง (Maillard reaction) ได้ (นิธิยา, 2549)

เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงค่าสี a^* ของเนื้อมะม่วงอบแห้งระหว่างเนื้อมะม่วงอบแห้งชุดควบคุมและเนื้อมะม่วงอบแห้งชุดการทดลอง พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยค่าสี a^* ของเนื้อมะม่วงอบแห้งจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น

3) ค่าสี b^* เมื่อทำการศึกษเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงค่าสี b^* ในระหว่างการเก็บรักษาของเนื้อมะม่วงอบแห้งชุดควบคุม พบว่าเนื้อมะม่วงอบแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จะมีค่าสี b^* มากที่สุดเท่ากับ $49.76+0.70$ แสดงว่ามีเหลืองมากที่สุด ส่วนเนื้อมะม่วงอบแห้งที่อุณหภูมิ 25 และ 35 องศาเซลเซียส พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่าสี b^* เท่ากับ $47.80+1.17$ และ $47.51+1.59$ ตามลำดับ อุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น จะทำให้ค่าสี b^* ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) แสดงว่าเนื้อมะม่วงอบแห้งจะมีเหลืองลดลง โดยเริ่มต้นเนื้อมะม่วงอบแห้งจะมีค่าสี b^* เท่ากับ $49.65+0.57$ และค่อยๆ ลดลงจนถึงสัปดาห์ที่ 16 โดยมีค่าสี b^* ลดลงเหลือ $48.58+0.91$ สอดคล้องกับการทดลองของภทรมาศ (2547) ที่พบว่าเมื่อเก็บรักษาเนื้อมะม่วงพันธุ์มหาชนกแช่เยือกแข็งเป็นเวลานานจะทำให้สารแคโรทีนอยด์ (สารสีเหลือง) เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน เช่นเดียวกับการลดลงของปริมาณเบต้า-แคโรทีน ในการอบแห้งแอปเปิ้ล เนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน และเมื่อใช้สารประกอบซัลไฟด์ พบว่าสามารถช่วยลดการเกิดสีน้ำตาลได้ (Karabulut et al., 2007) โดยเอนไซม์ที่เป็นสาเหตุสำคัญในการเร่งปฏิกิริยาการสลายตัวของสารแคโรทีนอยด์ คือเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส จะมาทำลายโครงสร้างโดยจะออกซิไดซ์สารแคโรทีนอยด์ที่อยู่ภายในเซลล์ในรูปของ pigment-protein complex ซึ่งมีความเสถียรมาก ให้อยู่ในรูปอิสระ จึงเกิดการเสื่อมสลายได้ง่าย (นิธิยา, 2549) ดังนั้นการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์เปอร์-ออกซิเดสจะช่วยป้องกันการสลายตัวของสารแคโรทีนอยด์ในเนื้อมะม่วงอบแห้งได้ส่วนการเปลี่ยนแปลงค่าสี b^* ของเนื้อมะม่วงอบแห้งชุดการทดลอง พบว่าเนื้อมะม่วงอบแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จะมีค่าสี b^* มากที่สุดเท่ากับ $48.15+0.93$ แสดงว่ามีเหลืองมากที่สุด ส่วนเนื้อมะม่วงอบแห้งที่อุณหภูมิ 25 และ 35 องศาเซลเซียส พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่าสี b^* เท่ากับ $46.64+1.10$ และ $46.66+1.44$ ตามลำดับ อุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น จะทำให้ค่าสี b^* ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) แสดงว่าเนื้อมะม่วงอบแห้งจะมีเหลืองลดลง โดยเริ่มต้นเนื้อมะม่วงอบแห้งจะมีค่าสี b^* เท่ากับ $48.66+0.81$ และค่อยๆ ลดลงจนถึงสัปดาห์ที่ 16 โดยมีค่าสี b^* ลดลงเหลือ $47.90+0.75$ ซึ่งสอดคล้องกับการลดลงของค่าสี L^* (Table 4.22) เช่นเดียวกับการทดลองของกฤติยา (2546) ที่พบว่าเมื่ออุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาสูงขึ้นจะทำให้ค่าสี b^* ลดลง และการทดลองของณัญญา (2545) ที่พบว่าเมื่ออุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษาเนื้อมะม่วงแก้วอบแห้งเพิ่มมากขึ้น จะทำให้

เนื้อมะม่วงแก้วอบแห้งมีค่าสี b^* ลดลง ดังนั้นการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่มีสารแคโรทีนอยด์ที่อุณหภูมิต่ำ จะช่วยชะลอการสูญเสียสารแคโรทีนอยด์ได้ สอดคล้องกับการเก็บรักษาชิ้นมะเขือเทศที่อุณหภูมิ -30 องศาเซลเซียส พบว่าจะมีการสูญเสียปริมาณเบต้า-แคโรทีน และสารประกอบอื่นๆ น้อยกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเท่ากัน (Lisiewska and Kmiecik, 2000)

เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงค่าสี b^* ของเนื้อมะม่วงอบแห้งระหว่างเนื้อมะม่วงอบแห้งชุดควบคุมและเนื้อมะม่วงอบแห้งชุดการทดลอง พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยค่าสี b^* ของเนื้อมะม่วงอบแห้งจะมีค่าลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น

5.2 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางชีวเคมี วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส และเปอร์ออกซิเดส ของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์อบแห้ง ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 25 และ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 สัปดาห์ ดังแสดงใน Table 4.32-4.37 และ Fig. 4.36a - 4.36b

1) กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส เมื่อทำการศึกษาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสในระหว่างการเก็บรักษาของเนื้อมะม่วงอบแห้งชุดควบคุม พบว่าเนื้อมะม่วงอบแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จะมีค่ากิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสน้อยที่สุดเท่ากับ 21.35 ± 6.67 หน่วย/มิลลิลิตร/นาที และยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ได้เท่ากับ 73.59 ± 6.98 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเนื้อมะม่วงอบแห้งที่อุณหภูมิ 25 และ 35 องศาเซลเซียส พบว่าจะมีค่ากิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสเท่ากับ 32.78 ± 11.90 และ 35.04 ± 13.68 หน่วย/มิลลิลิตร/นาที ตามลำดับ และยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ได้เท่ากับ 74.88 ± 7.74 และ 77.18 ± 7.40 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อุณหภูมิในการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น จะทำให้ค่ากิจกรรมของเอนไซม์ โพลีฟีนอลออกซิเดสเพิ่มมากขึ้น โดยเริ่มต้นเนื้อมะม่วงอบแห้งจะมีค่ากิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสเท่ากับ 28.86 ± 3.76 หน่วย/มิลลิลิตร/นาที และยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ได้เท่ากับ 73.78 ± 2.72 เปอร์เซ็นต์ และมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นๆ ลงๆ ระหว่างการเก็บรักษาในช่วงสัปดาห์ที่ 2-14 และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 16 สัปดาห์ พบว่าเนื้อมะม่วงอบแห้งจะมีค่ากิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสเท่ากับ 37.79 ± 11.61 หน่วย/มิลลิลิตร/นาที และยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ได้เท่ากับ 71.15 ± 8.14 เปอร์เซ็นต์ การที่กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นๆ ลงๆ เช่นเดียวกับค่าสี L^* (Table 4.22) ในระหว่างการเก็บรักษา แสดงว่ากิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอล ออกซิเดส อาจเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลได้ โดยจะเป็นตัวเร่งทำให้เกิดปฏิกิริยาไฮดรอกซิเลชันได้เป็น ออร์โท-ไดฟีนอล (o - diphenol) สารนี้จะถูกออกซิไดส์ต่อไปเป็น ออร์โท-ควิโนน (o - quinone) ควิโนนที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาที่เร่งด้วยเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสนี้จะรวมตัวกันและเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดกับสารประกอบฟีนอลอื่นๆ หรือกับกรดอะมิโนได้เป็นสารประกอบเชิงซ้อนสีน้ำตาล (นิริยา, 2549)

Table 4.29 Changes in L* value of dried mango during storage in different condition.

สภาวะการเก็บ (องค์ประกอบ)		ค่าสี L*									
		ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)									
		0	2	4	6	8	10	12	14	16	ค่าเฉลี่ย
ชุดควบคุม											
4	69.19 + 1.30	69.07 + 1.40	67.69 + 0.70	68.08 + 0.06	67.31 + 0.39	68.23 + 1.07	68.53 + 0.09	68.87 + 0.11	68.58 + 0.53	68.39a + 0.84	
25	69.19 + 1.30	68.40 + 0.44	68.59 + 0.42	67.93 + 0.84	66.58 + 0.22	66.76 + 1.27	66.93 + 0.23	68.71 + 0.04	68.22 + 0.50	67.92ab + 1.06	
35	69.19 + 1.30	67.88 + 0.72	67.19 + 0.02	67.03 + 1.29	66.51 + 0.12	67.38 + 0.60	68.25 + 0.88	67.51 + 0.13	67.14 + 0.60	67.56b + 0.95	
ค่าเฉลี่ย	69.19A + 1.01	68.45AB + 0.91	67.82B + 0.73	67.68BC + 0.86	66.80C + 0.45	67.45BC + 1.03	67.90B + 0.87	68.36AB + 0.67	67.98B + 0.79	+	
ชุดการทดลอง											
4	69.61 + 1.93	68.12 + 0.09	67.95 + 0.95	68.16 + 1.18	66.70 + 0.40	67.09 + 0.82	67.78 + 0.98	67.93 + 0.21	66.62 + 0.82	67.77a + 1.13	
25	69.61 + 1.93	66.89 + 0.15	66.95 + 0.59	67.56 + 0.57	66.48 + 0.08	66.35 + 1.65	67.17 + 0.69	67.44 + 0.04	67.20 + 0.31	67.29ab + 1.15	
35	69.61 + 1.93	66.24 + 0.31	66.98 + 0.12	66.76 + 0.53	65.79 + 0.91	65.96 + 0.95	66.86 + 0.39	66.50 + 0.55	66.76 + 0.01	66.83b + 1.25	
ค่าเฉลี่ย	69.61A + 1.50	67.08B + 0.87	67.29B + 0.72	67.49B + 0.89	66.32B + 0.62	66.47B + 1.06	67.27B + 0.70	67.29B + 0.70	66.86B + 0.48	+	

Data expressed as means $\pm$ S.D. of 3 replicates. Values followed by different upper case or lower case letters are significantly different (P< 0.05) within columns and rows, respectively.

Table 4.30 Changes in a* value of dried mango during storage in different condition.

สภาวะการเก็บ (องค์ประกอบเฉลี่ย)		ค่าสี a *									
		ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)									
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	ค่าเฉลี่ย	
ชุดควบคุม											
4	6.80 + 0.11	6.80 + 0.98	7.12 + 1.10	6.93 + 0.76	5.85 + 0.59	7.27 + 0.80	7.89 + 0.53	6.44 + 0.23	8.69 + 0.25	7.09b + 0.94	
25	6.80 + 0.11	7.58 + 0.07	7.96 + 0.86	8.09 + 0.46	7.26 + 0.24	7.61 + 0.00	8.51 + 0.07	8.57 + 0.21	9.09 + 1.14	7.94a + 0.79	
35	6.80 + 0.11	7.60 + 0.38	6.58 + 0.00	8.17 + 0.28	8.04 + 0.50	8.64 + 0.89	8.74 + 0.62	9.86 + 0.51	9.33 + 0.67	8.19a + 1.12	
ค่าเฉลี่ย	6.80E + 0.08	7.33CDE + 0.62	7.22CDE + 0.88	7.73BCD + 0.75	7.05DE + 1.06	7.84BC + 0.83	8.38AB + 0.54	8.29B + 1.57	9.03A + 0.67		
ชุดการทดลอง											
4	7.26 + 0.72	7.07 + 0.93	7.39 + 0.20	7.71 + 0.51	6.86 + 1.06	6.96 + 0.88	7.85 + 1.06	8.40 + 0.43	9.34 + 0.16	7.65b + 0.94	
25	7.26 + 0.72	7.71 + 0.27	7.79 + 0.40	7.82 + 0.35	7.25 + 0.20	7.80 + 0.57	8.22 + 0.28	10.00 + 0.35	9.92 + 0.20	8.20a + 1.05	
35	7.26 + 0.72	7.68 + 0.47	7.19 + 0.21	8.03 + 0.09	8.05 + 0.45	8.65 + 0.62	9.13 + 0.40	9.98 + 0.53	10.19 + 0.47	8.46a + 1.13	
ค่าเฉลี่ย	7.26C + 0.56	7.49C + 0.58	7.46C + 0.35	7.85BC + 0.32	7.39C + 0.75	7.80BC + 0.93	8.40B + 0.79	9.46A + 0.89	9.82A + 0.46		

Data expressed as means $\pm$ S.D. of 3 replicates. Values followed by different upper case or lower case letters are significantly different (P< 0.05) within columns and rows, respectively.

Table 4.31 Changes in b* value of dried mango during storage in different condition.

ค่าสี่ b*											
ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)											
0	2	4	6	8	10	12	14	16	ค่าเฉลี่ย		
ชุดควบคุม											
4	49.65 + 0.74	49.77 + 0.95	50.30 + 0.40	49.23 + 0.91	49.91 + 0.86	49.25 + 0.95	50.75 + 0.24	49.37 + 0.39	49.46 + 0.46	49.76a + 0.70	
25	49.65 + 0.74	47.01 + 0.62	47.78 + 0.42	46.86 + 0.32	46.98 + 0.78	46.57 + 0.40	47.70 + 1.11	49.11 + 1.11	48.54 + 0.28	47.80b + 1.17	
35	49.65 + 0.74	48.45 + 0.64	48.64 + 0.07	46.08 + 0.80	46.03 + 0.22	45.11 + 1.43	48.03 + 1.32	47.91 + 1.39	47.75 + 0.98	47.51b + 1.59	
ค่าเฉลี่ย	49.65A + 0.57	48.41BC + 1.36	48.90AB + 1.18	47.39CD + 1.57	47.85BCD + 2.18	47.19D + 2.33	48.32BC + 1.15	48.79AB + 1.07	48.58B + 0.91		
ชุดการทดลอง											
4	48.66 + 1.04	47.92 + 0.42	48.76 + 1.04	47.47 + 0.71	47.18 + 0.57	48.33 + 1.56	48.08 + 1.24	49.15 + 0.31	47.80 + 1.02	48.15a + 0.93	
25	48.66 + 1.04	46.63 + 0.05	46.75 + 0.64	45.65 + 0.26	46.06 + 1.31	45.50 + 0.50	46.09 + 1.17	46.94 + 0.04	47.49 + 0.57	46.64b + 1.10	
35	48.66 + 1.04	46.15 + 0.51	46.81 + 0.42	44.92 + 0.45	44.83 + 1.00	46.07 + 1.28	47.15 + 1.10	46.96 + 0.52	48.41 + 0.75	46.66b + 1.44	
ค่าเฉลี่ย	48.66A + 0.81	46.90BCD + 0.87	47.44BC + 1.17	46.01D + 1.24	46.02D + 1.31	46.63CD + 1.63	47.10BCD + 1.27	47.68ABC + 1.17	47.90AB + 0.75		

Data expressed as means $\pm$ S.D. of 3 replicates. Values followed by different upper case or lower case letters are significantly different (P< 0.05) within columns and rows, respectively.

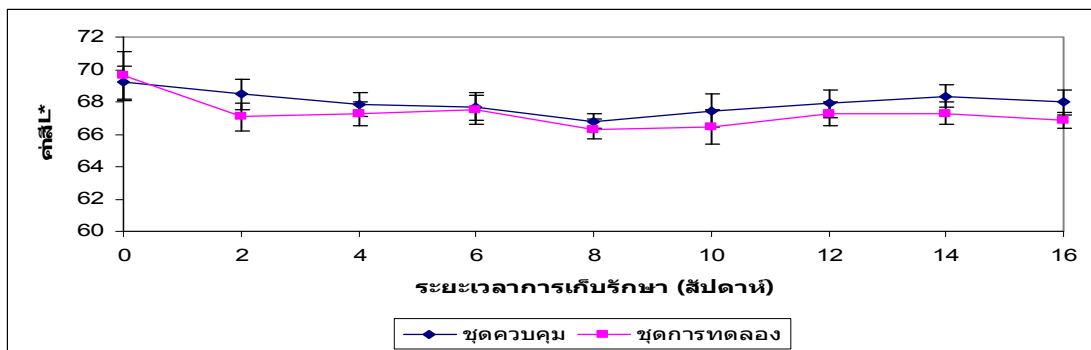


Figure 4.32: Comparison in L* value between dried sulphited mango and dried treated mango during storage in different condition. Values represent mean $\pm$ S.D. of three replicates. Sulphiting treatment.

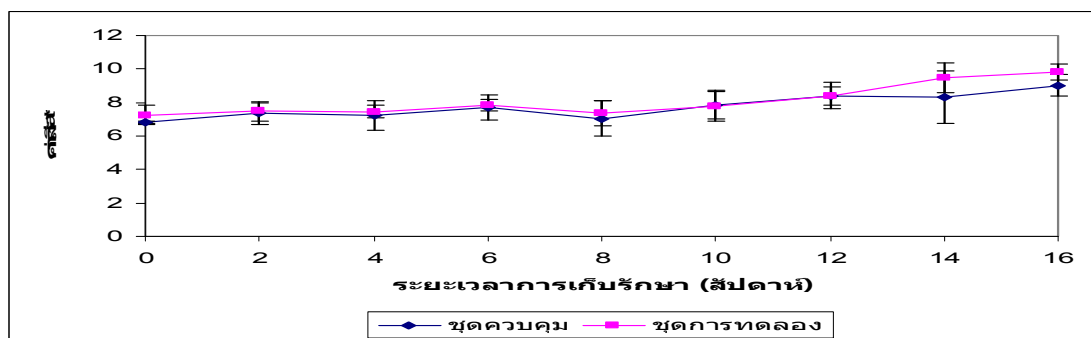


Figure 4.33: Comparison in a* value between dried sulphited mango and dried treated mango during storage in different condition. Values represent mean $\pm$ S.D. of three replicates. Sulphiting treatment.

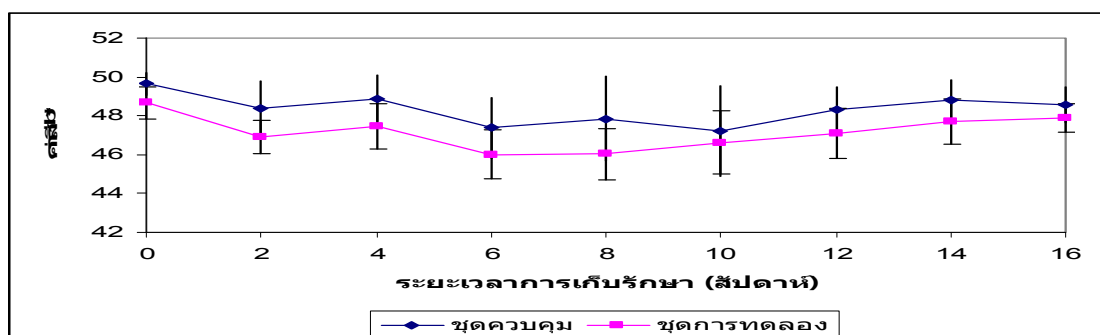


Figure 4.34: Comparison in b* value between dried sulphited mango and dried treated mango during storage in different condition. Values represent mean $\pm$ S.D. of three replicates. Sulphiting treatment.

ส่วนการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสของเนื้อมะม่วงอบแห้งชุดการทดลอง พบว่าเนื้อมะม่วงอบแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 , 25 และ 35 องศาเซลเซียส ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่ากิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสเท่ากับ $0.95+0.55$, $1.11+0.49$ และ $1.17+0.64$ หน่วย/มิลลิลิตร/นาที่ ตามลำดับ และยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ได้เท่ากับ $98.83+0.62$, $99.05+0.46$ และ $99.21+0.47$ เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยเริ่มต้นเนื้อมะม่วงอบแห้งจะมีค่ากิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอล ออกซิเดสเท่ากับ $1.80+0.12$ หน่วย/มิลลิลิตร/นาที่ และยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ได้เท่ากับ $98.37+0.06$ เปอร์เซ็นต์ และมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นๆ ลงๆ ระหว่างการเก็บรักษาในช่วงสัปดาห์ที่ 2-14 และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 16 สัปดาห์ พบว่าเนื้อมะม่วงอบแห้งจะมีค่ากิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสเท่ากับ $0.38+0.33$ หน่วย/มิลลิลิตร/นาที่ และยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ได้เท่ากับ $99.65+0.30$ เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสของเนื้อมะม่วงอบแห้งระหว่างเนื้อมะม่วงอบแห้งชุดควบคุมและเนื้อมะม่วงอบแห้งชุดการทดลอง พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) โดยกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสของเนื้อมะม่วงอบแห้งชุดควบคุมจะมีค่ามากกว่าเนื้อมะม่วงอบแห้งชุดการทดลองตั้งแต่สัปดาห์แรกจนถึงสัปดาห์ที่ 16 อาจเนื่องมาจากการแช่เนื้อมะม่วงในสารละลายผสมระหว่าง 4-เฮกซิลเรโซซินอล ความเข้มข้น 0.01เปอร์เซ็นต์ ไอโซแอสคอร์บิก ความเข้มข้น 9.0 เปอร์เซ็นต์ และ โพแทสเซียมซอร์เบท ความเข้มข้น 0.85 เปอร์เซ็นต์ ก่อนนำไปอบแห้งจะช่วยลดการเกิดสีน้ำตาลได้ สอดคล้องกับการแช่ชิ้นลูกแพร์ในสารละลายผสมระหว่างสารละลาย 4-เฮกซิลเรโซซินอล ความเข้มข้น 1 มิลลิโมลาร์ ไอโซแอสคอร์บิก ความเข้มข้น 0.5 โมลาร์ เอ็น-อะซีติลซิสเตอีน ความเข้มข้น 25 มิลลิโมลาร์ และ โพแทสเซียมซอร์เบท ความเข้มข้น 50 มิลลิโมลาร์ พบว่าสามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้ นาน 14 วัน ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส (Buta and Abbott, 2000) แต่พบว่าค่าสี L^* ของชุดควบคุมคือเนื้อมะม่วงที่ผ่านการแช่ในสารละลายโซเดียมไฮโดรเจนซัลไฟด์มีค่ามากกว่าชุดการทดลอง อาจเป็นเพราะเนื้อมะม่วงอบแห้งในชุดการทดลองนั้นเกิดสีน้ำตาลอันเนื่องมาจากการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่มีเอนไซม์เกี่ยวข้อง (Maillard reaction) ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่ออาหารได้รับความร้อนทำให้มีการสูญเสียน้ำ (dehydration) มีการสลายตัว (degradation) และมีการรวมตัวกัน (condensation) ของหมู่อะมิโนกับสารประกอบรีดิวซิง เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนสีน้ำตาล ทำให้เนื้อมะม่วงอบแห้งเกิดสี คล้ำมากขึ้น ส่วนสารประกอบซัลไฟด์พบว่าจะไปยับยั้งปฏิกิริยาการรวมตัวกันของสารประกอบที่มีหมู่คาร์บอนิลกับเอมีน ทำให้ไม่เกิดพอลิเมอร์เชชัน ได้เป็นเมลานอยดิน (สารสีน้ำตาล) ได้ (นิธิยา, 2549)

Table 4.32 Changes in polyphenol oxidase activity of dried mango during storage in different condition.

ค่ากิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (หน่วย/มิลลิลิตร/นาที) ที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร											
ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)											
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	ค่าเฉลี่ย	
ชุดควบคุม											
4	28.86 + 4.85	18.73 + 1.65	31.97 + 0.28	15.16 + 0.03	15.02 + 2.79	26.18 + 0.47	17.63 + 0.30	13.82 + 0.09	24.78 + 0.70	21.35c + 6.67	
25	28.86 + 4.85	10.63 + 1.87	27.42 + 5.90	29.70 + 8.47	32.79 + 1.29	54.66 + 1.34	39.68 + 2.33	30.02 + 2.47	38.61 + 5.95	32.48b + 11.90	
35	28.86 + 4.85	14.40 + 1.09	39.90 + 0.21	52.67 + 1.00	23.82 + 0.25	20.87 + 0.11	35.72 + 0.54	49.20 + 7.53	49.98 + 1.21	35.04a + 13.68	
ค่าเฉลี่ย	28.86C + 3.76	14.59E + 3.82	33.09BC + 6.24	32.51BC + 17.34	23.87D + 8.07	33.90AB + 16.27	31.01BC + 10.57	31.01BC + 16.23	37.79A + 11.61		
ชุดการทดลอง											
4	1.80 + 0.15	1.00 + 0.13	0.64 + 0.15	0.88 + 0.16	1.02 + 0.12	1.92 + 0.26	0.53 + 0.07	0.42 + 0.02	0.42 + 0.07	0.95ns + 0.55	
25	1.80 + 0.15	0.86 + 0.02	1.17 + 0.04	0.96 + 0.01	1.32 + 0.24	1.29 + 0.11	1.10 + 0.04	1.47 + 0.04	0.00 + 0.00	1.11ns + 0.49	
35	1.80 + 0.15	0.43 + 0.00	1.53 + 0.14	1.04 + 0.04	1.55 + 0.75	0.53 + 0.28	2.19 + 0.45	0.79 + 0.06	0.72 + 0.07	1.17ns + 0.64	
ค่าเฉลี่ย	1.80A + 0.12	0.76BC + 0.27	1.11B + 0.41	0.96B + 0.10	1.30AB + 0.43	1.25AB + 0.65	1.27AB + 0.78	0.89BC + 0.48	0.38C + 0.33		

Data expressed as means $\pm$ S.D. of 3 replicates. Values followed by different upper case or lower case letters are significantly different (P< 0.05) within columns and rows, respectively.

Table 4.33 Comparison in polyphenol oxidase activity between dried sulphited mango and dried treated mango during storage in different condition.

ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)	ค่ากิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (หน่วย/มิลลิลิตร/นาที)	
	ชุดควบคุม	ชุดการทดลอง
0	28.86A + 3.76	1.80B + 0.12
2	14.59 A + 3.82	0.76 B + 0.27
4	33.09 A + 6.24	1.11 B + 0.41
6	32.51 A + 17.34	0.96 B + 0.10
8	23.87 A + 8.07	1.30 B + 0.43
10	33.90 A + 16.27	1.25 B + 0.65
12	31.01 A + 10.57	1.27 B + 0.78
14	31.01 A + 16.23	0.89 B + 0.48
16	37.79 A + 11.61	0.38 B + 0.33

Data expressed as means $\pm$ S.D. of 3 replicates. Values followed by different upper case or lower case letters are significantly different ($P < 0.05$) within columns and rows, respectively.

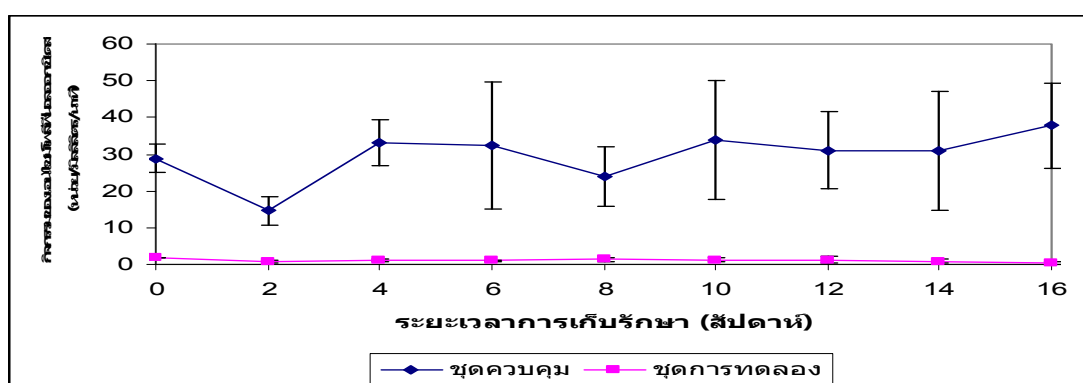


Figure 4.35a: Comparison in polyphenol oxidase activity between dried sulphited mango and dried treated mango during storage in different condition. Values represent mean $\pm$ S.D. of three replicates. Sulphiting, treatment.

Table 4.34 Changes in inhibition of polyphenol oxidase activity of dried mango during storage in different condition.

สภาวะการเก็บ (องศาเซลเซียส)		การยับยั้งเอนไซม์ (%)									
		ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)									
		0	2	4	6	8	10	12	14	16	ค่าเฉลี่ย
ชุดควบคุม											
4	73.78 + 3.51	78.83 + 2.98	63.71 + 1.07	77.33 + 1.56	78.80 + 4.41	67.10 + 4.72	79.97 + 1.07	78.47 + 2.77	64.32 + 5.95	73.59b + 6.98	
25	73.78 + 3.51	86.97 + 1.82	67.25 + 4.44	64.05 + 3.97	74.41 + 3.88	67.58 + 1.00	77.06 + 2.04	82.40 + 0.71	80.42 + 3.30	74.88b + 7.74	
35	73.78 + 3.51	84.11 + 2.33	77.18 + 0.70	70.27 + 1.32	87.10 + 0.00	87.22 + 0.59	77.39 + 2.26	68.89 + 2.13	68.70 + 2.77	77.18a + 7.40	
ค่าเฉลี่ย	73.78CD + 2.72	83.30A + 4.14	69.38E + 6.58	70.55DE + 6.27	80.10AB + 6.33	73.97CD + 10.49	78.13B + 2.03	76.59BC + 6.42	71.15DE + 8.14		
ชุดการทดลอง											
4	98.37 + 0.08	98.89 + 0.09	99.28 + 0.14	98.70 + 0.16	98.57 + 0.20	97.58 + 0.63	99.40 + 0.11	99.35 + 0.11	99.39 + 0.22	98.83c + 0.62	
25	98.37 + 0.08	98.95 + 0.01	98.60 + 0.06	98.81 + 0.20	98.98 + 0.07	99.24 + 0.11	99.37 + 0.00	99.15 + 0.00	100.00 + 0.00	99.05b + 0.46	
35	98.37 + 0.08	99.53 + 0.04	99.12 + 0.11	99.42 + 0.06	99.16 + 0.42	99.68 + 0.19	98.60 + 0.44	99.50 + 0.08	99.55 + 0.01	99.21a + 0.47	
ค่าเฉลี่ย	98.37E + 0.06	99.12BC + 0.32	99.00CD + 0.33	98.98CD + 0.36	98.90CD + 0.34	98.83D + 1.03	99.12BC + 0.45	99.33B + 0.17	99.65A + 0.30		

Data expressed as means $\pm$ S.D. of 3 replicates. Values followed by different upper case or lower case letters are significantly different (P< 0.05) within columns and rows, respectively.

2) กิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส เมื่อทำการศึกษาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสใน ระหว่างการเก็บรักษาของเนื้อมะม่วงอบแห้งชุดควบคุม พบว่าเนื้อมะม่วงอบแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 , 25 และ 35 องศาเซลเซียส ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่ากิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเท่ากับ $232.70+176.40$, $246.99+203.31$ และ $276.71+168.86$ หน่วย/มิลลิลิตร/นาที่ ตามลำดับ และยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ได้เท่ากับ $79.92+3.21$, $75.51+6.69$ และ $73.86+7.67$ เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยเริ่มต้นเนื้อมะม่วงอบแห้งจะมีค่ากิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเท่ากับ $81.79+10.40$ หน่วย/มิลลิลิตร/นาที่ และยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ได้เท่ากับ $82.10+3.30$ เปอร์เซ็นต์ และมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นๆ ลงๆ ในระหว่างการเก็บรักษาในช่วงสัปดาห์ที่ 2-12 จากนั้นจะมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงสัปดาห์ที่ 14-16 และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 16 สัปดาห์ พบว่าเนื้อมะม่วงอบแห้งจะมีค่ากิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเท่ากับ $607.24+29.56$ หน่วย/มิลลิลิตร/นาที่ และยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ได้เท่ากับ $71.19+6.13$ เปอร์เซ็นต์ โดยเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสมีความสัมพันธ์กับความผิดปกติของสี (off-color) และรสชาติ (off-flavor) ของผักและผลไม้ที่ไม่ผ่านการลวก (Robinson, 2000) และเป็นสาเหตุสำคัญที่จะไปเร่งปฏิกิริยาการออกซิเดชันสารในกลุ่มแคโรทีนอยด์ ทำให้เกิดการสลายตัวของเบต้า-แคโรทีน (สารสีเหลือง) ซึ่งเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสจะทำลายโครงสร้างโดยจะออกซิไดซ์สารแคโรทีนอยด์ที่อยู่ภายในเซลล์ในรูปของ pigment-protein complex ซึ่งมีความเสถียรมากให้อยู่ในรูปอิสระ จึงเกิดการเสื่อมสลายได้ง่าย (นิธิยา, 2549) ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เนื้อมะม่วงอบแห้งเกิดการเสื่อมเสียคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษา สอดคล้องกับการลดลงของค่าสี b^* (Table 4.2.24) แสดงว่าเนื้อมะม่วงมีสีเหลืองลดลงเนื่องจากการสูญเสียปริมาณแคโรทีนอยด์ และเนื่องจากเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเป็นเอนไซม์ที่มีความคงตัวต่อความร้อน จึงใช้เป็นตัวชี้บ่งการลวก (index of browning) ที่เหมาะสมได้ (Reed, 1975) อัตราการสูญเสียปริมาณแคโรทีนอยด์เนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน ไม่ได้ขึ้นกับออกซิเจนเพียงอย่างเดียว แต่ยังขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ , ความเข้มของแสง และความร้อน เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาด้วย (Crawley , 1993) เช่นเดียวกับการเก็บรักษาเนื้อแอปเปิลอบแห้ง พบว่า 60-70 เปอร์เซ็นต์ จะเป็นการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่มีเอนไซม์เกี่ยวข้อง (Maillard reaction) ในสภาวะที่มีออกซิเจน และอีก 20-30 เปอร์เซ็นต์ จะเป็นการเกิดสีน้ำตาลในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจน (Bolin and Steele, 1987) ดังนั้นการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสจึงเป็นสิ่งสำคัญในกระบวนการผลิตอาหาร เช่นเดียวกับการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในเนื้อมะม่วงเข้มข้นโดยการนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 6 นาที พบว่าสามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในเนื้อมะม่วงเข้มข้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ ก่อนนำไปแช่เยือกแข็งและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส (Salunkhe and Desai, 1984) และการให้ความร้อนไปผักชีฝรั่งที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส นาน 1.5 นาที ก่อนนำไปแช่เยือกแข็งและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส พบว่าสามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสได้อย่างมีประสิทธิภาพนาน 3 เดือน (Lisiewska and Kmiecik, 2000)

ส่วนการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสของเนื้อมะม่วงอบแห้งชุดการทดลอง พบว่าไม่พบกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เช่นเดียวกับการทดลองของรัตน (2551) ที่พบว่าเมื่อให้ความร้อนโดยการพลาสเจอไรซ์ลำไยในน้ำเชื่อมที่อุณหภูมิ 93 องศาเซลเซียส จะไม่พบกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสตลอดอายุการเก็บรักษานาน 28 วัน อาจเนื่องมาจากการแช่เนื้อมะม่วงในสารละลายผสมระหว่าง 4-เฮกซิลเรโซซินอล ความเข้มข้น 0.01 เปอร์เซ็นต์ ไอโซแอสคอร์บิก ความเข้มข้น 9.0 เปอร์เซ็นต์ และ โพแทสเซียมซอร์เบท ความเข้มข้น 0.85 เปอร์เซ็นต์ ก่อนนำไปอบแห้งจะช่วยลดการเกิดสีน้ำตาลได้ สอดคล้องกับการแช่ชิ้นลูกแพร์ในสารละลายผสมระหว่างสารละลาย 4-เฮกซิลเรโซซินอล

ความเข้มข้น 1 มิลลิโมลาร์ ไอโซแอสคอร์บิก ความเข้มข้น 0.5 โมลาร์ เอ็น-อะซีติลซีสเทอีน ความเข้มข้น 25 มิลลิโมลาร์ และโพแทสเซียมซอร์เบท ความเข้มข้น 50 มิลลิโมลาร์ พบว่าสามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้ นาน 14 วัน ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส (Buta and Abbott, 2000) และการแช่เนื้อแคนตาลูปในสารละลายกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 1.25 และ 2.5 มิลลิโมลาร์ นาน 1 นาที พบว่าสามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสได้ 60 เปอร์เซ็นต์ ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 15 วัน และยิ่งเก็บไว้นานขึ้นกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส ยิ่งลดน้อยลง (Lamikanra and Watson, 2001) แต่การใช้ปริมาณกรดแอสคอร์บิกสูงเกินไป สามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลที่มีเอนไซม์เป็นตัวเร่งได้ แต่ในปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่มีเอนไซม์เกี่ยวข้อง (Maillard reaction) นั้น อาจทำให้เกิดปฏิกิริยานี้ได้เร็วขึ้น เนื่องจาก oxidative degradation ของกรดแอสคอร์บิก และทำปฏิกิริยาต่อกับสารประกอบคาร์บอนิลผ่านเข้าทางคอนเดนเซชัน หรือทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนเกิดเป็นสารสีน้ำตาลได้ (นิธิยา, 2549) สอดคล้องกับค่าสี L* ของชุดควบคุมคือเนื้อมะม่วงที่ผ่านการแช่ในสารละลายโซเดียมไฮโดรเจนซัลไฟด์จะมีค่ามากกว่าชุดการทดลอง อาจเป็นเพราะเนื้อมะม่วงอบแห้งในชุดการทดลองนั้นเกิดสีน้ำตาลอันเนื่องมา จากการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่มีเอนไซม์เกี่ยวข้อง (Maillard reaction) ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่ออาหารได้รับความร้อนทำให้มีการสูญเสียน้ำ (dehydration) มีการสลายตัว (degradation) และมีการรวมตัวกัน (condensation) ของหมู่อะมิโนกับสารประกอบรีดิวซิง เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนสีน้ำตาล ทำให้เนื้อ มะม่วงอบแห้งเกิดสีคล้ำมากขึ้น ส่วนสารประกอบซัลไฟด์พบว่าจะไปยับยั้งปฏิกิริยาการรวมตัวกันของสารประกอบที่มีหมู่คาร์บอนิลกับเอมีน ทำให้ไม่เกิดพอลิเมอร์ไรเซชัน ได้เป็นเมลานอยดิน (สารสีน้ำตาล) ได้ (นิธิยา, 2549) เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสของเนื้อมะม่วงอบแห้งระหว่างเนื้อมะม่วงอบแห้งชุดควบคุมและเนื้อมะม่วงอบแห้งชุดการทดลอง พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

Table 4.35 Changes in peroxidase activity of dried mango during storage in different condition.

ค่ากิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (หน่วยมิลลิลิตร/นาที) ที่ความยาวคลื่น 470 นาโนเมตร											
ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)											
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	ค่าเฉลี่ย	
ชุดควบคุม											
4	81.79 + 13.43	154.15 + 22.42	112.12 + 6.05	219.75 + 10.95	123.28 + 14.59	136.00 + 1.58	201.44 + 0.45	439.44 + 20.93	626.33 + 13.63	232.70ns + 176.40	
25	81.79 + 13.43	146.96 + 3.73	95.73 + 14.75	165.07 + 26.78	188.84 + 2.32	188.44 + 2.77	136.18 + 17.40	633.00 + 9.83	586.88 + 12.67	246.99ns + 203.31	
35	81.79 + 13.43	185.51 + 24.01	160.07 + 20.39	148.39 + 2.29	365.80 + 1.07	478.66 + 22.95	244.17 + 29.81	217.48 + 10.80	608.52 + 49.61	276.71ns + 168.86	
ค่าเฉลี่ย	81.79E + 10.40	162.20CDE + 23.55	122.64DE + 32.06	177.73CDE + 35.82	225.97CD + 112.40	267.70C + 165.41	193.93CDE + 51.04	429.97B + 186.32	607.24A + 29.56		
ชุดการทดลอง											
4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
25	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
35	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
ค่าเฉลี่ย	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

Data expressed as means $\pm$ S.D. of 3 replicates. Values followed by different upper case or lower case letters are significantly different (P< 0.05) within columns and rows, respectively. ND = Not Detected

Table 4.36 Comparison in peroxidase activity between dried sulphited mango and dried treated mango during storage in different condition.

ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)	ค่ากิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (หน่วย/มิลลิลิตร/นาที)	
	ชุดควบคุม	ชุดการทดลอง
0	81.79A + 10.40	ND
2	162.20 A + 23.55	ND
4	122.64 A + 32.06	ND
6	177.73 A + 35.82	ND
8	225.97 A + 112.40	ND
10	267.70 A + 165.41	ND
12	193.93 A + 51.04	ND
14	429.97 A + 186.32	ND
16	607.24 A + 29.56	ND

Data expressed as means $\pm$ S.D. of 3 replicates. Values followed by different upper case or lower case letters are significantly different ($P < 0.05$) within columns and rows, respectively ND = Not Detected

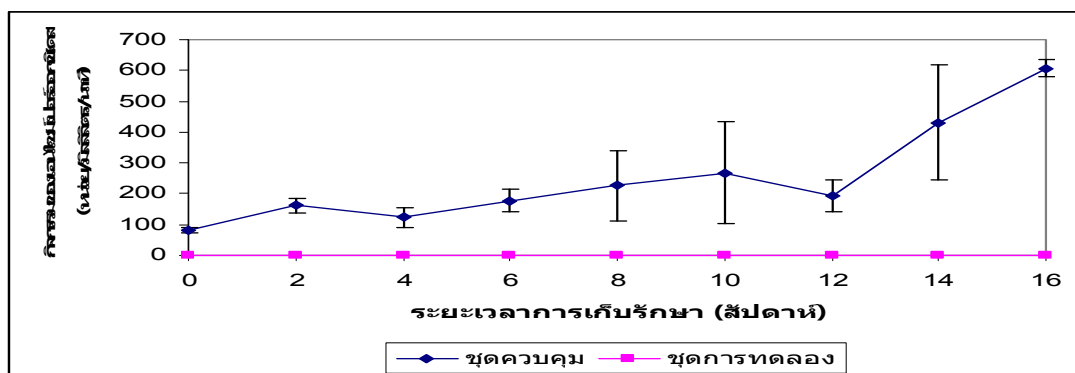


Figure 4.35b: Comparison in peroxidase activity between dried sulphited mango and dried treated mango during storage in different condition. Values represent mean $\pm$ S.D. of three replicates. Sulphiting treatment.

Table 4.37 Changes in inhibition of peroxidase activity of dried mango during storage in different condition.

สภาวะการเก็บ (องศาเซลเซียส)		การยับยั้งเอนไซม์ (%)									
		0	2	4	6	8	10	12	14	16	ค่าเฉลี่ย
ชุดควบคุม											
4	82.10 + 4.26	81.68 + 3.69	81.46 + 0.25	77.88 + 1.35	81.90 + 1.87	83.07 + 0.11	79.06 + 0.29	73.80 + 0.35	78.34 + 0.04	79.92a + 3.21	
25	82.10 + 4.26	79.45 + 1.46	83.11 + 4.21	71.98 + 3.70	68.72 + 0.30	77.39 + 0.73	81.39 + 2.67	65.06 + 2.04	70.45 + 0.89	75.51b + 6.69	
35	82.10 + 4.26	70.93 + 5.29	74.08 + 4.11	75.50 + 0.16	64.84 + 2.57	72.89 + 3.63	78.17 + 6.42	81.48 + 2.47	64.78 + 1.17	73.86b + 7.67	
ค่าเฉลี่ย	82.10A + 3.30	77.35ABC + 5.87	79.55AB+ 5.04	75.12BCD + 3.19	71.82D + 8.13	77.78ABC + 4.85	79.54AB + 7.59	73.45CD + 7.49	71.19D + 6.13	+	
ชุดการทดลอง											
4	100.00 + 0.00	100.00 + 0.00	100.00 + 0.00	100.00 + 0.00	100.00 + 0.00	100.00 + 0.00	100.00 + 0.00	100.00 + 0.00	100.00 + 0.00	100.00ns + 0.00	
25	100.00 + 0.00	100.00 + 0.00	100.00 + 0.00	100.00 + 0.00	100.00 + 0.00	100.00 + 0.00	100.00 + 0.00	100.00 + 0.00	100.00 + 0.00	100.00ns + 0.00	
35	100.00 + 0.00	100.00 + 0.00	100.00 + 0.00	100.00 + 0.00	100.00 + 0.00	100.00 + 0.00	100.00 + 0.00	100.00 + 0.00	100.00 + 0.00	100.00ns + 0.00	
ค่าเฉลี่ย	100.00NS + 0.00	100.00NS + 0.00	100.00NS + 0.00	100.00NS + 0.00	100.00NS + 0.00	100.00NS + 0.00	100.00NS + 0.00	100.00NS + 0.00	100.00NS + 0.00	100.00NS + 0.00	

Data expressed as means $\pm$ S.D. of 3 replicates. Values followed by different upper case letters are significantly different (P< 0.05) within columns and rows, respectively. ns = non significant

5.3 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมี วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์อบแห้ง ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 , 25 และ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 สัปดาห์ รายงานผลเป็นค่าปริมาณความชื้น (% dry basis) , ค่ากิจกรรมของน้ำ (aw) , ค่าพีเอช (pH) , ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิง และปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ดังแสดงใน Table 4.38 - 4.45 และ Fig. 4.37 - 4.41

1) ค่าปริมาณความชื้น เมื่อทำการศึกษาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงค่าปริมาณความชื้นในระหว่างการเก็บรักษาของเนื้อมะม่วงอบแห้งชุดควบคุม พบว่าเนื้อมะม่วงอบแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 , 25 และ 35 องศาเซลเซียส ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่าปริมาณความชื้นเท่ากับ 16.76 ± 0.77 , 16.57 ± 0.94 และ 16.58 ± 0.95 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น จะทำให้ค่าปริมาณความชื้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยเริ่มต้นเนื้อมะม่วงอบแห้งจะมีค่าปริมาณความชื้นเท่ากับ 17.56 ± 0.31 เปอร์เซ็นต์ และค่อยๆ ลดลงจนถึงสัปดาห์ที่ 16 โดยมีค่าปริมาณความชื้นลดลงเหลือ 15.48 ± 0.16 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการเปลี่ยนแปลงค่าปริมาณความชื้นของเนื้อมะม่วงอบแห้งชุดการทดลอง พบว่าเนื้อมะม่วงอบแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 , 25 และ 35 องศาเซลเซียส ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่าปริมาณความชื้นเท่ากับ 16.73 ± 0.78 , 16.66 ± 1.00 และ 16.56 ± 1.03 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น จะทำให้ค่าปริมาณความชื้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยเริ่มต้นเนื้อมะม่วงอบแห้งจะมีค่าปริมาณความชื้นเท่ากับ 17.76 ± 0.07 เปอร์เซ็นต์ และค่อยๆ ลดลงจนถึงสัปดาห์ที่ 16 โดยมีค่าปริมาณความชื้นลดลงเหลือ 15.44 ± 0.16 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าปริมาณความชื้นน้อยกว่า 18 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นปริมาณความชื้นสูงสุดของผลไม้แห้งตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2532) เช่นเดียวกับการทดลองของกฤติยา(2546)ที่พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นจะทำให้พลั๊กแห้งที่บรรจุในสภาวะบรรยากาศปกติ และสุญญากาศมีค่าปริมาณความชื้นลดลงเนื่องจากการระเหยไของน้ำที่มีอยู่ในพลั๊ก ซึ่งขัดแย้งกับการทดลองของณัฏฐา (2545) ที่พบว่าเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเนื้อมะม่วงแก้วอบแห้งเพิ่มมากขึ้น จะทำให้เนื้อมะม่วงแก้วอบแห้งที่บรรจุในถุง Oriented Polypropylene (OPP) และถุงอลูมิเนียมเปลวมีค่าปริมาณความชื้นเพิ่มมากขึ้น อาจเป็นไปได้ที่อากาศและความชื้นสามารถซึมผ่านภาชนะบรรจุ และเกิดการดูดความชื้นกลับเข้าสู่ผลิตภัณฑ์อีกครั้ง เนื่องจากตัวผลิตภัณฑ์มีปริมาณความชื้นต่ำ ความชื้นในผักและผลไม้อบแห้งเป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อความคงตัวของอาหารแห้ง รองลงมา คือ อุณหภูมิ เพราะอุณหภูมินอกจากจะเร่งปฏิกิริยาเสื่อมสลาย เช่น ปฏิกิริยาการไฮโดรไลซิส, ลิพิดออกซิเดชัน, ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่อาศัยเอนไซม์ และการเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีนให้เกิดเร็วขึ้นแล้วยังเร่งการเจริญ ของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียอีกด้วย ดังนั้นการกำจัดออกซิเจนออกจากภาชนะบรรจุโดยการเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศก๊าซไนโตรเจน จะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาหรือรักษาความคงตัวของผักและผลไม้อบแห้งได้นานขึ้น (นิธิยา, 2544) โดยในการทดลองนี้ได้นำเนื้อมะม่วงอบแห้งมาบรรจุในสภาวะที่มีการอัดก๊าซไนโตรเจน จึงช่วยป้องกันการซึมผ่านของออกซิเจนได้ดีกว่า เช่นเดียวกับการเก็บรักษาเนื้อมะม่วงอบแห้งในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ (ALPE) ในสภาวะที่มีการอัดก๊าซไนโตรเจน จะทำให้สีและคุณภาพของมะม่วงอบแห้งดีที่สุด (Sagar et al., 1999) และเมื่อเก็บรักษาเนื้อมะม่วงอบแห้งที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส พบว่าจะสามารถเก็บได้นาน 6 เดือน และที่อุณหภูมิห้อง 33-35 องศาเซลเซียส จะสามารถเก็บได้นาน 4 เดือน (Sagar et al., 1998) เช่นเดียวกับการเก็บรักษาแครอท มันฝรั่ง และหัวหอมอบแห้งที่บรรจุในสภาวะที่มีการอัดก๊าซไนโตรเจน พบว่าอัตราการเกิดสีน้ำตาลจะลดลง (Leguall et al., 1947)

เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงค่าปริมาณความชื้นของเนื้อมะม่วงอบแห้งระหว่างเนื้อมะม่วงอบแห้งชุดควบคุมและเนื้อมะม่วงอบแห้งชุดการทดลอง พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยค่าปริมาณความชื้นของเนื้อมะม่วงอบแห้งจะมีค่าลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น

2) ค่ากิจกรรมของน้ำ (a_w) เมื่อทำการศึกษาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงค่ากิจกรรมของน้ำในระหว่างการเก็บรักษาของเนื้อ มะม่วงอบแห้งชุดควบคุม พบว่าเนื้อมะม่วงอบแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จะมีค่ากิจกรรมของน้ำมากที่สุดเท่ากับ 0.549 ± 0.014 ส่วนเนื้อมะม่วงอบแห้งที่อุณหภูมิ 25 และ 35 องศาเซลเซียส พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่ากิจกรรมของน้ำเท่ากับ 0.540 ± 0.016 และ 0.541 ± 0.016 ตามลำดับ เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น จะทำให้ค่ากิจกรรมของน้ำลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเริ่มต้นเนื้อมะม่วงอบแห้งจะมีค่ากิจกรรมของน้ำเท่ากับ 0.578 ± 0.004 และค่อยๆ ลดลงจนถึงสัปดาห์ที่ 16 โดยมีค่ากิจกรรมของน้ำลดลงเหลือ 0.532 ± 0.005 ส่วนการเปลี่ยนแปลงค่ากิจกรรมของน้ำของเนื้อมะม่วงอบแห้งชุดการทดลอง พบว่าเนื้อมะม่วงอบแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จะมีค่ากิจกรรมของน้ำมากที่สุดเท่ากับ 0.553 ± 0.020 ส่วนเนื้อมะม่วงอบแห้งที่อุณหภูมิ 25 และ 35 องศาเซลเซียส พบว่ามีค่ากิจกรรมของน้ำเท่ากับ 0.541 ± 0.016 และ 0.547 ± 0.017 ตามลำดับ เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น จะทำให้ค่ากิจกรรมของน้ำลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเริ่มต้นเนื้อมะม่วงอบแห้งจะมีค่ากิจกรรมของน้ำเท่ากับ 0.579 ± 0.004 และค่อยๆ ลดลงจนถึงสัปดาห์ที่ 16 โดยมีค่ากิจกรรมของน้ำลดลงเหลือ 0.533 ± 0.007 และมีค่ากิจกรรมของน้ำต่ำกว่า 0.6 ซึ่งเป็นค่าต่ำสุดสำหรับการเจริญของจุลินทรีย์ส่วนใหญ่ เช่นเดียวกับการทดลองของกฤติยา (2546) ที่พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นจะทำให้พลังกึ่งแห้งที่บรรจุในสภาวะบรรยากาศปกติ และสุญญากาศมีค่ากิจกรรมของน้ำลดลง เนื่องจากการระเหยไปของน้ำที่มีอยู่ในพลังกึ่งแห้ง ซึ่งขัดแย้งกับการทดลองของณัฏฐา (2545) ที่พบว่าเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเนื้อมะม่วงแก้วอบแห้งเพิ่มมากขึ้น จะทำให้เนื้อมะม่วงแก้วอบแห้งที่บรรจุในถุง Oriented Polypropylene (OPP) และถุงอลูมิเนียมเปลวจะมีค่ากิจกรรมของน้ำเพิ่มมากขึ้น อาจเป็นไปได้ที่ อากาศและความชื้นสามารถซึมผ่านภาชนะบรรจุ และเกิดการดูดความชื้นกลับเข้าสู่ผลิตภัณฑ์อีกครั้ง เนื่องจากตัวผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณความชื้นต่ำ โดยในการทดลองนี้ได้นำเนื้อมะม่วงอบแห้งมาบรรจุใน สภาะที่มีการอัดก๊าซไนโตรเจนจึงช่วยป้องกันการซึมผ่านของออกซิเจนได้ดีกว่า เช่นเดียวกับการเก็บรักษาเนื้อมะม่วงอบแห้งในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ (ALPE) ในสภาวะที่มีการอัดก๊าซไนโตรเจน จะทำให้สีและคุณภาพของมะม่วงอบแห้งดีที่สุด (Sagar et al., 1999) และเมื่อเก็บรักษาเนื้อมะม่วงอบแห้งที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส พบว่าจะสามารถเก็บได้นาน 6 เดือน และที่อุณหภูมิห้อง 33-35 องศาเซลเซียส จะสามารถเก็บได้นาน 4 เดือน (Sagar et al., 1998) เช่นเดียวกับการเก็บรักษาแครอท มันฝรั่ง และหัวหอมอบแห้งที่บรรจุในสภาวะที่มีการอัดก๊าซไนโตรเจน พบว่าอัตราการเกิดสีน้ำตาลจะลดลง (Legault et al., 1947)

เนื่องจากความชื้นในอาหารและค่ากิจกรรมของน้ำ เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลกระทบต่อคุณภาพและอายุการ เก็บรักษาของอาหาร ซึ่งจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาทางเคมีหรือปฏิกิริยาที่เร่งด้วยเอนไซม์อย่างช้าๆ และมีการเจริญของจุลินทรีย์เกิดขึ้นทำให้อาหารเน่าเสีย ดังนั้นจึงใช้ค่ากิจกรรมของน้ำเป็นตัวชี้บ่ง หรือทำนายการเสื่อมสลายและการเน่าเสียของอาหาร และเป็นตัวกำหนดการสิ้นสุดอายุการเก็บรักษาของอาหารอบแห้ง เพื่อให้ผลิตภัณฑ์อาหารอบแห้งสามารถเก็บรักษาได้นาน และมีความคงตัวดี (นิธิยา, 2544) เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงค่ากิจกรรมของน้ำของเนื้อมะม่วงอบแห้งระหว่างเนื้อมะม่วงอบแห้งชุด ควบคุมและ

เนื้อมะม่วงอบแห้งชุดการทดลอง พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยค่ากิจกรรมของน้ำของเนื้อมะม่วงอบแห้งจะมีค่าลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น

3) ค่าพีเอช (pH) เมื่อทำการศึกษาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชในระหว่างการเก็บรักษาของเนื้อมะม่วงอบแห้งชุดควบคุม พบว่าเนื้อมะม่วงอบแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จะมีค่าพีเอชมากที่สุดเท่ากับ 4.43 ± 0.06 ส่วนเนื้อมะม่วงอบแห้งที่อุณหภูมิ 4 และ 35 องศาเซลเซียส พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่าพีเอชเท่ากับ 4.38 ± 0.07 และ 4.42 ± 0.06 ตามลำดับ เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น พบว่าเนื้อมะม่วงอบแห้งจะมีค่าพีเอชเปลี่ยนแปลงขึ้นลงเพียงเล็กน้อย โดยเริ่มต้นเนื้อมะม่วงอบแห้งจะมีค่าพีเอชเท่ากับ 4.46 ± 0.05 และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 16 สัปดาห์ พบว่าเนื้อมะม่วงอบแห้งจะมีค่าพีเอชเท่ากับ 4.43 ± 0.05 ส่วนการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของเนื้อมะม่วงอบแห้งชุดการทดลอง เนื้อมะม่วงอบแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 และ 35 องศาเซลเซียส พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่าพีเอชเท่ากับ 3.96 ± 0.06 และ 3.98 ± 0.04 ตามลำดับ ส่วนเนื้อมะม่วงอบแห้งที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่ามีค่าพีเอชเท่ากับ 3.92 ± 0.05 เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น พบว่าเนื้อมะม่วงอบแห้งจะมีค่าพีเอชเปลี่ยนแปลงขึ้นลงเพียงเล็กน้อย โดยเริ่มต้นเนื้อมะม่วงอบแห้งจะมีค่าพีเอชเท่ากับ 3.90 ± 0.02 และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 16 สัปดาห์ พบว่าเนื้อมะม่วงอบแห้งจะมีค่าพีเอชเท่ากับ 4.03 ± 0.05 เช่นเดียวกับการทดลองของภทรามาศ(2547) ที่พบว่าค่าพีเอชของเนื้อมะม่วงสุกแช่เยือกแข็งจะมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส นาน 6 เดือน โดยเนื้อมะม่วงอบแห้งชุดการทดลองพบว่ามีค่าพีเอชน้อยกว่าชุดควบคุม อาจเนื่องมาจากการแช่ในสารละลายผสมที่มีปริมาณไอโซแอสคอร์บิก ความเข้มข้น 9 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นกรดอ่อน จึงแตกตัวให้ไฮโดรเจนไอออนเพียงเล็กน้อย ทำให้มีผลต่อค่าพีเอชเพียงเล็กน้อยเท่านั้น การที่ค่าพีเอชมีค่าลดลงจะทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่มีเอนไซม์เกี่ยวข้อง (Maillard reaction) ลดลง (Petriella et al., 1985) ค่าพีเอชของเนื้อมะม่วงจะผันแปรตามสายพันธุ์และระยะการสุก เช่น เนื้อมะม่วงสุกพันธุ์อัลฟองโซ , ฮาร์เดน , เออร์วิน , เคียทท์ , เซนเซชัน (Salunkhe and Desai, 1984) มหาชนก และ โชคอนันต์ (จักรกฤษณ์, 2546) โดยพบว่าจะมีค่าพีเอชเท่ากับ 4.7 , 4.9 , 4.5 , 4.8 , 4.4 , 5.12 และ 4.95 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของเนื้อมะม่วงอบแห้งระหว่างเนื้อมะม่วงอบแห้งชุดควบคุมและเนื้อมะม่วงอบแห้งชุดการทดลอง พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

Table 4.38 Changes in moisture content (% dry basis) of dried mango during storage in different condition.

สภาวะการเก็บ (องศาเซลเซียส)	ปริมาณความชื้น (% dry basis)										
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)										
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	ค่าเฉลี่ย	
ชุดควบคุม											
4	17.56 + 0.40	17.44 + 0.07	17.63 + 0.02	17.55 + 0.21	16.50 + 0.18	16.33 + 0.21	16.23 + 0.09	15.97 + 0.30	15.63 + 0.05	16.76ns + 0.77	
25	17.56 + 0.40	17.26 + 0.17	17.21 + 0.28	17.64 + 0.11	16.75 + 0.01	16.49 + 0.64	15.27 + 0.27	15.45 + 0.28	15.52 + 0.01	16.57ns + 0.94	
35	17.56 + 0.40	17.45 + 0.47	17.38 + 0.49	16.53 + 0.13	17.45 + 0.76	16.34 + 0.83	15.73 + 0.30	15.55 + 0.14	15.30 + 0.12	16.58ns + 0.95	
ค่าเฉลี่ย	17.56A + 0.31	17.38AB + 0.24	17.41AB + 0.32	17.24AB + 0.57	16.90B + 0.56	16.38C + 0.48	15.74D + 0.47	15.66D + 0.31	15.48D + 0.16		
ชุดการทดลอง											
4	17.76 + 0.09	17.25 + 0.18	17.64 + 0.23	17.04 + 0.01	16.52 + 0.50	16.70 + 0.16	15.99 + 0.81	16.15 + 0.37	15.57 + 0.05	16.73ns + 0.78	
25	17.76 + 0.09	17.57 + 0.18	17.70 + 0.27	17.68 + 0.24	16.16 + 0.09	16.31 + 0.35	15.42 + 0.43	15.81 + 0.34	15.50 + 0.08	16.66ns + 1.00	
35	17.76 + 0.09	17.81 + 0.21	17.33 + 0.17	17.30 + 0.79	16.69 + 0.19	15.73 + 0.45	15.51 + 0.58	15.70 + 0.11	15.26 + 0.03	16.56ns + 1.03	
ค่าเฉลี่ย	17.76A + 0.07	17.54A + 0.29	17.56A + 0.25	17.34A + 0.47	16.45B + 0.34	16.25BC + 0.51	15.64DE + 0.56	15.89CD + 0.31	15.44E + 0.16		

Data expressed as means $\pm$ S.D. of 3 replicates. Values followed by different upper case letters are significantly different (P< 0.05) within columns and rows, respectively. ns = non significant

Table 4.39 Changes in aw of dried mango during storage in different condition.

สภาวะการเก็บ (องค์าเซลล์เชื้อส)		ค่ากิจกรรมของน้ำ (aw)													
		ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)													
		0	2	4	6	8	10	12	14	16	ค่าเฉลี่ย				
ชุดควบคุม															
4		0.578 + 0.005	0.551 + 0.007	0.545 + 0.004	0.544 + 0.001	0.561 + 0.002	0.550 + 0.011	0.545 + 0.002	0.534 + 0.014	0.533 + 0.002	0.549a + 0.014				
25		0.578 + 0.005	0.532 + 0.002	0.539 + 0.001	0.547 + 0.007	0.534 + 0.001	0.541 + 0.005	0.528 + 0.004	0.538 + 0.012	0.527 + 0.003	0.540b + 0.016				
35		0.578 + 0.005	0.552 + 0.019	0.546 + 0.001	0.537 + 0.001	0.530 + 0.001	0.528 + 0.002	0.530 + 0.009	0.535 + 0.002	0.537 + 0.007	0.541b + 0.016				
ค่าเฉลี่ย		0.578A + 0.004	0.545B + 0.014	0.543BC + 0.003	0.543BC + 0.005	0.542BC + 0.015	0.540BCD + 0.012	0.534CD + 0.009	0.536CD + 0.008	0.532D + 0.005					
ชุดการทดลอง															
4		0.579 + 0.006	0.543 + 0.005	0.567 + 0.022	0.550 + 0.021	0.552 + 0.000	0.554 + 0.026	0.563 + 0.037	0.534 + 0.009	0.537 + 0.005	0.553a + 0.020				
25		0.579 + 0.006	0.541 + 0.002	0.544 + 0.004	0.535 + 0.016	0.528 + 0.008	0.537 + 0.011	0.545 + 0.002	0.529 + 0.012	0.535 + 0.004	0.541b + 0.016				
35		0.579 + 0.006	0.553 + 0.013	0.555 + 0.013	0.551 + 0.000	0.550 + 0.009	0.536 + 0.018	0.543 + 0.004	0.531 + 0.002	0.528 + 0.012	0.547ab + 0.017				
ค่าเฉลี่ย		0.579A + 0.004	0.546BC + 0.008	0.555B + 0.015	0.545BC + 0.014	0.543BC + 0.013	0.542BC + 0.017	0.550B + 0.019	0.531C + 0.007	0.533C + 0.007					

Data expressed as means $\pm$ S.D. of 3 replicates. Values followed by different upper case or lower case letters are significantly different (P< 0.05) within columns and rows, respectively.

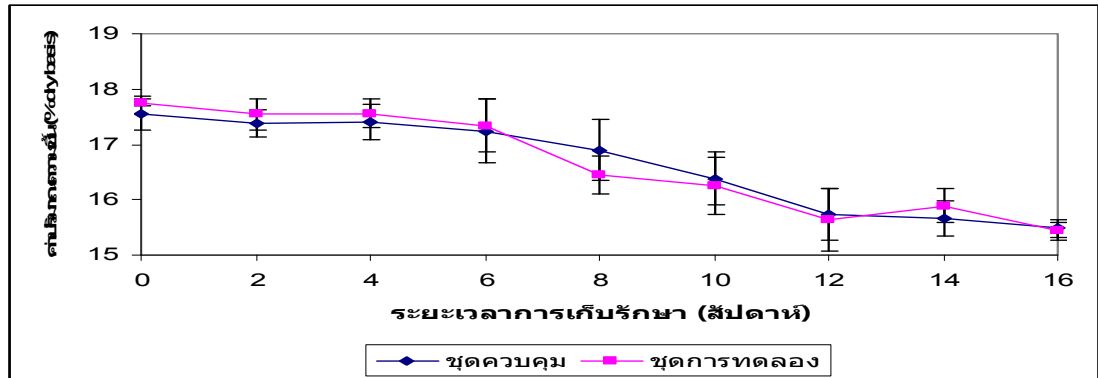


Figure 4.36: Comparison in moisture (% dry basis) between dried sulphited mango and dried treated mango during storage in different condition. Values represent mean $\pm$ S.D. of three replicates. Sulphiting treatment.

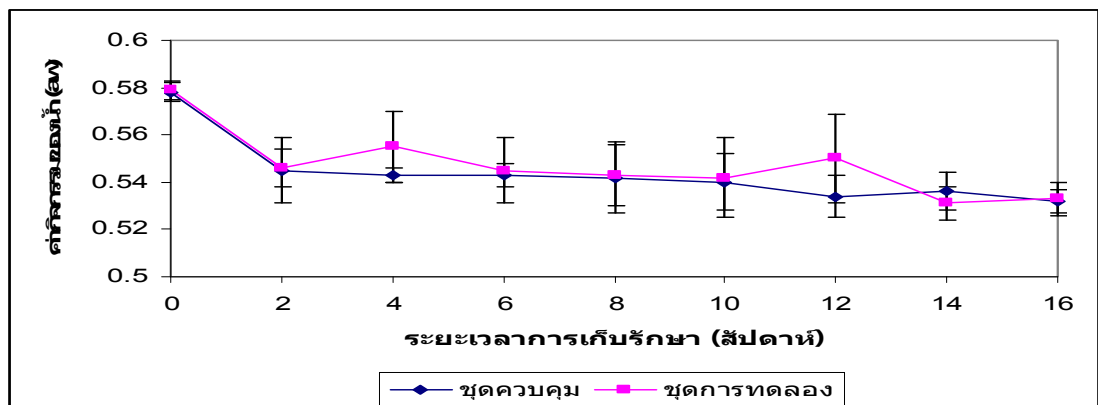


Figure 4.37: Comparison in A_w between dried sulphited mango and dried treated mango during storage in different condition. Values represent mean $\pm$ S.D. of three replicates. Sulphiting treatment.

Table 4.40 Changes in pH of dried mango during storage in different condition.

สภาวะการเก็บ (องค์ประกอบ)		ค่าพีเอช (pH)									
		ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)									
		0	2	4	6	8	10	12	14	16	ค่าเฉลี่ย
ชุดควบคุม											
4		4.46 + 0.07	4.47 + 0.01	4.46 + 0.00	4.42 + 0.05	4.35 + 0.03	4.30 + 0.05	4.32 + 0.00	4.29 + 0.01	4.40 + 0.05	4.38b + 0.07
25		4.46 + 0.07	4.42 + 0.00	4.42 + 0.02	4.35 + 0.01	4.49 + 0.00	4.51 + 0.02	4.34 + 0.02	4.46 + 0.01	4.47 + 0.04	4.43a + 0.06
35		4.46 + 0.07	4.35 + 0.01	4.40 + 0.02	4.43 + 0.03	4.46 + 0.04	4.40 + 0.03	4.52 + 0.07	4.32 + 0.02	4.42 + 0.05	4.42a + 0.06
ค่าเฉลี่ย	4.46A + 0.05	4.41AB + 0.05	4.43AB + 0.05	4.40BC + 0.04	4.43AB + 0.04	4.43AB + 0.07	4.40BC + 0.09	4.39BC + 0.11	4.36C + 0.08	4.43AB + 0.05	
ชุดการทดลอง											
4		3.90 + 0.02	3.94 + 0.02	3.88 + 0.07	3.86 + 0.00	3.97 + 0.01	3.89 + 0.01	4.01 + 0.00	3.91 + 0.00	3.97 + 0.00	3.92b + 0.05
25		3.90 + 0.02	4.03 + 0.02	3.90 + 0.00	3.92 + 0.01	3.91 + 0.02	3.96 + 0.09	3.98 + 0.02	3.96 + 0.01	4.09 + 0.02	3.96a + 0.06
35		3.90 + 0.02	4.00 + 0.02	3.92 + 0.02	3.98 + 0.01	3.99 + 0.02	3.98 + 0.04	4.01 + 0.00	3.98 + 0.02	4.05 + 0.02	3.98a + 0.04
ค่าเฉลี่ย	3.90E + 0.02	3.99BC + 0.04	3.90E + 0.04	3.92DE + 0.05	3.96CD + 0.04	3.96CD + 0.04	3.94D + 0.06	4.00AB + 0.01	3.95CD + 0.03	4.03A + 0.05	

Data expressed as means $\pm$ S.D. of 3 replicates. Values followed by different upper case or lower case letters are significantly different (P< 0.05) within columns and rows, respectively.

Table 4.41 Comparison in pH between dried sulphited mango and dried treated mango during storage in different condition.

ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)	พีเอช (pH)	
	ชุดควบคุม	ชุดการทดลอง
0	4.46 + 0.05	3.90 + 0.02
2	4.41A + 0.05	3.99B + 0.04
4	4.43 + 0.03	3.90 + 0.04
6	4.40A + 0.04	3.92B + 0.05
8	4.43A + 0.07	3.96B + 0.04
10	4.40 + 0.09	3.94 + 0.06
12	4.39A + 0.11	4.00B + 0.01
14	4.36A + 0.08	3.95B + 0.03
16	4.43 + 0.05	4.03 + 0.05

Data expressed as means $\pm$ S.D. of 3 replicates. Values followed by different upper case or lower case letters are significantly different ($P < 0.05$) within columns and rows, respectively.

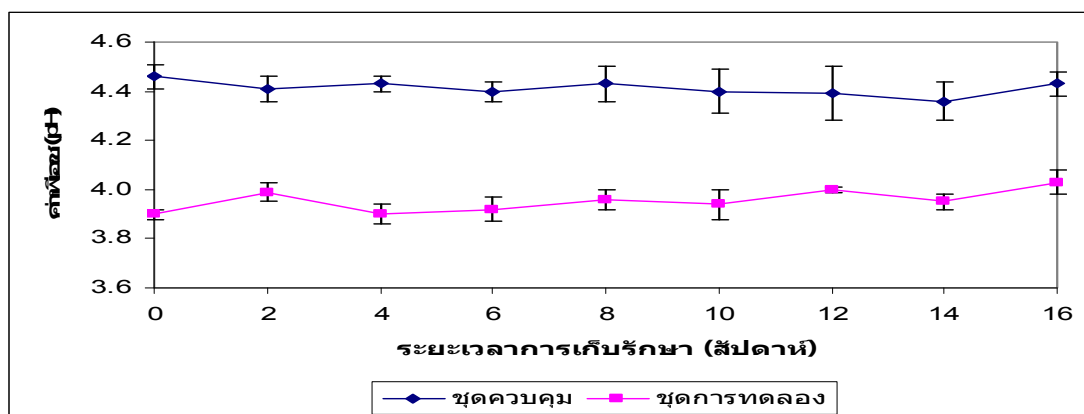


Figure 4.39: Comparison in pH between dried sulphited mango and dried treated mango during storage in different condition. Values represent mean $\pm$ S.D. of three replicates. Sulphiting, treatment.

5.4 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิง เมื่อทำการศึกษเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงในระหว่างการเก็บรักษาของ เนื้อ มะม่วงอบแห้งชุดควบคุม เนื้อมะม่วงอบแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 25 องศาเซลเซียส พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงเท่ากับ 4.77 ± 0.30 และ 4.73 ± 0.37 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนเนื้อมะม่วงอบแห้งที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส พบว่ามีปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงเท่ากับ 4.28 ± 0.51 เปอร์เซ็นต์ เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น จะทำให้เนื้อมะม่วงอบแห้งจะมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงลดลง โดยเริ่มต้นเนื้อมะม่วงอบแห้งจะมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงเท่ากับ 5.06 ± 0.02 เปอร์เซ็นต์ และค่อยๆ ลดลงจนถึงสัปดาห์ที่ 16 โดยมีค่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงลดลงเหลือ 4.02 ± 0.36 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงของเนื้อมะม่วงอบแห้งชุดการทดลอง พบว่าเนื้อมะม่วงอบแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จะมีค่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงมากที่สุดเท่ากับ 4.53 ± 0.58 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเนื้อมะม่วงอบแห้งที่อุณหภูมิ 25 และ 35 องศาเซลเซียส พบว่าจะมีค่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงเท่ากับ 4.34 ± 0.50 และ 4.00 ± 0.50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น จะทำให้เนื้อมะม่วงอบแห้งจะมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงลดลง โดยเริ่มต้นเนื้อมะม่วงอบแห้งจะมี ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงเท่ากับ 5.12 ± 0.15 เปอร์เซ็นต์ และค่อยๆ ลดลงจนถึงสัปดาห์ที่ 16 โดยมีค่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงลดลงเหลือ 3.79 ± 0.13 เปอร์เซ็นต์ อัตราเร็วของการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่มีเอนไซม์ เกี่ยวข้อง (Maillard reaction) จะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น ทำให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับการลดลงของค่าสี L^* และ b^* (Table 4.22 และ 4.24) โดยในเนื้อมะม่วงสุกจะมีน้ำตาลรีดิวซิงประมาณ 3-4 เปอร์เซ็นต์ และน้ำตาล ซูโครส 12 เปอร์เซ็นต์ (นิธิยา และดนัย, 2533) และน้ำตาลรีดิวซิงที่พบมากในผลมะม่วงได้แก่ น้ำตาล ฟรุคโตส และกลูโคส (Castrillo et al., 1992) เช่นเดียวกับการทดลองของนกานต์ (2547) และ ภัทรามาศ (2547) ที่พบว่าเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์และมหาชนกแช่เยือกแข็ง จะมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงลดลง เมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มมากขึ้น และการทดลองของณัญญา (2545) และกฤติยา (2546) ที่พบว่าเมื่ออุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น จะทำให้เนื้อมะม่วงแก้วอบแห้งและพลับกึ่งแห้งมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงลดลง ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงของเนื้อมะม่วงจะผันแปรตามสายพันธุ์และระยะการสุก เช่น เนื้อมะม่วง สุกพันธุ์อัลฟองโซ , ฮาร์เดน , เออร์วิน , เคียทท์ , เซนเซชัน (Salunkhe and Desai, 1984) มหาชนก และโชคอนันต์ (จักรกฤษณ์, 2546) โดยพบว่าจะมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงเท่ากับ 3.23 , 3.50 , 6.00 , 4.46 , 4.30 , 2.79 และ 5.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงของเนื้อมะม่วง อบแห้งระหว่างเนื้อมะม่วงอบแห้งชุดควบคุมและเนื้อมะม่วงอบแห้งชุดการทดลอง พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) โดยปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงของเนื้อมะม่วงอบแห้งจะมีค่าลดลงเมื่อ อุณหภูมิระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น

Table 4.42 Changes in reducing sugar of dried mango during storage in different conditions.

สภาวะการเก็บ (องศาเซลเซียส)	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิง (%)									
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)									
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	ค่าเฉลี่ย
ชุดควบคุม										
4	5.06 + 0.03	5.10 + 0.11	4.93 + 0.02	4.96 + 0.07	4.99 + 0.15	4.35 + 0.09	4.48 + 0.19	4.63 + 0.12	4.44 + 0.21	4.77a + 0.30
25	5.06 + 0.03	5.01 + 0.04	4.97 + 0.16	4.87 + 0.03	5.07 + 0.11	4.59 + 0.13	4.68 + 0.00	4.44 + 0.21	3.93 + 0.18	4.73a + 0.37
35	5.06 + 0.03	4.75 + 0.19	4.78 + 0.52	4.47 + 0.02	4.16 + 0.37	3.87 + 0.07	3.95 + 0.02	3.79 + 0.03	3.69 + 0.04	4.28b + 0.51
ค่าเฉลี่ย	5.06A + 0.02	4.95AB + 0.19	4.89ABC + 0.26	4.76BC + 0.24	4.74C + 0.48	4.27D + 0.34	4.37D + 0.35	4.22D + 0.53	4.02E + 0.36	
ชุดการทดลอง										
4	5.12 + 0.20	5.36 + 0.37	4.99 + 0.19	4.94 + 0.11	4.46 + 0.14	4.09 + 0.18	3.91 + 0.07	4.00 + 0.21	3.91 + 0.07	4.53a + 0.58
25	5.12 + 0.20	4.73 + 0.08	4.76 + 0.08	4.69 + 0.06	4.21 + 0.30	3.94 + 0.20	4.00 + 0.28	3.76 + 0.02	3.83 + 0.04	4.34b + 0.50
35	5.12 + 0.20	4.55 + 0.23	3.92 + 0.11	3.88 + 0.02	3.81 + 0.02	3.71 + 0.00	3.60 + 0.11	3.76 + 0.00	3.64 + 0.04	4.00c + 0.50
ค่าเฉลี่ย	5.12A + 0.15	4.88B + 0.43	4.56C + 0.51	4.50C + 0.50	4.16D + 0.33	3.91E + 0.21	3.83E + 0.23	3.84E + 0.16	3.79E + 0.13	

Data expressed as means $\pm$ S.D. of 3 replicates. Values followed by different upper case or lower case letters are significantly different ($P < 0.05$) within columns and rows, respectively.

Table 4.43 Comparison in reducing sugar between dried sulphited mango and dried treated mango during storage in different condition.

ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิง (%)	
	ชุดควบคุม	ชุดการทดลอง
0	5.06 + 0.02	5.12 + 0.15
2	4.95 + 0.19	4.88 + 0.43
4	4.89 + 0.26	4.56 + 0.51
6	4.76 + 0.24	4.50 + 0.50
8	4.74 A + 0.48	4.16B + 0.33
10	4.27 A + 0.34	3.91B + 0.21
12	4.37 A + 0.35	3.83B + 0.23
14	4.28 A + 0.41	3.84B + 0.16
16	4.02 + 0.36	3.79 + 0.13

Data expressed as means $\pm$ S.D. of 3 replicates. Values followed by different upper case or lower case letters are significantly different ($P < 0.05$) within columns and rows, respectively.

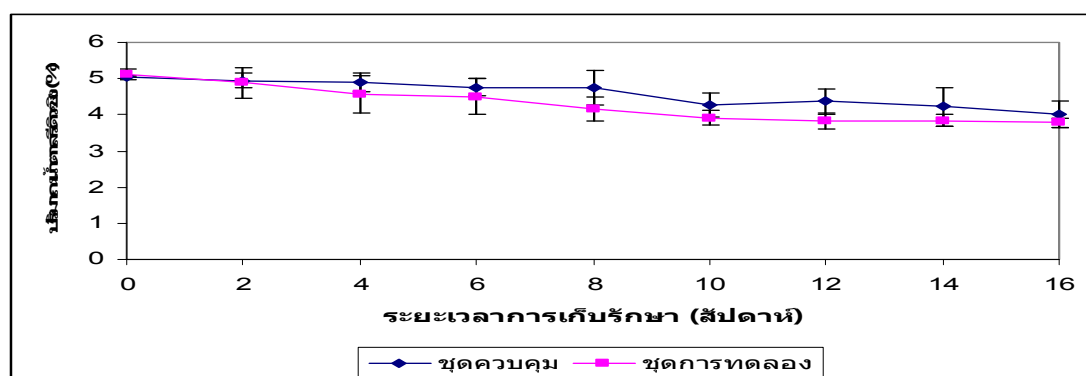


Figure 4.40: Comparison in reducing sugar between dried sulphited mango and dried treated mango during storage in different condition. Values represent mean $\pm$ S.D. of three replicates. Sulphiting, treatment.

5.5 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด เมื่อทำการศึกษาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในระหว่างการเก็บรักษาของเนื้อมะม่วงอบแห้งชุดควบคุม พบว่าเนื้อมะม่วงอบแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 , 25 และ 35 องศาเซลเซียส ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเท่ากับ 18.30+0.75, 18.33+0.67 และ 18.29+0.64 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้นจะทำให้เนื้อมะม่วงอบแห้งจะมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดลดลง โดยเริ่มต้นเนื้อมะม่วงอบแห้งจะมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมด เท่ากับ 18.53+0.25 เปอร์เซ็นต์ และค่อยๆ ลดลงจนถึงสัปดาห์ที่ 16 โดยมีค่าปริมาณน้ำตาลทั้งหมดลดลงเหลือ 17.59+0.43 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของเนื้อมะม่วงอบแห้งชุดการ ทดลอง

พบว่าเนื้อมะม่วงอบแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 , 25 และ 35 องศาเซลเซียส ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเท่ากับ 17.90 ± 1.00 , 17.89 ± 1.03 และ 17.57 ± 1.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้นจะทำให้เนื้อมะม่วงอบแห้งจะมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดลดลง โดยเริ่มต้นเนื้อมะม่วงอบแห้งจะมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเท่ากับ 18.21 ± 0.01 เปอร์เซ็นต์ และค่อยๆลดลงจนถึงสัปดาห์ที่ 16 โดยมีค่าปริมาณน้ำตาลทั้งหมดลดลงเหลือ 16.64 ± 0.80 เปอร์เซ็นต์ การที่ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้นนั้น สอดคล้องกับ การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลซูโครสที่ลดลง เนื่องจากในเนื้อมะม่วงจะมีปริมาณน้ำตาลซูโครสมากที่สุด ประมาณ 75 เปอร์เซ็นต์ของน้ำตาลทั้งหมด (ธีราพร, 2536 : สายชล, 2528) นอกจากนี้อาจเป็นเพราะมีการสูญเสียปริมาณน้ำตาลรีดิวิซิง จึงมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลทั้งหมดด้วย เช่นเดียวกับการทดลองของนภานต์ (2547) และภัทรามาต (2547) ที่พบว่าเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์และมหาชนกแช่เยือกแข็งจะมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มมากขึ้น และการทดลองของณัฏฐา (2545) และกฤติยา (2546) ที่พบว่าเมื่ออุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น จะทำให้เนื้อมะม่วงแก้วอบแห้งและพลับกึ่งแห้งมีปริมาณน้ำตาลซูโครส และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดลดลง ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของเนื้อมะม่วงจะผันแปรตามสายพันธุ์และระยะการสุก เช่น เนื้อมะม่วงสุกพันธุ์อัลฟองโซ , ฮาร์เดน , เออร์วิน , เคียท์ , เซนเซชัน (Salunkhe and Desai, 1984) มหาชนก และโชคอนันต์ (จักรกฤษณ์, 2546) โดยพบว่าจะมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเท่ากับ 16.22 , 16.22 , 13.71 , 13.60 , 13.30 , 11.06 และ 11.36 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของเนื้อมะม่วงอบแห้งระหว่างเนื้อ มะม่วงอบแห้งชุดควบคุมและเนื้อมะม่วงอบแห้งชุดการทดลอง พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) โดยปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของเนื้อมะม่วงอบแห้งจะมีค่าลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บ รักษาเพิ่มมากขึ้น

Table 4.44 Changes in total sugar of dried mango during storage in different condition.

สภาวะการเก็บ (องศาเซลเซียส)		ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (%)													
		ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)													
		0	2	4	6	8	10	12	14	16	ค่าเฉลี่ย				
ชุดควบคุม															
4	18.53 + 0.33	17.65 + 0.09	19.37 + 1.07	18.51 + 0.03	18.33 + 0.24	18.18 + 0.94	18.95 + 0.21	17.77 + 1.05	17.45 + 0.24	18.30ns + 0.75					
25	18.53 + 0.33	18.98 + 0.07	18.26 + 0.65	18.67 + 0.77	18.47 + 0.28	18.88 + 0.13	18.39 + 0.78	17.49 + 0.52	17.29 + 0.21	18.33ns + 0.67					
35	18.53 + 0.33	18.63 + 0.33	18.90 + 0.65	19.11 + 0.91	17.88 + 0.41	17.90 + 0.81	18.53 + 0.11	18.09 + 0.25	18.03 + 0.45	18.29ns + 0.64					
ค่าเฉลี่ย	18.53A + 0.25	18.42AB + 0.64	18.84A + 0.81	18.76A + 0.60	18.23ABC + 0.37	18.32AB + 0.72	18.29ABC + 0.74	17.78BC + 0.60	17.59C + 0.43						
ชุดการทดลอง															
4	18.21 + 0.01	18.85 + 0.98	19.06 + 1.13	18.53 + 0.22	18.40 + 0.32	17.58 + 0.35	16.65 + 0.74	16.68 + 0.52	17.16 + 0.54	17.90ns + 1.00					
25	18.21 + 0.01	19.20 + 0.29	19.20 + 0.43	18.40 + 0.07	17.48 + 0.55	17.91 + 0.50	16.86 + 1.20	16.97 + 1.22	16.79 + 0.31	17.89ns + 1.03					
35	18.21 + 0.01	18.46 + 0.02	17.45 + 0.21	18.73 + 0.51	18.13 + 1.03	17.59 + 0.13	16.95 + 0.57	16.68 + 0.76	15.97 + 1.14	17.57ns + 1.00					
ค่าเฉลี่ย	18.21AB + 0.01	18.83A + 0.56	18.57A + 1.03	18.55A + 0.29	18.00AB + 0.69	17.69B + 0.32	16.82C + 0.69	16.78C + 0.70	16.64C + 0.80						

Data expressed as means $\pm$ S.D. of 3 replicates. Values followed by different upper case or lower case letters are significantly different (P< 0.05) within columns and rows, respectively. ns = non significant

Table 4.45 Comparison in total sugar between dried sulphited mango and dried treated mango during storage in different conditions.

ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)	ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (%)	
	ชุดควบคุม	ชุดการทดลอง
0	18.53A + 0.25	18.21B + 0.01
2	18.42 + 0.64	18.83 + 0.56
4	18.84 + 0.81	18.57 + 1.03
6	18.76 + 0.60	18.55 + 0.29
8	18.23 + 0.37	18.00 + 0.69
10	18.32 + 0.72	17.69 + 0.32
12	18.29 A + 0.74	16.82B + 0.69
14	17.78 A + 0.60	16.78B + 0.70
16	17.59A + 0.43	16.64B + 0.80

Data expressed as means $\pm$ S.D. of 3 replicates. Values followed by different upper case or lower case letters are significantly different ($P < 0.05$) within columns and rows, respectively. ns = non significant

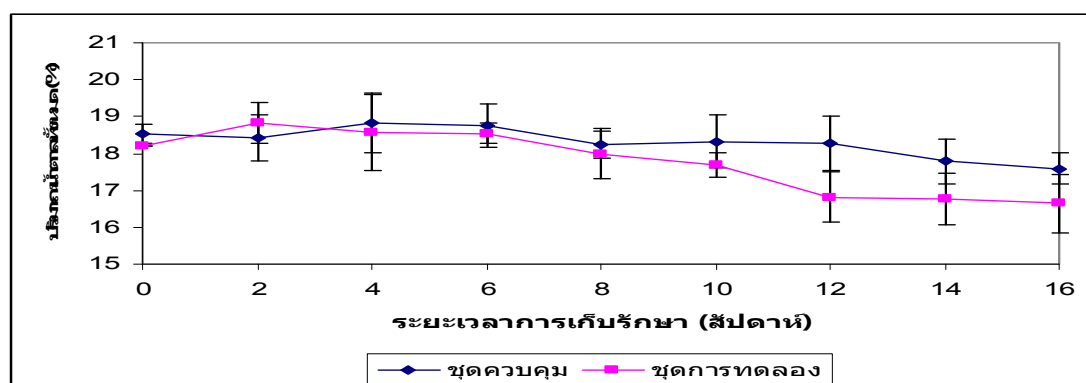


Figure 4.41: Comparison in total sugar between dried sulphited mango and dried treated mango during storage in different condition. Values represent mean $\pm$ S.D. of three replicates. Sulphiting, treatment.

5.6 ผลการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์อบแห้ง ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 , 25 และ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 สัปดาห์ รายงานผลเป็นปริมาณ จุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณยีสต์และรา (โคโลนีต่อกรัม) ดังแสดงใน Table 4.46 – 4.47 และ Fig. 4.42 - 4.43

1) ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด เมื่อทำการศึกษาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในระหว่างการเก็บรักษาของเนื้อมะม่วงอบแห้งชุดควบคุม พบว่าเนื้อมะม่วงอบแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 , 25 และ 35 องศาเซลเซียส ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีปริมาณน้ำตาลจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 3.60 ± 0.84 , 3.30 ± 0.82 และ 3.30 ± 0.67 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม ตามลำดับ และมีค่าน้อยกว่า 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม ซึ่งเป็นระดับที่ปลอดภัย ไม่ก่อให้เกิดการเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ และเมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่กำหนดในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสำหรับผลไม้แห้ง (มอก. 919-2532) พบว่าปริมาณที่ตรวจพบยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน คือมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่า 104 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม เนื่องจากการมีสารประกอบซัลไฟด์ก่อนนำไปอบแห้ง โดยสารประกอบซัลไฟด์เมื่อทำปฏิกิริยากับน้ำ จะเกิดกรดซัลฟิวรัส (sulfurous acid) และแตกตัวต่อไปให้ไบซัลไฟต์ไอออน (HSO_3^-) เข้าทำปฏิกิริยากับ แอซีตัลดีไฮด์ (acetaldehyde) ภายในเซลล์จุลินทรีย์ และยังไปลดพันธะไดซัลไฟด์ (disulfide linkage, $-\text{S}=\text{S}-$) ในระบบเอนไซม์ได้ด้วย นอกจากนี้ยังสามารถเข้าร่วมตัวกับสารประกอบบางชนิดที่มีผลกระทบต่อระบบหายใจซึ่งเกี่ยวข้องกับสารประกอบนิโคตินาไมด์ไดนิวคลีโอไทด์ (nicotinamide dinucleotide) (สายสนม, 2546) ส่วนการเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อมะม่วงอบแห้งชุดการทดลอง พบว่าเนื้อมะม่วงอบแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 , 25 และ 35 องศาเซลเซียส ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 3.90 ± 0.88 , 3.20 ± 1.23 และ 4.20 ± 1.40 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม ตามลำดับ อาจเนื่องมาจากการมีสารละลายผสมที่มีปริมาณโพแทสเซียมซอร์เบท ความเข้มข้น 0.8 เปอร์เซ็นต์ ก่อนนำไปอบแห้ง ซึ่งเป็นวัตถุกันเสีย เช่นเดียวกับการใช้โพแทสเซียมซอร์เบทในเนื้อมะม่วงดิบ และมะม่วงกวน พบว่าจะมีอัตราการสลายตัวที่เปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลาการเก็บรักษา และมีค่าลดลงมากที่สุดในช่วงการกวนระเหยน้ำและการอบแห้ง คือสลายตัวได้สูงถึง 63 เปอร์เซ็นต์ การสลายตัวอาจเกิดจากผลรวมกันของความร้อนและออกซิเจน ซึ่งอาจเร่งการสลายตัวเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน แต่ยังคงมีปริมาณเพียงพอที่จะควบคุมปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดให้มีค่าน้อยกว่า 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม (วิเนต และคณะ, 2550) ซึ่งไม่ทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ โดยตามมาตรฐานประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 281/2547 กำหนดให้มีปริมาณโพแทสเซียมซอร์เบทในผลไม้แห้งได้ไม่เกิน 500 ppm. (ส่วนในล้านส่วน) เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อมะม่วงอบแห้งระหว่างเนื้อมะม่วงอบแห้งชุดควบคุมและเนื้อมะม่วงอบแห้งชุดการทดลอง พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

2) ปริมาณยีสต์และรา เมื่อทำการศึกษาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงปริมาณยีสต์และราในระหว่างการเก็บรักษาของเนื้อมะม่วงอบแห้งชุดควบคุม พบว่าเนื้อมะม่วงอบแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 , 25 และ 35 องศาเซลเซียส ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีปริมาณยีสต์และราเท่ากับ 1.70 ± 0.67 , 1.30 ± 0.67 และ 1.30 ± 0.48 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม ตามลำดับ และมีค่าน้อยกว่า 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม ซึ่งเป็นระดับที่ปลอดภัย ไม่ก่อให้เกิดการเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ และเมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่กำหนดในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสำหรับผลไม้แห้ง (มอก. 919-2532) พบว่าปริมาณที่ตรวจพบยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน คือมีปริมาณยีสต์และราน้อยกว่า 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม เนื่องจากการมีสารประกอบซัลไฟด์ก่อนนำไปอบแห้ง โดยสารประกอบซัลไฟด์เมื่อทำปฏิกิริยากับน้ำจะเกิดกรดซัลฟิวรัส (sulfurous acid) และแตกตัวต่อไปให้ไบซัลไฟต์ไอออน (HSO_3^-) เข้าทำปฏิกิริยากับแอซีตัลดีไฮด์ (acetaldehyde) ภายในเซลล์จุลินทรีย์ และยังไปลดพันธะไดซัลไฟด์ (disulfide linkage , $-\text{S}=\text{S}-$) ในระบบเอนไซม์ได้ด้วย นอกจากนี้ยังสามารถเข้าร่วมตัวกับสารประกอบบางชนิดที่มีผลกระทบต่อระบบหายใจซึ่งเกี่ยวข้องกับสารประกอบ

นิโคตินาไมด์ไดนิวคลีโอไทด์ (nicotinamide dinucleotide) (สายสนม, 2546) ส่วนการเปลี่ยนแปลงปริมาณยีสต์และราของเนื้อมะม่วงอบแห้งชุดการทดลอง พบว่าเนื้อมะม่วงอบแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 , 25 และ 35 องศาเซลเซียส ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีปริมาณยีสต์และราเท่ากับ 1.40 ± 0.52 , 1.30 ± 0.48 และ 1.70 ± 0.82 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม ตามลำดับ อาจเนื่องมาจากการแช่ในสารละลายผสมที่มีปริมาณโพแทสเซียมซอร์เบท ความเข้มข้น 0.8 เปอร์เซ็นต์ ก่อนนำไปอบแห้ง ซึ่งเป็นวัตถุดิบเสีย เช่นเดียวกับการใช้โพแทสเซียมซอร์เบทในเนื้อมะม่วงดิบ และมะม่วงกวน พบว่าจะมีอัตราการสลายตัวที่เปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลาการเก็บรักษา และมีค่าลดลงมากที่สุดในช่วงการกวนระเหยน้ำและการอบแห้ง คือสลายตัวได้สูงถึง 63 เปอร์เซ็นต์ การสลายตัวอาจเกิดจากผลรวมกันของความร้อนและออกซิเจน ซึ่งอาจเร่งการสลายตัวเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน แต่ยังคงมีปริมาณเพียงพอที่จะควบคุมปริมาณยีสต์และราให้มีค่าน้อยกว่า 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม (วิเนต และคณะ, 2550) ซึ่งไม่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ โดยตามมาตรฐานประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 281/2547 กำหนดให้มีปริมาณโพแทสเซียมซอร์เบทในผลไม้อบแห้งได้ไม่เกิน 500 ppm. (ส่วนในลำต้นส่วน) เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงปริมาณยีสต์และราของเนื้อมะม่วงอบแห้งระหว่างเนื้อมะม่วงอบแห้งชุดควบคุมและเนื้อมะม่วงอบแห้งชุดการทดลอง พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

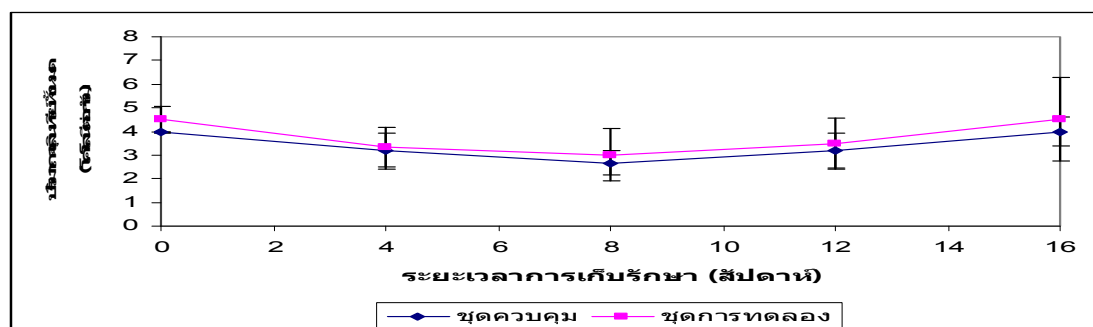


Figure 4.42: Comparison in total bacteria count between dried sulphited mango and dried treated mango during storage in different condition. Values represent mean $\pm$ S.D. of three replicates. Sulphiting, treatment.

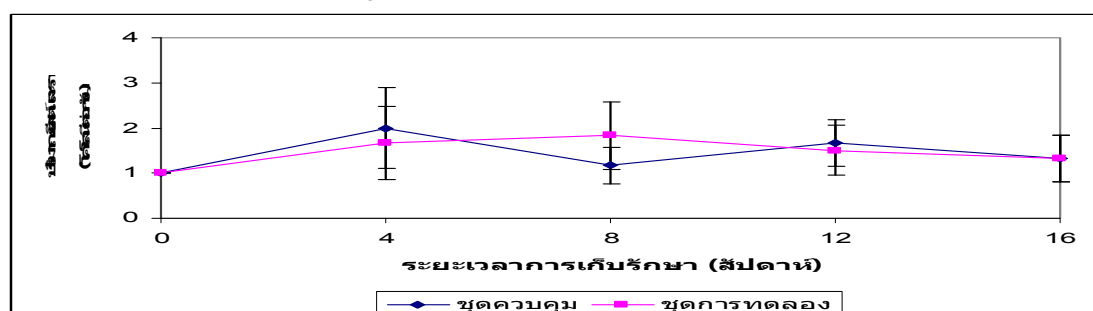


Figure 4.43: Comparison in yeast and mold count between dried sulphited mango and dried treated mango during storage in different conditions. Values represent mean $\pm$ S.D. of three replicates. Sulphiting, treatment.

Table 4.46 Changes in total bacteria count of dried mango during storage in different conditions.

สภาวะการเก็บ (องศาเซลเซียส)	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนีต่อกรัม) ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)				
	0	4	8	12	16
ชุดควบคุม					
4	4.00 + 0.00	3.50 + 0.71	3.00 + 0.00	3.00 + 1.41	4.50 + 0.71
25	4.00 + 0.00	2.50 + 0.71	2.50 + 0.71	3.50 + 0.71	4.00 + 0.00
35	4.00 + 0.00	3.50 + 0.71	2.50 + 0.71	3.00 + 0.00	3.50 + 0.71
ค่าเฉลี่ย	4.00A + 0.00	3.17AB + 0.75	2.67B + 0.52	3.17AB + 0.75	4.00A + 0.63
ชุดการทดลอง					
4	4.50 + 0.71	3.50 + 0.71	4.00 + 1.41	3.50 + 0.71	4.00 + 1.41
25	4.50 + 0.71	3.00 + 1.41	2.50 + 0.71	2.50 + 0.71	3.50 + 2.12
35	4.50 + 0.71	3.50 + 0.71	2.50 + 0.71	4.50 + 0.71	6.00 + 1.41
ค่าเฉลี่ย	4.50A + 0.55	3.33AB + 0.82	3.00B + 1.10	3.50AB + 1.05	4.50A + 1.76

Data expressed as means $\pm$ S.D. of 3 replicates. Values followed by different upper case or lower case letters are significantly different (P< 0.05) within columns and rows, respectively. ns = non significant

Table 4.47 Changes in yeast and mold count of dried mango during storage in different conditions.

สภาวะการเก็บ (องศาเซลเซียส)	ปริมาณยีสต์และรา (โคโลนีต่อกรัม)				
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)				
	0	4	8	12	16
จุลินทรีย์					
4	1.00 + 0.00	2.50 + 0.71	1.00 + 0.00	2.00 + 0.00	2.00 + 0.00
25	1.00 + 0.00	2.00 + 1.41	1.00 + 0.00	1.50 + 0.71	1.00 + 0.00
35	1.00 + 0.00	1.50 + 0.71	1.50 + 0.71	1.50 + 0.71	1.00 + 0.00
ค่าเฉลี่ย	1.00B + 0.00	2.00A + 0.89	1.17B + 0.41	1.67AB + 0.52	1.33AB + 0.52
จุลินทรีย์					
4	1.00 + 0.00	1.50 + 0.71	1.50 + 0.71	1.50 + 0.71	1.50 + 0.71
25	1.00 + 0.00	1.00 + 0.00	1.50 + 0.71	1.50 + 0.71	1.50 + 0.71
	1.00 + 0.00	2.50 + 0.71	2.50 + 0.71	1.50 + 0.71	1.00 + 0.00
ค่าเฉลี่ย	1.00B + 0.00	1.67AB + 0.82	1.83A + 0.75	1.50AB + 0.55	1.33AB + 0.52

Data expressed as means $\pm$ S.D. of 3 replicates. Values followed by different upper case or lower case letters are significantly different (P< 0.05) within columns and rows, respectively. ns = non significant

5.7 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส ของเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์อบแห้ง ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 , 25 และ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 สัปดาห์ โดยพิจารณาเปรียบเทียบคะแนนความชอบที่มีต่อสี , กลิ่น, รสชาติ, เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ดังแสดงใน Table 4.48 - 4.52 และ Fig. 4.44 - 4.48

1) ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสที่มีต่อสี เมื่อทำการศึกษาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนความชอบที่มีต่อสีในระหว่างการเก็บรักษาของเนื้อมะม่วงอบแห้งชุดควบคุม พบว่าเนื้อมะม่วงอบแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จะมีค่าคะแนนความชอบมากที่สุดเท่ากับ 6.90 ± 0.90 รองลงมาคือเนื้อมะม่วงอบแห้งที่อุณหภูมิ 25 และ 35 องศาเซลเซียส โดยมีค่าคะแนนความชอบเท่ากับ 6.78 ± 0.91 และ 6.74 ± 0.98 ตามลำดับ อุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น จะทำให้ค่าคะแนนความชอบลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเริ่มต้นเนื้อมะม่วงอบแห้งจะมีค่าคะแนนความชอบเท่ากับ 7.12 ± 0.93 และค่อยๆ ลดลงจนถึงสัปดาห์ที่ 16 โดยมีค่าคะแนนความชอบลดลงเหลือ 5.93 ± 0.77 คือจากชอบปานกลางมาเป็นเฉยๆ ส่วนการเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนความชอบที่มีต่อสีของเนื้อมะม่วงอบแห้งชุดการทดลอง พบว่าเนื้อมะม่วงอบแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 25 องศาเซลเซียส ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีค่าคะแนนความชอบเท่ากับ 6.68 ± 0.84 และ 6.62 ± 0.89 ตามลำดับ ส่วนเนื้อมะม่วงอบแห้งที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส พบว่ามีค่าคะแนนความชอบน้อยที่สุดเท่ากับ 6.47 ± 0.95 อุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น จะทำให้ค่าคะแนนความชอบลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเริ่มต้นเนื้อมะม่วงอบแห้งจะมีค่าคะแนนความชอบเท่ากับ 7.00 ± 0.75 และค่อยๆ ลดลงจนถึงสัปดาห์ที่ 16 โดยมีค่าคะแนนความชอบลดลงเหลือ 5.81 ± 0.84 คือจากชอบปานกลางมาเป็นเฉยๆ สอดคล้องกับการลดลงของค่าสี L^* และ b^* และการเพิ่มขึ้นของค่าสี a^* (Table 4.2.22-4.2.24) เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนความชอบที่มีต่อสีของเนื้อมะม่วงอบแห้งระหว่างเนื้อมะม่วงอบแห้งชุดควบคุมและเนื้อมะม่วงอบแห้งชุดการทดลอง พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่ออุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้นค่าคะแนนความชอบที่มีต่อสีในระหว่างการเก็บรักษาของเนื้อมะม่วงอบแห้งจะลดลง เนื่องจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล

2) ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสที่มีต่อกลิ่น เมื่อทำการศึกษาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนความชอบที่มีต่อกลิ่นในระหว่างการเก็บรักษาของเนื้อมะม่วงอบแห้งชุดควบคุม พบว่าเนื้อมะม่วงอบแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 , 25 และ 35 องศาเซลเซียส ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีค่าคะแนนความชอบเท่ากับ 6.65 ± 0.92 , 6.59 ± 0.95 และ 6.52 ± 0.89 ตามลำดับ ระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น จะทำให้ค่าคะแนนความชอบลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเริ่มต้นเนื้อมะม่วงอบแห้งจะมีค่าคะแนนความชอบเท่ากับ 7.02 ± 0.86 และค่อยๆ ลดลงจนถึงสัปดาห์ที่ 16 โดยมีค่าคะแนนความชอบลดลงเหลือ 6.09 ± 0.88 คือจากชอบปานกลางมาเป็นชอบเล็กน้อย ส่วนการเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนความชอบที่มีต่อกลิ่นของเนื้อมะม่วงอบแห้งชุดการทดลอง พบว่าเนื้อมะม่วงอบแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จะมีค่าคะแนนความชอบมากที่สุดเท่ากับ 6.57 ± 0.89 ส่วนเนื้อมะม่วงอบแห้งที่อุณหภูมิ 25 และ 35 องศาเซลเซียส พบว่ามีค่าคะแนนความชอบเท่ากับ 6.51 ± 0.88 และ 6.38 ± 0.96 ตามลำดับ อุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น จะทำให้ค่าคะแนนความชอบลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเริ่มต้นเนื้อมะม่วงอบแห้งจะมีค่าคะแนนความชอบเท่ากับ 7.04 ± 0.72 และค่อยๆ ลดลงจนถึงสัปดาห์ที่ 16 โดยมีค่าคะแนนความชอบลดลงเหลือ 5.80 ± 0.84 คือจากชอบปานกลางมาเป็นเฉยๆ เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนความชอบที่มีต่อกลิ่นของเนื้อมะม่วงอบแห้งระหว่างเนื้อมะม่วงอบแห้งชุดควบคุมและเนื้อมะม่วงอบแห้งชุดการทดลอง พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่ออุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บ

รักษาเพิ่มมากขึ้นค่าคะแนนความชอบที่มีต่อกลิ่นในระหว่างการเก็บรักษาของเนื้อมะม่วงอบแห้งจะลดลง เนื่องจากการสลายตัวของสารระเหยจึงทำให้กลิ่นลดลง โดยสารระเหยที่มีในมะม่วงไซคอนันต์นั้นจะเป็นสารจำพวกฟิวแรน , เอสเทอร์ , แอลกอฮอล์ , คีโตน และเทอร์พีน (สินีนาท, 2541)

3) ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสที่มีต่อรสชาติ เมื่อทำการศึกษาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนความชอบที่มีต่อรสชาติในระหว่างการเก็บรักษาของเนื้อมะม่วงอบแห้งชุดควบคุม พบว่าเนื้อมะม่วงอบแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 , 25 และ 35 องศาเซลเซียส ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่าคะแนนความชอบเท่ากับ 6.70 ± 0.95 , 6.65 ± 0.92 และ 6.61 ± 0.94 ตามลำดับระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น จะทำให้ค่าคะแนนความชอบลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) โดยเริ่มต้นเนื้อมะม่วงอบแห้งจะมีค่าคะแนนความชอบเท่ากับ 7.22 ± 0.97 และค่อยๆ ลดลงจนถึงสัปดาห์ที่ 16 โดยมีค่าคะแนนความชอบลดลงเหลือ 6.07 ± 0.70 คือจากชอบปานกลางมาเป็นชอบเล็กน้อย ส่วนการเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนความชอบที่มีต่อรสชาติของเนื้อมะม่วงอบแห้งชุดการทดลอง พบว่าเนื้อมะม่วงอบแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 25 องศาเซลเซียส ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่าคะแนนความชอบเท่ากับ 6.63 ± 0.89 และ 6.60 ± 0.89 ตามลำดับ ส่วนเนื้อมะม่วงอบแห้งที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส พบว่ามีค่าคะแนนความชอบน้อยที่สุดเท่ากับ 6.43 ± 0.97 อุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น จะทำให้ค่าคะแนนความชอบลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) โดยเริ่มต้นเนื้อมะม่วงอบแห้งจะมีค่าคะแนนความชอบเท่ากับ 7.16 ± 0.86 และค่อยๆ ลดลงจนถึงสัปดาห์ที่ 16 โดยมีค่าคะแนนความชอบลดลงเหลือ 5.84 ± 0.79 คือจากชอบปานกลางมาเป็นเฉยๆ เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนความชอบที่มีต่อรสชาติของเนื้อมะม่วงอบแห้งระหว่างเนื้อมะม่วงอบแห้งชุดควบคุมและเนื้อมะม่วงอบแห้งชุดการทดลอง พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่ออุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้นค่าคะแนนความชอบที่มีต่อรสชาติในระหว่างการเก็บรักษาของเนื้อมะม่วงอบแห้งจะลดลง

4) ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสที่มีต่อเนื้อสัมผัส เมื่อทำการศึกษาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนความชอบที่มีต่อเนื้อสัมผัสในระหว่างการเก็บรักษาของเนื้อมะม่วงอบแห้งชุดควบคุม พบว่าเนื้อมะม่วงอบแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จะมีค่าคะแนนความชอบมากที่สุดเท่ากับ 6.37 ± 0.93 ส่วนเนื้อมะม่วงอบแห้งที่อุณหภูมิ 25 และ 35 องศาเซลเซียส พบว่ามีค่าคะแนนความชอบเท่ากับ 6.33 ± 0.94 และ 6.19 ± 0.91 ตามลำดับ อุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น จะทำให้ค่าคะแนนความชอบลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) โดยเริ่มต้นเนื้อมะม่วงอบแห้งจะมีค่าคะแนนความชอบเท่ากับ 6.70 ± 0.76 และค่อยๆ ลดลงจนถึงสัปดาห์ที่ 16 โดยมีค่าคะแนนความชอบลดลงเหลือ 5.75 ± 0.85 คือจากชอบเล็กน้อยมาเป็นเฉยๆ ส่วนการเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนความชอบที่มีต่อเนื้อสัมผัสของเนื้อมะม่วงอบแห้งชุดการทดลอง พบว่าเนื้อมะม่วงอบแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จะมีค่าคะแนนความชอบมากที่สุดเท่ากับ 6.39 ± 0.93 ส่วนเนื้อมะม่วงอบแห้งที่อุณหภูมิ 25 และ 35 องศาเซลเซียส พบว่ามีค่าคะแนนความชอบเท่ากับ 6.32 ± 0.91 และ 6.18 ± 0.98 ตามลำดับ อุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น จะทำให้ค่าคะแนนความชอบลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) โดยเริ่มต้นเนื้อมะม่วงอบแห้งจะมีค่าคะแนนความชอบเท่ากับ 6.74 ± 0.89 และค่อยๆ ลดลงจนถึงสัปดาห์ที่ 16 โดยมีค่าคะแนนความชอบลดลงเหลือ 5.82 ± 0.81 คือจากชอบเล็กน้อยมาเป็นเฉยๆ เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนความชอบที่มีต่อเนื้อสัมผัสของเนื้อมะม่วงอบแห้งระหว่างเนื้อมะม่วงอบแห้งชุดควบคุมและเนื้อมะม่วงอบแห้งชุดการทดลอง พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทาง

สถิติ ($p>0.05$) เมื่ออุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้นค่าคะแนนความชอบที่มีต่อเนื้อสัมผัสในระหว่างการเก็บรักษาของเนื้อมะม่วงอบแห้งจะลดลง

5) ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสที่มีต่อความชอบรวม เมื่อทำการศึกษเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนความชอบที่มีต่อความชอบรวมในระหว่างการเก็บรักษาของเนื้อมะม่วงอบแห้งชุดควบคุม พบว่าเนื้อมะม่วงอบแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 , 25 และ 35 องศาเซลเซียส ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่าคะแนนความชอบเท่ากับ 6.72 ± 0.84 , 6.62 ± 0.86 และ 6.60 ± 0.86 ตามลำดับ ระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น จะทำให้ค่าคะแนนความชอบลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยเริ่มต้นเนื้อมะม่วงอบแห้งจะมีค่าคะแนนความชอบเท่ากับ 7.18 ± 0.82 และค่อยๆ ลดลงจนถึงสัปดาห์ที่ 16 โดยมีค่าคะแนนความชอบลดลงเหลือ 6.05 ± 0.76 คือจากชอบปานกลางมาเป็นชอบเล็กน้อย ส่วนการเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนความชอบที่มีต่อความชอบรวมของเนื้อมะม่วงอบแห้งชุดการทดลอง พบว่าเนื้อมะม่วงอบแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จะมีค่าคะแนนความชอบมากที่สุดเท่ากับ 6.68 ± 0.85 ส่วนเนื้อมะม่วงอบแห้งที่อุณหภูมิ 25 และ 35 องศาเซลเซียส พบว่ามีค่าคะแนนความชอบเท่ากับ 6.58 ± 0.86 และ 6.45 ± 0.97 ตามลำดับ อุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น จะทำให้ค่าคะแนนความชอบลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยเริ่มต้นเนื้อมะม่วงอบแห้งจะมีค่าคะแนนความชอบเท่ากับ 7.20 ± 0.70 และค่อยๆ ลดลงจนถึงสัปดาห์ที่ 16 โดยมีค่าคะแนนความชอบลดลงเหลือ 5.80 ± 0.83 คือจากชอบเล็กน้อยมาเป็นเฉยๆ เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนความชอบที่มีต่อความชอบรวมของเนื้อมะม่วงอบแห้งระหว่างเนื้อมะม่วงอบแห้งชุดควบคุมและเนื้อมะม่วงอบแห้งชุดการทดลอง พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่ออุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้นค่าคะแนนความชอบที่มีต่อความชอบรวมในระหว่างการเก็บรักษาของเนื้อมะม่วงอบแห้งจะลดลง

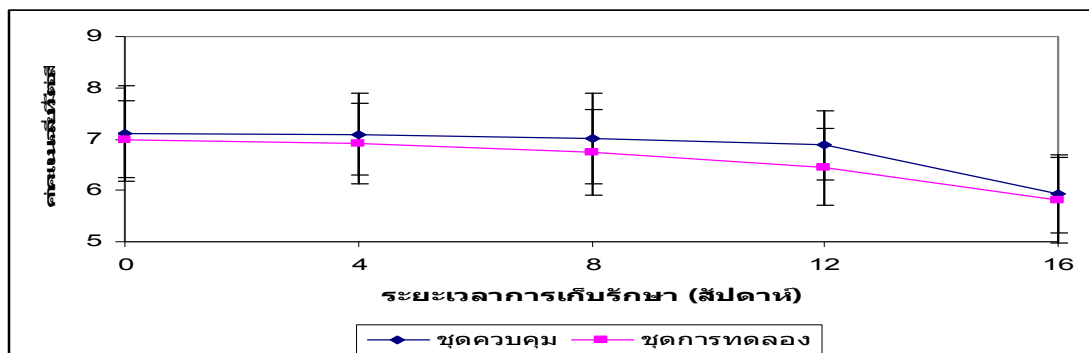


Figure 4.44: Comparison in color scores between dried sulphited mango and dried treated mango during storage in different condition . Values represent mean $\pm$ S.D. of two replicates. Sulphiting, treatment.

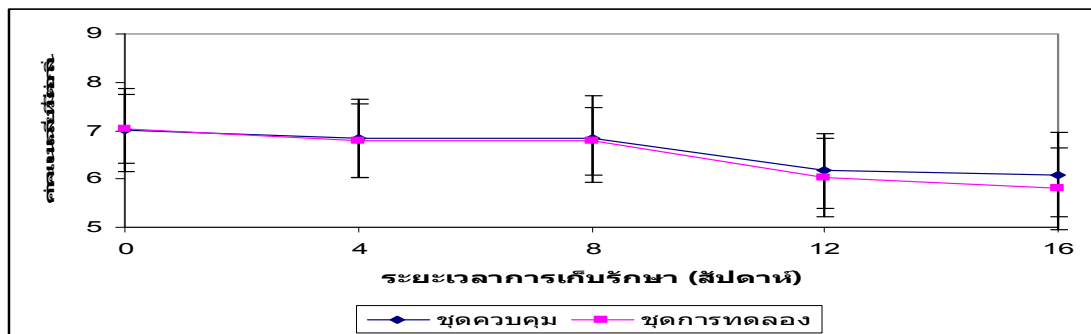


Figure 4.45: Comparison in odour scores between dried sulphited mango and dried treated mango during storage in different condition . Values represent mean $\pm$ S.D. of two replicates. Sulphiting, treatment.

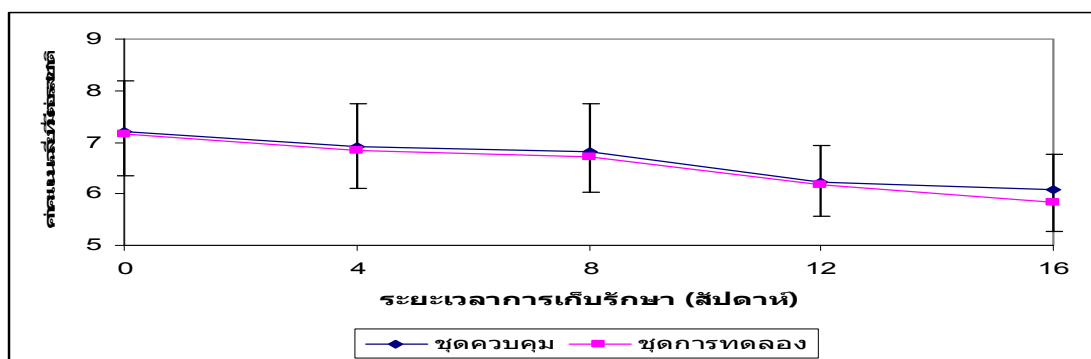


Figure 4.46: Comparison in taste scores between dried sulphited mango and dried treated mango during storage in different condition . Values represent mean $\pm$ S.D. of two replicates. Sulphiting, treatment.

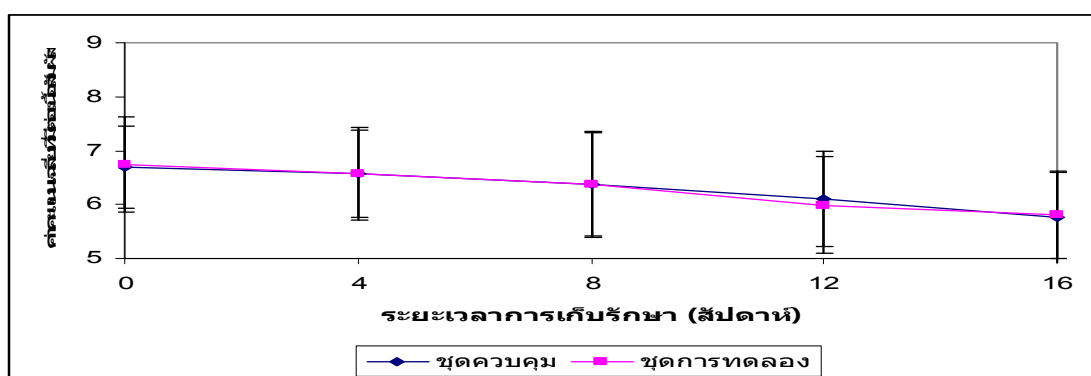


Figure 4.47: Comparison in texture scores between dried sulphited mango and dried treated mango during storage in different condition . Values represent mean $\pm$ S.D. of two replicates. Sulphiting, treatment.

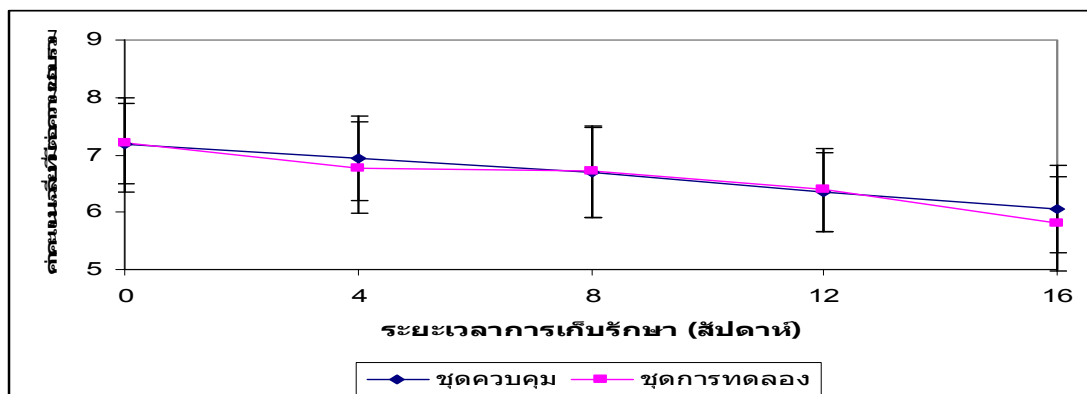


Figure 4.48: Comparison in overall acceptable scores between dried sulphited mango and dried treated mango during storage in different condition . Values represent mean $\pm$ S.D. of two replicates. Sulphiting, treatment.

Table 4.48 Color scores of dried mango during storage in different conditions.

สภาวะการเก็บ (องศาเซลเซียส)	ค่าคะแนนเฉลี่ยที่มีต่อสี				
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)				
	0	4	8	12	16
ชุดควบคุม					
4	7.12 + 0.94	7.14 + 0.78	7.10 + 0.86	7.14 + 0.50	6.00 + 0.76
25	7.12 + 0.94	7.04 + 0.73	6.92 + 0.92	6.88 + 0.63	5.96 + 0.78
35	7.12 + 0.94	7.10 + 0.89	7.00 + 0.90	6.62 + 0.78	5.84 + 0.79
ค่าเฉลี่ย	7.12A + 0.93	7.09A + 0.80	7.01AB + 0.89	6.88B + 0.67	5.93C + 0.77
ชุดการทดลอง					
4	7.00 + 0.76	6.90 + 0.74	6.90 + 0.79	6.62 + 0.67	5.96 + 0.83
25	7.00 + 0.76	6.90 + 0.84	6.86 + 0.76	6.56 + 0.67	5.76 + 0.80
35	7.00 + 0.76	6.94 + 0.82	6.48 + 0.89	6.20 + 0.81	5.72 + 0.88
ค่าเฉลี่ย	7.00A + 0.75	6.91AB + 0.79	6.75B + 0.83	6.46C + 0.74	5.81D + 0.84

Data expressed as means $\pm$ S.D. of 2 replicates. Values followed by different upper case letters are significantly different ($P < 0.05$) within columns and rows, respectively.

Table 4.49 Odour scores of dried mango during storage in different conditions.

สภาวะการเก็บ (องศาเซลเซียส)	ค่าคะแนนเฉลี่ยที่มีต่อกลิ่น				
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)				
	0	4	8	12	16
ชุดควบคุม					
4	7.02 + 0.87	6.96 + 0.78	6.94 + 0.89	6.18 + 0.77	6.16 + 0.89
25	7.02 + 0.87	6.88 + 0.87	6.82 + 0.94	6.16 + 0.77	6.08 + 0.92
35	7.02 + 0.87	6.68 + 0.74	6.72 + 0.83	6.16 + 0.79	6.04 + 0.83
ค่าเฉลี่ย	7.02A + 0.86	6.84A + 0.80	6.83A + 0.89	6.17B + 0.77	6.09B + 0.88
ชุดการทดลอง					
4	7.04 + 0.73	6.82 + 0.77	6.86 + 0.70	6.14 + 0.86	5.98 + 0.84
25	7.04 + 0.73	6.78 + 0.79	6.74 + 0.66	6.14 + 0.86	5.86 + 0.81
35	7.04 + 0.73	6.78 + 0.76	6.74 + 0.75	5.80 + 0.70	5.56 + 0.84
ค่าเฉลี่ย	7.04A + 0.72	6.79B + 0.77	6.78B + 0.70	6.03C + 0.82	5.80D + 0.84

Data expressed as means $\pm$ S.D. of 2 replicates. Values followed by different upper case or lower case letters are significantly different ($P < 0.05$) within columns and rows, respectively. ns = non significant

Table 4.50 Taste scores of dried mango during storage in different conditions.

สภาวะการเก็บ (องศาเซลเซียส)	ค่าคะแนนเฉลี่ยที่มีต่อรสชาติ				
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)				
	0	4	8	12	16
ชุดควบคุม					
4	7.22 + 0.97	7.02 + 0.84	6.88 + 0.94	6.28 + 0.73	6.08 + 0.70
25	7.22 + 0.97	6.88 + 0.82	6.80 + 0.93	6.24 + 0.72	6.12 + 0.69
35	7.22 + 0.97	6.86 + 0.86	6.76 + 0.94	6.18 + 0.66	6.02 + 0.71
ค่าเฉลี่ย	7.22A + 0.97	6.92B + 0.84	6.81B + 0.93	6.23C + 0.70	6.07C + 0.70
ชุดการทดลอง					
4	7.16 + 0.87	6.88 + 0.80	6.84 + 0.77	6.28 + 0.67	6.00 + 0.81
25	7.16 + 0.87	6.86 + 0.81	6.78 + 0.74	6.24 + 0.69	5.94 + 0.77
35	7.16 + 0.87	6.80 + 0.86	6.54 + 0.84	6.06 + 0.65	5.58 + 0.76
ค่าเฉลี่ย	7.16A + 0.86	6.85B + 0.82	6.72B + 0.79	6.19C + 0.67	5.84D + 0.79

Data expressed as means $\pm$ S.D. of 2 replicates. Values followed by different upper case or lower case letters are significantly different ($P < 0.05$) within columns and rows, respectively. ns = non significant

Table 4.51 Texture scores of dried mango during storage in different conditions.

สภาวะการเก็บ (องศาเซลเซียส)	ค่าคะแนนเฉลี่ยที่ได้ออกเพื่อสัมผัส				
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)				
	0	4	8	12	16
ชุดควบคุม					
4	6.70 + 0.76	6.64 + 0.90	6.50 + 0.97	6.22 + 0.89	5.80 + 0.83
25	6.70 + 0.76	6.62 + 0.97	6.38 + 0.97	6.20 + 0.88	5.76 + 0.85
35	6.70 + 0.76	6.42 + 0.70	6.26 + 0.94	5.88 + 0.87	5.68 + 0.89
ค่าเฉลี่ย	6.70A + 0.76	6.56AB + 0.86	6.38B + 0.96	6.10C + 0.89	5.75D + 0.85
ชุดการทดลอง					
4	6.74 + 0.90	6.70 + 0.76	6.48 + 0.97	6.08 + 0.90	5.96 + 0.83
25	6.74 + 0.90	6.60 + 0.73	6.36 + 0.96	6.04 + 0.90	5.86 + 0.78
35	6.74 + 0.90	6.38 + 0.92	6.30 + 1.02	5.86 + 0.86	5.64 + 0.80
ค่าเฉลี่ย	6.74A + 0.89	6.56AB + 0.81	6.38B + 0.98	5.99C + 0.89	5.82C + 0.81

Data expressed as means $\pm$ S.D. of 2 replicates. Values followed by different upper case or lower case letters are significantly different ($P < 0.05$) within columns and rows, respectively.

Table 4.52 Overall acceptable scores of dried mango during storage in different conditions.

สภาวะการเก็บ (องศาเซลเซียส)	ค่าคะแนนเฉลี่ยที่มีต่อความชอบรวม				
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)				
	0	4	8	12	16
ชุดควบคุม					
4	7.18 + 0.83	7.02 + 0.71	6.78 + 0.82	6.42 + 0.70	6.18 + 0.72
25	7.18 + 0.83	6.94 + 0.74	6.68 + 0.74	6.32 + 0.68	5.98 + 0.77
35	7.18 + 0.83	6.86 + 0.73	6.64 + 0.80	6.32 + 0.65	6.00 + 0.78
ค่าเฉลี่ย	7.18A + 0.82	6.94B + 0.73	6.70C + 0.78	6.35D + 0.68	6.05E + 0.76
ชุดการทดลอง					
4	7.20 + 0.70	6.84 + 0.79	6.80 + 0.78	6.58 + 0.67	6.00 + 0.81
25	7.20 + 0.70	6.78 + 0.79	6.66 + 0.69	6.44 + 0.76	5.84 + 0.77
35	7.20 + 0.70	6.68 + 0.82	6.66 + 0.89	6.16 + 0.71	5.56 + 0.86
ค่าเฉลี่ย	7.20A + 0.70	6.77B + 0.80	6.71B + 0.79	6.39C + 0.73	5.80D + 0.83

Data expressed as means $\pm$ S.D. of 2 replicates. Values followed by different upper case or lower case letters are significantly different ($P < 0.05$) within columns and rows, respectively. ns = non significant

บทที่ 4 ผลการทดลอง และวิจารณ์ กระบวนการผลิตมะม่วง และลื่นจ๊อบแห้งชนิดหวานน้อย

1. ศึกษาผลของการทำออสโมติกดีไฮเดรชันต่อคุณลักษณะของมะม่วง และลื่นจ๊อบแห้ง และการศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ที่ได้

ผลของการทำออสโมติกดีไฮเดรชันต่อคุณลักษณะของมะม่วง และลื่นจ๊อบแห้ง และการศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ที่ได้

มะม่วง

1.1 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของวัตถุดิบ

จากการวัดสีของมะม่วงดิบโดย วัดสีเปลือก และสีเนื้อ 3 บริเวณ คือ ส่วนหัว กลาง และท้าย ซึ่งมีค่าความสว่าง (L^*) ค่าความเป็นสีแดง (a^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) แสดงดัง Table 4.1

Table 4.1 Colour measurement of peel and flesh of unripened mango.

	บริเวณ	L^*	a^*	b^*
เปลือก	ส่วนหัว	52.89	-7.19	30.20
	ส่วนกลางผล	52.66	-8.64	29.92
	ส่วนท้ายผล	50.83	-8.86	27.34
เนื้อ	ส่วนหัว	70.38	-4.41	29.39
	ส่วนกลางผล	67.46	-5.65	31.28
	ส่วนท้ายผล	64.82	-6.97	31.24

หลังจากนั้นนำมะม่วงดิบบ่มที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 30°C) ทิ้งไว้ประมาณ 5 วัน จะได้มะม่วงสุกที่มีลักษณะตามต้องการ คือ สีเปลือกและสีเนื้อ วัด 3 บริเวณ คือ ส่วนหัว กลาง และท้าย ซึ่งมี (L^*) ค่าความเป็นสีแดง (a^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) แสดงดัง Table 4.2

1.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของวัตถุดิบ

จากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของมะม่วงสดดิบพบว่า มีค่า TSS และค่า TA เป็น 7.3 $^{\circ}\text{Brix}$ และ 1.04 มิลลิกรัม/100 กรัมตัวอย่าง ตามลำดับ เมื่อนำมะม่วงดิบบ่มที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 30°C) ทิ้งไว้ประมาณ 5 วัน มาวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีพบว่า มีค่า TSS และค่า TA เป็น 12.9 $^{\circ}\text{Brix}$ และ 0.60 มิลลิกรัม/100 กรัมตัวอย่าง ตามลำดับ

ผลของการทำ pre-treatment ต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพเคมีและการเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์มะม่วงอบแห้งระหว่างการเก็บรักษา

1) การเปลี่ยนแปลงค่าวอเตอร์แอคทิวิตี (A_w)

มะม่วงกิ่งอบแห้งจะมีค่าวอเตอร์แอคทิวิตีอยู่ระหว่าง 0.78 – 0.84 ส่วนมะม่วงอบแห้งจะมีค่าวอเตอร์แอคทิวิตีอยู่ระหว่าง 0.55-0.70 ซึ่งค่าที่ได้จะมีความแตกต่างกันไปในแต่ละ treatment และเมื่อทำการเก็บรักษาเป็นระยะเวลานาน 0.5, 1 และ 2 เดือน ค่าวอเตอร์แอคทิวิตีของล้นจี่อบแห้งจะมีแนวโน้มที่เพิ่มสูงขึ้นในทุก treatment เนื่องจากภาชนะบรรจุที่ใส่ผลิตภัณฑ์ยอมให้ก๊าซและไอน้ำซึมผ่านเข้าสู่ผลิตภัณฑ์ได้ ดังนั้นผลิตภัณฑ์จะดูดความชื้นจากสิ่งแวดล้อมเข้าไป ซึ่งค่าวอเตอร์แอคทิวิตีนี้จะส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เช่น การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล

Table 4.2 Colour measurement of peel and flesh of unripe mango at temperature 30°C

	บริเวณ	L*	a*	b*
เปลือก	ส่วนหัว	61.88	1.23	39.41
	ส่วนกลางผล	58.30	-4.30	33.80
	ส่วนท้ายผล	55.73	-5.25	30.92
เนื้อ	ส่วนหัว	66.05	0.02	33.51
	ส่วนกลางผล	64.69	-1.27	33.82
	ส่วนท้ายผล	62.47	-2.62	33.87

มะม่วงสุกมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อผลเป็น 270.05 กรัม ประกอบด้วยน้ำหนักเนื้อ 217.96 กรัม น้ำหนักเปลือก 19.08 กรัม และน้ำหนักเมล็ด 33.01 กรัม ค่าเฉลี่ยร้อยละผลได้ของเนื้อหลังปอกเปลือกเป็นร้อยละ 80.7

Table 4.3 Water activity of dried mango during storage at the beginning period of 0.5, 1 and 2 months.

Pretreatment	0 เดือน	0.5 เดือน	1 เดือน	2 เดือน
C	0.639±0.002	0.659±0.002	0.673±0.000	0.695±0.000
G10nb	0.611±0.001	0.617±0.001	0.620±0.004	0.623±0.006
G+Tnb	0.623±0.001	0.624±0.000	0.630±0.002	0.639±0.004
G+βnb	0.604±0.008	0.622±0.008	0.619±0.004	0.631±0.001
G10b	0.629±0.012	0.623±0.000	0.628±0.000	0.625±0.000
G+Tb	0.549±0.002	0.554±0.006	0.566±0.001	0.582±0.003
G+βb	0.584±0.000	0.586±0.001	0.588±0.004	0.590±0.002

2) การเปลี่ยนแปลงค่าปริมาณการเกิดสีน้ำตาลทั้งหมด (Degree of browning)

จากการวิเคราะห์หาปริมาณการเกิดสีน้ำตาลทั้งหมด (Degree of browning) ของมะม่วงอบแห้งที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 0, 0.5, 1 และ 2 เดือน พบว่าเริ่มต้นจะมีปริมาณการเกิดสีน้ำตาล ทั้งหมดที่ต่ำ คืออยู่ในช่วงประมาณ 0.04-0.06 OD/กรัมน้ำหนักแห้ง ซึ่งในแต่ละ treatment ก็จะมีค่าที่แตกต่างกันไป โดยมะม่วงที่ผ่านการลวกก่อนที่จะนำไปแช่ในสารละลายออสโมติกจะมีปริมาณของการเกิดสีน้ำตาลทั้งหมดที่น้อยกว่า มะม่วงที่ไม่ผ่านการลวก และภายหลังการเก็บรักษา ที่นานขึ้นปริมาณการเกิดสีน้ำตาลทั้งหมดในชั้นมะม่วงอบแห้งจะเพิ่มสูงขึ้นแต่สำหรับมะม่วงที่มี การลวกก่อนแช่ในสารละลายออสโมติกจะมีปริมาณการเกิดสีน้ำตาลที่น้อยกว่ามะม่วงที่ไม่ผ่าน การลวกดังจะสังเกตได้จาก Fig. 4.1 เมื่อพิจารณาถึงสารละลายออสโมติกที่ใช้จะพบว่า ชั้นมะม่วงที่แช่สารละลายทรีฮาโลสจะมีปริมาณการเกิดสีน้ำตาลน้อยกว่าตัวอย่างอื่นๆ ทั้ง treatment ที่ผ่านการลวกและไม่ผ่านการลวกก่อนการแช่สารละลาย

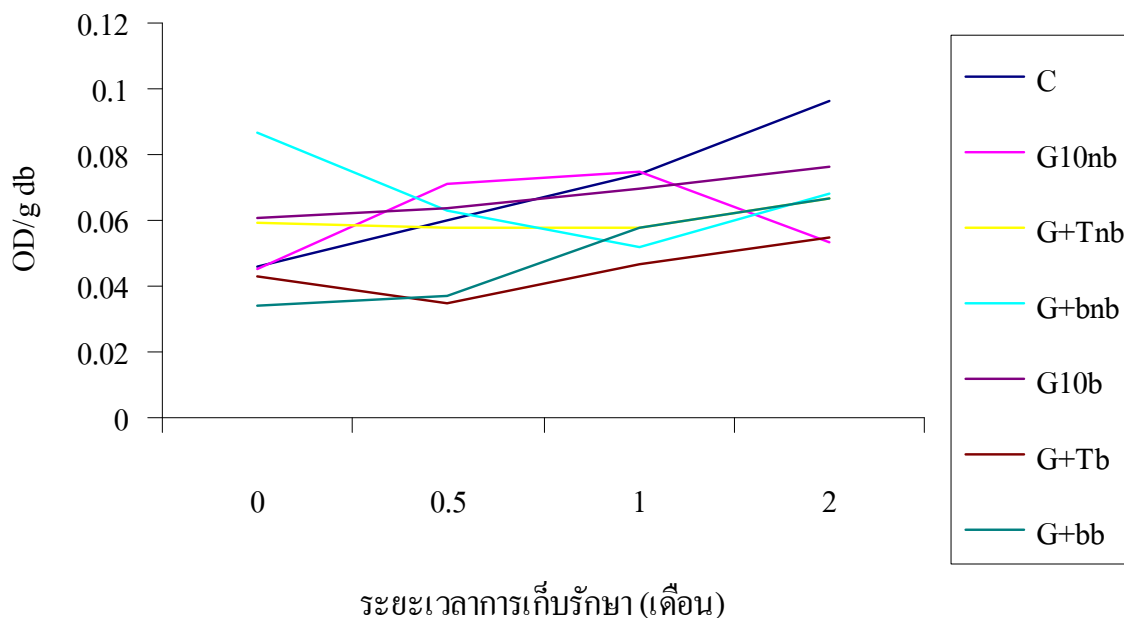


Figure 4.1: Degree of browning of dried mango pieces in each treatment during the storage period for 0, 0.5, 1 and 2 months.

3) การเปลี่ยนแปลงค่าปริมาณสาร HMF

จากการวิเคราะห์หาปริมาณสาร HMF ที่เกิดขึ้นในชั้นมะม่วงอบแห้ง พบว่าที่เริ่มต้นจะมีปริมาณการเกิด HMF ที่ต่ำ โดยมะม่วงที่ผ่านการลวกก่อนที่จะนำไปแช่ในสารละลายออสโมติกจะมีปริมาณของสาร HMF ที่น้อยกว่าลิ้นจี่ที่ไม่ผ่านการลวก และภายหลังการเก็บรักษา จะพบว่าปริมาณสาร HMF ที่เกิดขึ้นในมะม่วงอบแห้งจะเพิ่มสูงขึ้นแต่สำหรับตัวอย่างมะม่วงที่มีการลวกก่อนแช่ในสารละลายออสโมติกจะมีปริมาณสาร HMF ที่น้อยกว่าตัวอย่างมะม่วงที่ไม่ผ่านการลวกดังจะสังเกตได้จากกราฟใน Fig. 4.2 เมื่อพิจารณาถึงสารละลายออสโมติกที่ใช้จะพบว่าชั้นมะม่วงที่แช่สารละลายทรีฮาโลสจะมีปริมาณการเกิด HMF น้อยกว่าตัวอย่างอื่นๆ ทั้ง treatment ที่ผ่านการลวกและไม่ผ่านการลวกก่อนการแช่สารละลาย ซึ่งให้ผลการทดลองที่สอดคล้องกัน

กับการวัดค่าปริมาณการเกิดสีน้ำตาลทั้งหมด (Degree of browning) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Grozdenovic et al. (2007) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงผลไม้อบแห้งที่มีการใช้บรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกันในระหว่างการเก็บรักษา เนื่องจาก HMF เป็นสารตัวกลางของการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด ซึ่งจะเกิดเป็นผลิตภัณฑ์ของปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่อาศัยเอนไซม์ต่อไป ดังนั้นในบางช่วงเวลาที่ปริมาณ HMF เพิ่มขึ้นคือน้ำตาลรีดิวซ์ได้ทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนมากช่วงนั้นและเกิดเป็น HMF มาก และเมื่อ HMF เกิดปฏิกิริยาเปลี่ยนไปเป็นเมลานอยดิน ปริมาณ HMF จึงลดลง

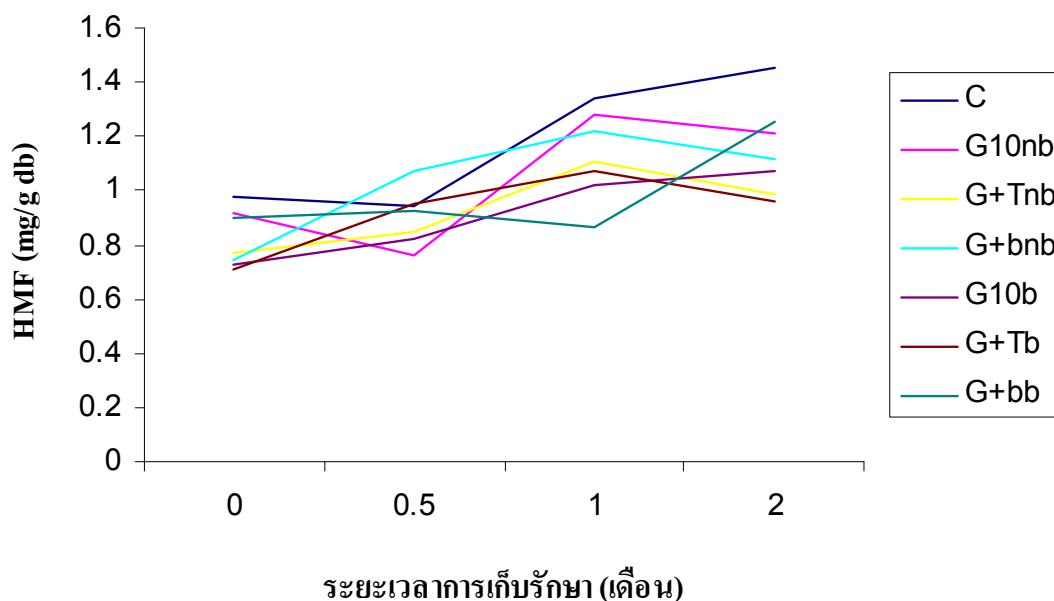


Figure 4.2: The rising HMF contents in dried mango pieces of each treatment during storage times for 0, 0.5, 1 and 2 months.

1.3 ผลทดสอบและประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์

ทดสอบและประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ด้านความชอบต่อ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส รสชาติ และการยอมรับโดยรวม โดยใช้เทคนิคการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธี 7-point Hedonic Scale จากการนำผลิตภัณฑ์มะม่วงกึ่งอบแห้ง มาทดสอบทางประสาทสัมผัสกับผู้ทดสอบจำนวน 20 คน พบว่าผลิตภัณฑ์ที่แช่ glycerol 10 % มีคะแนนการยอมรับสูงที่สุดในด้านของรสชาติ สี เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ส่วนผลิตภัณฑ์ที่เติม trehalose และ β -cyclodextrin มีค่าคะแนนการยอมรับต่ำในด้านสี ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ควบคุมได้ ค่าคะแนนต่ำในทุกด้าน

1.4 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางจุลินทรีย์

ทั้งนี้จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่า ตัวอย่างมะม่วงกึ่งอบแห้งที่ผ่านการแช่ด้วยสารละลาย glycerol 10% ได้รับคะแนนการยอมรับสูงที่สุดในด้านความชอบโดยรวม ดังนั้นในการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์จึงเลือกวิเคราะห์เฉพาะตัวอย่างมะม่วงกึ่งอบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลาย glycerol 10% ทั้ง

ที่ผ่านการลวกและไม่ลวก เปรียบเทียบกับตัวอย่างชุดควบคุม ซึ่งจะทำการวิเคราะห์เชื้อจุลินทรีย์ทั้งแบคทีเรีย ยีสต์ และรา แสดงผลดัง Table 4.4 และ 1.5

Table 4.4 Total number of bacteria in semi-dried mango.

วันที่	Control (cfu/g)	G10 (nb) (cfu/g)	G10 (b) (cfu/g)
0	2700	2240	nd
3	900	nd	nd
5	1260	114	2320
7	31600	122	nd

nd : not detect

Table 4.5 Total number of yeasts and molds in semi-dried mango.

วันที่	Control (cfu/g)	G10 (nb) (cfu/g)	G10 (b) (cfu/g)
0	34	37	nd
3	17	1680000	1340000
5	2540	nd	nd
7	2800	172	nd

nd : not detect

จากการทดลองวิเคราะห์เชื้อจุลินทรีย์ พบว่าตัวอย่างขึ้นมะม่วงที่ผ่านการแช่ด้วยสารละลาย glycerol 10% แล้วผ่านการลวกมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งแบคทีเรีย ยีสต์ และรา ต่ำกว่าตัวอย่าง ควบคุม และตัวอย่างที่แช่ด้วยสารละลาย glycerol 10% ที่ไม่ผ่านการลวก ทั้งนี้พบว่าตัวอย่างที่เป็นตัวอย่างควบคุมมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์สูงสุด

ล้นจี

ล้นจีที่นำมาวิเคราะห์มีขนาดเฉลี่ยด้านหน้าในตำแหน่งที่ 1-6 เป็น 32.7, 31.8, 26.9, 33.7, 37.7 และ 34.3 มิลลิเมตร ตามลำดับ และขนาดเฉลี่ยด้านข้างในตำแหน่งที่ 7-12 เป็น 30.6, 29.2, 24.1, 32.6, 36.3 และ 31.1 มิลลิเมตร ตามลำดับ

น้ำหนักเฉลี่ยของล้นจีต่อผลเป็น 20.1 กรัม ประกอบด้วยน้ำหนักเนื้อ 12.6 กรัม น้ำหนัก เปลือก 3.7 กรัม และน้ำหนักเมล็ด 3.8 กรัม ค่าเฉลี่ยร้อยละผลได้ของเนื้อหลังปอกเปลือกเป็นร้อยละ 62.9 เปลือกมีค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีแดง (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) เป็น 30.17, 25.07 และ 16.35 ตามลำดับ ส่วนเนื้อมีค่าความสว่าง ค่าความเป็นสีแดง และค่าความเป็นสีเหลืองเป็น 29.44, -0.24 และ -2.62 ตามลำดับ

จากการทดลองพบว่ากระบวนการทำ pre-treatment ส่งผลต่อร้อยละปริมาณผลผลิตได้ (%yield) ของล้นจีอบแห้ง โดยล้นจีของ treatment G, T และ GT จะมีปริมาณร้อยละผลผลิตได้เพิ่มขึ้นเป็น 23.16, 22.45 และ 23.89 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับ treatment C (สภาวะควบคุม) ในขณะที่ treatment A จะมีค่าปริมาณ

ร้อยละผลได้เพียง 16.27 ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากการทำออสโมติกดีไฮเดรชันอาจทำให้เกิด solid gain ขึ้นในลีนจีอบแห้ง

1. การเปลี่ยนแปลงทางเคมีของลีนจีเมื่อผ่านการทำ Pre-treatment

จากการทดลองพบว่ากระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชันส่งผลต่อคุณสมบัติทางเคมีของเนื้อลีนจีสด ดังแสดงใน Table 4.6 ผลการทดลองพบว่าสารละลายออสโมติกทำให้ค่า %MC และค่า AW ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ทั้งนี้ระหว่างกระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชันจะทำให้เกิดการถ่ายเทมวล 3 ชนิด คือ การเคลื่อนที่ของน้ำในผลิตภัณฑ์มายังสารละลาย การเคลื่อนที่ของตัวถูกละลายในสารละลายเข้าไปยังผลิตภัณฑ์ และการเคลื่อนที่ของตัวถูกละลายในผลิตภัณฑ์ไปยังสารละลาย (MacDougall, 2002)

Table 4.6 Chemical properties of fresh lychee after pre-treatment.

Treatments	MC (%)	Aw	TSS ($^{\circ}$ Brix)	TA (mg/gSample)
Fresh flesh	82.98a $\pm$ 0.18	0.976ab $\pm$ 0.006	16.60e $\pm$ 0.00	1.86h $\pm$ 0.08
C	82.57a $\pm$ 0.19	0.985a $\pm$ 0.006	11.70f $\pm$ 0.00	1.99h $\pm$ 0.05
A	83.49a $\pm$ 0.32	0.979ab $\pm$ 0.009	10.05g $\pm$ 0.07	4.65a $\pm$ 0.02
G	77.76b $\pm$ 1.68	0.971ab $\pm$ 0.006	19.15c $\pm$ 0.07	4.35b $\pm$ 0.02
T	76.91b $\pm$ 1.50	0.971ab $\pm$ 0.004	20.55b $\pm$ 0.07	3.78de $\pm$ 0.12
GT	75.70c $\pm$ 0.15	0.944c $\pm$ 0.012	21.90a $\pm$ 0.14	3.50f $\pm$ 0.09

Numerical number in the table presented mean $\pm$ standard deviation (n = 18)

a-h, Means within a column with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

การเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นของสารละลายผสมส่งผลให้ต่อปริมาณการสูญเสียน้ำ และการสะสมของตัวถูกละลาย สังเกตได้จากการเพิ่มขึ้นของค่า TA และ TSS ดังนั้น %MC และ AW ของตัวอย่างที่ผ่านการทำ pre-treatment ด้วยสารละลายน้ำตาล (G, T, และ GT) จึงต่ำกว่า treatment A และ C อย่างไรก็ตามพบว่า treatment A จะมีค่า %MC และ TA สูง และมีค่า TSS ต่ำ เนื่องจากผลของการเกิด reverse osmosis

2. การเปลี่ยนแปลงของค่าความชื้นและ AW

โดยทั่วไป Drying curve ของผลไม้จะขึ้นกับโครงสร้างเนื้อเยื่อ ที่ผนังเซลล์จะทำหน้าที่เป็นเยื่อเลือกผ่าน (semi-permeable membrane) และความเป็นรูพรุน (porosity) ของผลไม้ (Fernandes et al., 2008) จากการศึกษพบว่าการทำ pre-treatment ส่งผลต่อ drying curve ของลีนจีอบแห้ง

ระยะเวลาที่ให้ค่า AW ของลีนจีอบแห้งต่ำกว่า 0.6 ของ treatment C และ A เป็น 5.50 ชั่วโมง ในขณะที่ treatment G, T, และ GT ต้องใช้เวลา 6.50 ชั่วโมง ดังแสดงใน Fig. 4.3a นอกจากนี้ผลการทดลองยังแสดงให้เห็นว่า drying curve ของ treatment C และ A ไม่ค่อยแตกต่างกันมากนัก ในทางตรงกันข้ามพบว่า treatment G ที่เติม glycerol เพียงอย่างเดียว ให้รูปแบบของ drying curve ที่แตกต่างจาก treatment T และ GT ดัง Fig. 4.3b ซึ่งอาจเป็นผลเนื่องมาจากปริมาณของ solid gain ที่สนับสนุนจากการเพิ่มขึ้นของค่า TSS อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) หลังจากการแช่ในสารละลายออสโมติก treatment GT มีค่า solid gain เพิ่มขึ้น 32.5% รองลงมาด้วย treatment T และ G เป็น 23.5 และ 15.7% ตามลำดับ ทั้งนี้จากการศึกษาของ Giraldo et al. (2003) และ Krokida et al. (2001) พบว่าปริมาณ solid gain ที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ระยะเวลาในการอบแห้ง

เพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากความเข้มข้นของตัวถูกละลายที่สะสมบริเวณผิวของผลไม้ระหว่างการอบแห้ง และปริมาณของรูพรุนลดลง ดังนั้นปริมาณความชื้นของตัวอย่างที่ผ่านการทำ pre-treatment ด้วยสารละลายออสโมติกจึงเพิ่มขึ้น

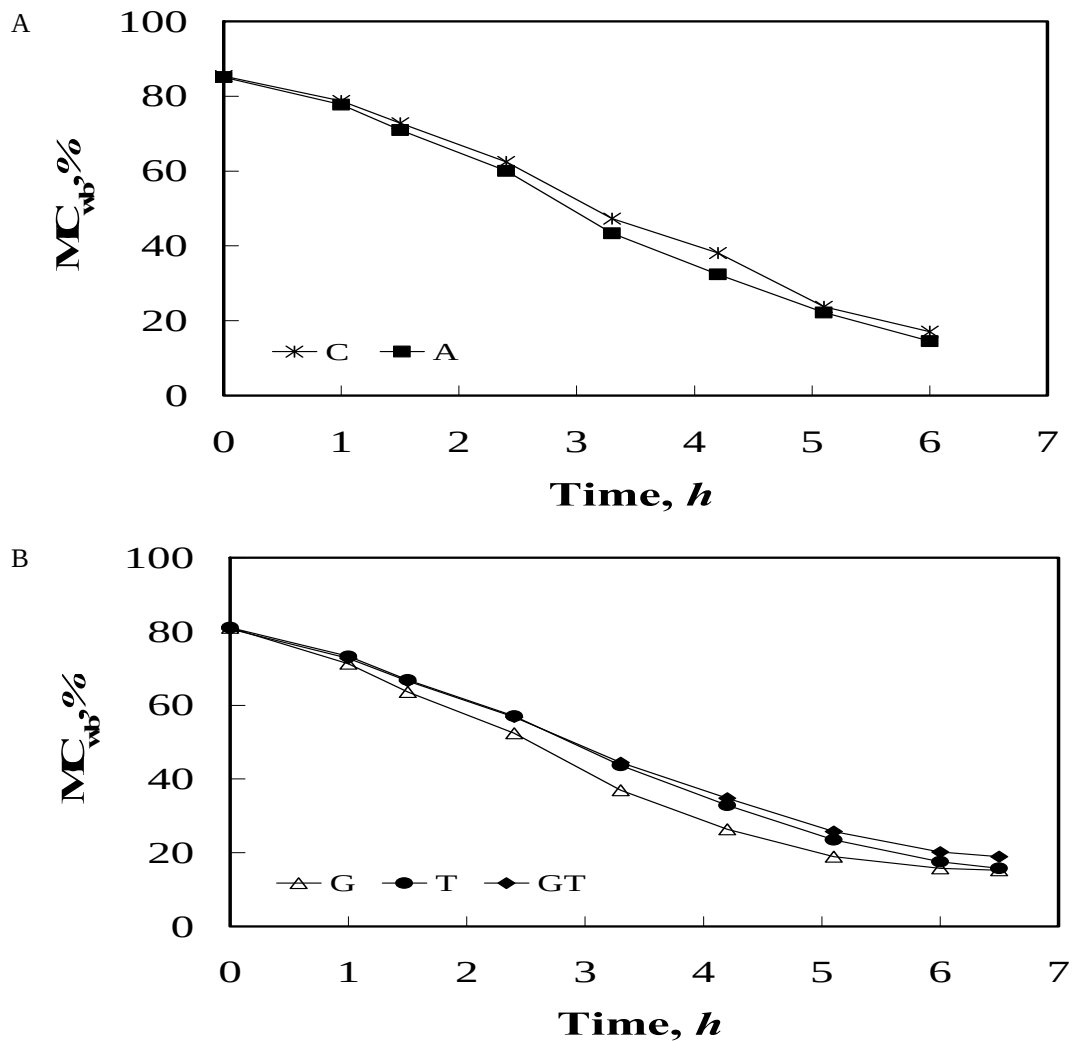


Figure 4.3: Drying curve of lychee that underwent pretreatment; (a) treatment C และ A; (b) treatment G, T, และ GT

โดยทั่วไปแล้วการทำ pre-treatment ด้วยกระบวนการออสโมติกนั้นจะส่งผลให้ความชื้นเริ่มต้นของผลิตภัณฑ์ลดลง (Giraldo et al., 2003; Kowalska et al., 2001; Krokida et al., 2001) เนื่องจากการสูญเสีย bound water (Yamsaengsung and Moreira, 2002) อย่างไรก็ตามจากการทดลองพบว่าการประยุกต์ใช้ pre-treatment ส่งผลให้ปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์สุดท้ายสูงกว่าตัวอย่างควบคุม ดังแสดงใน Table 4.7 Moyano et al. (2002) รายงานว่าการสะสมของตัวถูกละลายอาจไปยับยั้งการเคลื่อนที่ของน้ำออกจากผลิตภัณฑ์

Table 4.7 The change of initial %MC, PPO, and total phenolic content in lychee after drying.

Treatments	MCwb (%)	PPO activity (unit/g db)	Total phenolic contents (mg/g db)
C	12.60e $\pm$ 0.40	2.69a $\pm$ 0.00	0.22fg $\pm$ 0.00
A	14.75cd $\pm$ 0.11	1.50f $\pm$ 0.00	0.27ef $\pm$ 0.01
G	15.21c $\pm$ 0.21	1.85d $\pm$ 0.04	0.37d $\pm$ 0.02
T	15.73c $\pm$ 0.55	1.50f $\pm$ 0.00	0.57b $\pm$ 0.03
GT	18.96a $\pm$ 1.23	1.43g $\pm$ 0.01	0.65a $\pm$ 0.05

Numerical number in the table presented mean $\pm$ standard deviation (n = 18)

a-g, Means within a column with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

ในขณะที่เดียวกันจากคุณสมบัติของ trehalose จะมีประสิทธิภาพในการจับน้ำได้ดี (Crowe et al., 1984) ปัจจุบันมีทฤษฎี 3 ข้อด้วยกันที่อธิบายถึงกลไกการจับน้ำของ trehalose (1) การเกิด water replacement (2) การเกิด glass transition และ (3) การเกิด chemical stability (Komes et al., 2003) ความสามารถของโมเลกุลน้ำตาลในการจับกับพันธะไฮโดรเจนของน้ำ เรียกว่าการเกิด water replacement ซึ่ง trehalose จะแตกต่างกับ disaccharide อื่นๆ ตรงที่จะไม่จับกับพันธะไฮโดรเจนโดยตรง

ในขณะที่เดียวกัน glycerol มีกลุ่มของ hydrophilic alcoholic hydroxyl 3 กลุ่ม จึงช่วยให้ละลายในน้ำได้ดี ดังนั้นคุณสมบัติความเป็นขี้ และความสามารถในการจับน้ำของทั้ง trehalose และ glycerol อาจจะไปลดปริมาณของ free water ที่เป็นสาเหตุให้ค่า AW ลดลง และจากการทดลองพบว่าค่า AW ของตัวอย่างทั้งหมดเพิ่มขึ้น แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ระหว่างการเก็บรักษาไว้นาน 5 เดือน ดังแสดงใน Fig. 4.4

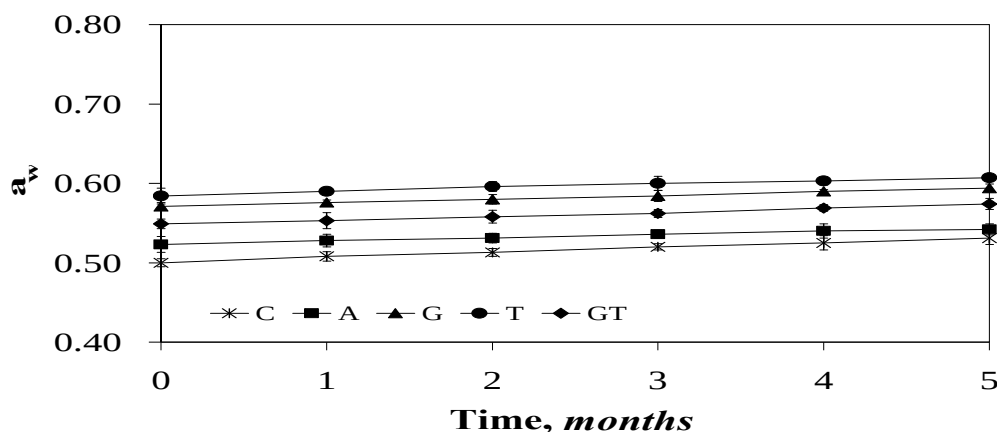


Figure 4.4: The change in AW of lychee that had been stored for 5 months.

3. การเปลี่ยนแปลงของค่าสี

เป็นที่ทราบกันดีว่าการทำ pre-treatment ก่อนการอบแห้งเป็นกระบวนการหนึ่งที่จะช่วยปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ผลจากการทดลองพบว่าการทำ pre-treatment ส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่อบแห้ง โดยการทำให้ pre-treatment จะไปช่วยแสดงคุณภาพด้านสีของลั่นจื่ออบแห้งที่ดีกว่าสภาวะควบคุม ดังแสดงใน Fig. 4.5

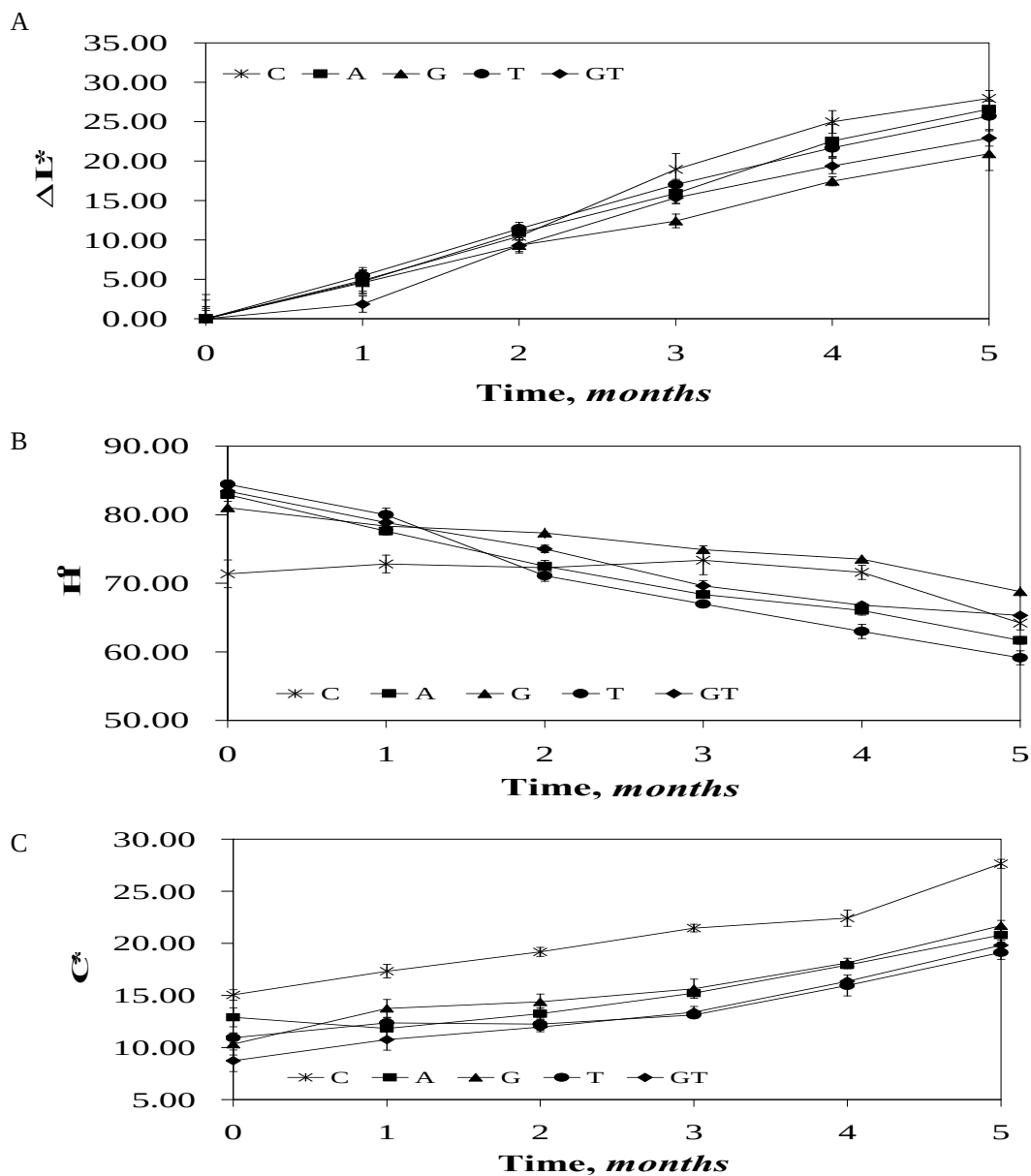


Figure 4.5: The change in color values of dried lychee for the storage period of longer than 5 months; (a) ΔL^* , (b) h^* , และ (c) C^* .

จากการศึกษาพบว่าค่า h^* ของลิ้นจี่ที่ผ่านการทำ pre-treatment จะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) หลังจากการอบแห้ง ในขณะที่ค่า ΔL^* และ C^* ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับสภาวะควบคุม ดังแสดงใน Fig. 4.3.5 ในช่วงเริ่มต้นของการเก็บรักษาพบว่าตัวอย่างควบคุมจะมีสีคล้ำกว่าตัวอย่างอื่นๆ ส่วน treatment GT จะมีสีสว่างกว่าตัวอย่างอื่นๆ เช่นกัน โดยผลจากภาพถ่ายช่วยสนับสนุนผลที่ได้จากเครื่องวัดสี ดังแสดงใน Fig. 4.3.6 อย่างไรก็ตามค่าสีของตัวอย่างทั้งหมดที่ผ่านการทำ pre-treatment จะเพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษานาน 5 เดือน ซึ่ง treatment G จะให้ค่าสีที่ดีที่สุดในด้านของค่า ΔL^* และ h^* หลังจากเก็บไว้นาน 5 เดือน รองลงมาด้วย treatment GT, T, และ A ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมที่มีสีคล้ำที่สุดดังที่แสดงจากการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของค่า C^* ผลจากภาพถ่ายช่วยสนับสนุนว่า treatment G สามารถช่วยรักษาคุณภาพด้านสีไว้ได้ดีที่สุดหลังจากเก็บรักษานาน 5 เดือน ดัง Fig. 4.6

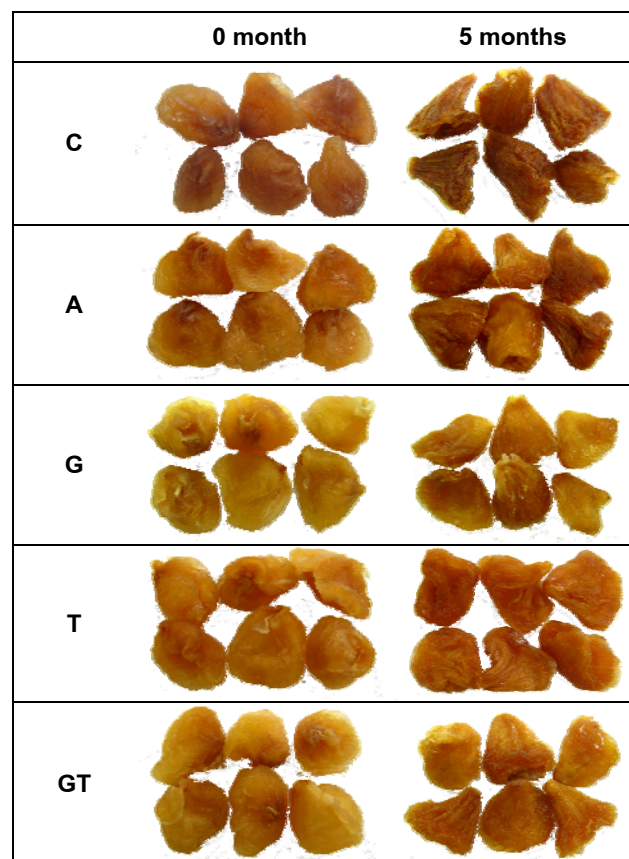


Figure 4.6: The changes in lychee colour during storage period for (a) 0 month and (b) 5 months.

4. การเปลี่ยนแปลงของสีน้ำตาล

จากการทดลองพบว่าค่า pH ของสารละลายออสโมติกของ treatment A, G, T, และ GT เป็น 3.2, 3.4, 3.2, และ 3.3 ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าสภาวะควบคุมที่มีค่า pH เป็น 6.4 โดยค่า pH ที่ลดลงส่งผลต่อการช่วยยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ในลิ้นจี่อบแห้ง ดังแสดงใน Table 4.7 ทั้งนี้โดยปกติเอนไซม์ PPO จะสามารถทำงานได้ดีที่ pH ในช่วง 5-7 ดังนั้นการปรับค่า pH ให้ลดต่ำกว่าช่วงดังกล่าวจึงสามารถช่วยลดอัตราการเกิดปฏิกิริยา Maillard ได้ (Lee and Wicker, 1991) ในขณะที่ Jiang (2000) รายงานว่ากิจกรรมของ PPO ในลิ้นจี่จะนำไปสู่การออกซิเดชันของ phenolic เป็นผลให้เกิดการสร้างขึ้นของผลิตภัณฑ์พลอยได้สีน้ำตาล ในการศึกษาพบว่าการทำ pre-treatment ช่วยยับยั้งการทำงานของ PPO ในขณะที่ total phenolic content ในผลิตภัณฑ์อบแห้งไม่ได้ลดลง ดังแสดงใน Table 4.7 นอกจากนี้ Albanese et al. (2007) รายงานว่า trehalose สามารถช่วยยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลในผลไม้อบแห้งได้

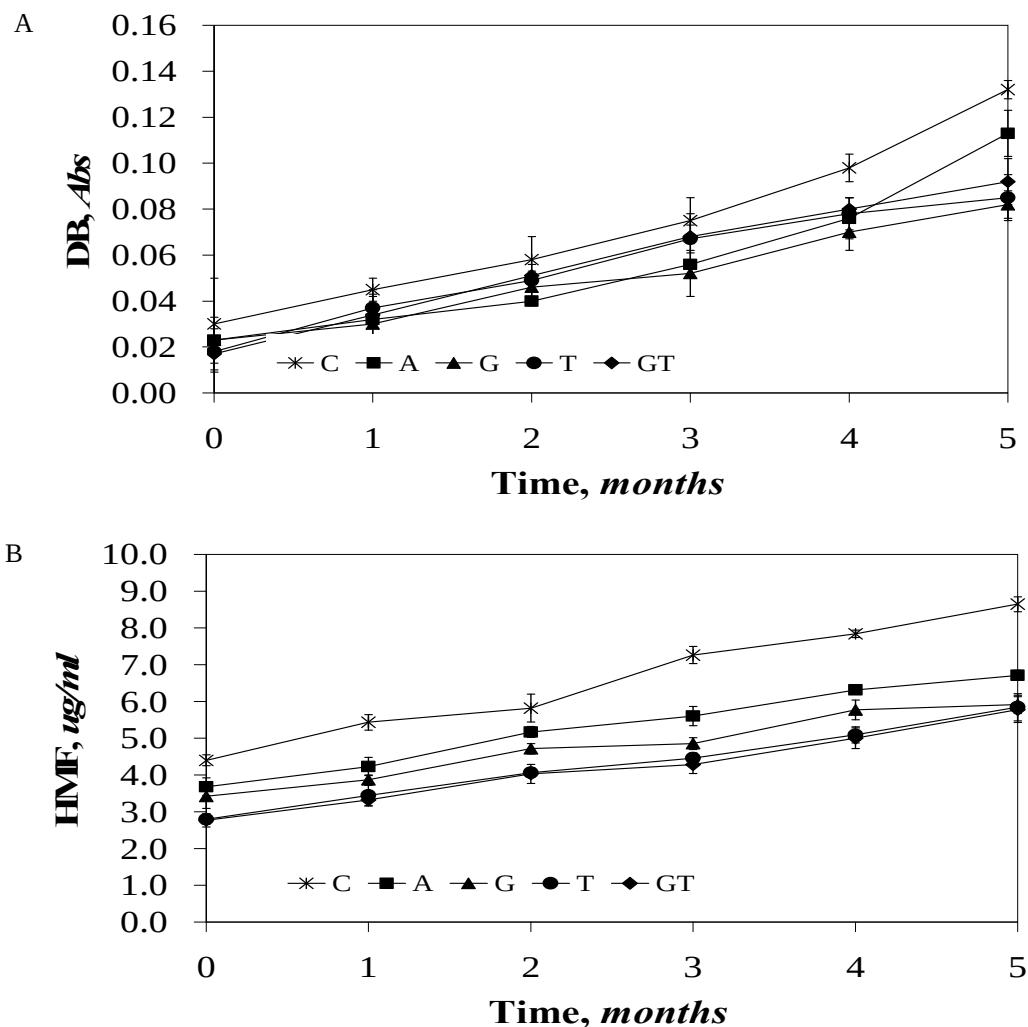


Figure 4.7: The kinetics of DB and HMF during 5 months of storage period.

กระบวนการทำ pre-treatment ส่งผลต่อการลดลงของค่า DB และ HMF เริ่มต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ดังแสดงใน Fig. 4.7 ในขณะที่เดียวกัน AW เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการเกิดปฏิกิริยา Maillard ที่ค่า AW ต่ำๆ การเคลื่อนที่ของ reactant จะถูกจำกัด ดังนั้นการลดลงของค่า AW ในผลิตภัณฑ์อบแห้งจากการทำออสโมติกดีไฮเดรชัน จึงเป็นการช่วยลดการเกิดสีน้ำตาลที่เป็นผลเนื่องมาจากการเกิดปฏิกิริยา Maillard อย่างไรก็ตามค่า DB และ HMF ของทุกๆ treatment จะเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วหลังจากเก็บรักษานาน 5 เดือน ดัง Fig. 4.7 ซึ่ง treatment G, T, และ GT แสดงความสามารถที่ดีในการช่วยชะลอการเกิดขึ้นของปฏิกิริยาสีน้ำตาล แบบไม่ใช้เอนไซม์ จะเห็นได้จากการเพิ่มขึ้นของค่า DB และ HMF อย่างช้าๆ นอกจากนี้การที่มี pH ต่ำยังส่งผลอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ต่อปริมาณน้ำตาลเมื่อเปรียบเทียบกับสถานะควบคุม โดย ปริมาณของ D-sucrose จะลดลง ในขณะที่ D-glucose และ D-fructose เพิ่มขึ้น เนื่องจากซูโครสเกิดการ hydrolysis ดังแสดงใน Table 4.8

Table 4.8 Sugar contents in lychee after drying.

Treatments	D-glucose content (g/100g TS)	D-fructose content (g/100g TS)	D-sucrose content (g/100g TS)
C	13.69c (0.09)	13.25bc (0.33)	1.70bc (0.17)
A	15.40a (0.72)	12.60c (0.28)	0.51d (0.08)
G	14.62ab (0.43)	14.41ab (0.58)	2.20b (0.60)
T	15.17ab (0.14)	13.25bc (0.64)	1.93bc (0.76)
GT	14.52b (0.45)	14.09ab (1.10)	4.74a (0.87)

Numerical number in the table presented $\bar{X}$ (SD) $n = 18$

a-d, Means within a column with different letters are significantly different ($p<0.05$).

Trehalose เป็นน้ำตาลชนิดหนึ่งที่มีความเสถียร และไม่ทำให้เกิดปฏิกิริยา Maillard โดยจะไม่สร้างพันธะกับโปรตีน หรือเปปไทด์ (peptide) ยกเว้นภายใต้สภาวะที่มีการให้ความร้อนอย่างรุนแรง (Aktas et al., 2007; Komes et al., 2003; Schebor et al., 1999) ดังนั้นการแทนน้ำตาล reducing ด้วย trehalose จึงสามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ผลไม้อบแห้งจากการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้ ในขณะที่เดียวกันการใช้ glycerol ก็ไม่ส่งผลต่อปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล แบบไม่ใช้เอนไซม์ นอกจากนี้ผลการทดลองแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ที่ตรงกันระหว่างการเกิดสีน้ำตาลทั้งแบบที่ใช้เอนไซม์ และไม่ใช้เอนไซม์อีกด้วย ดัง Fig. 4.8 - 1.9

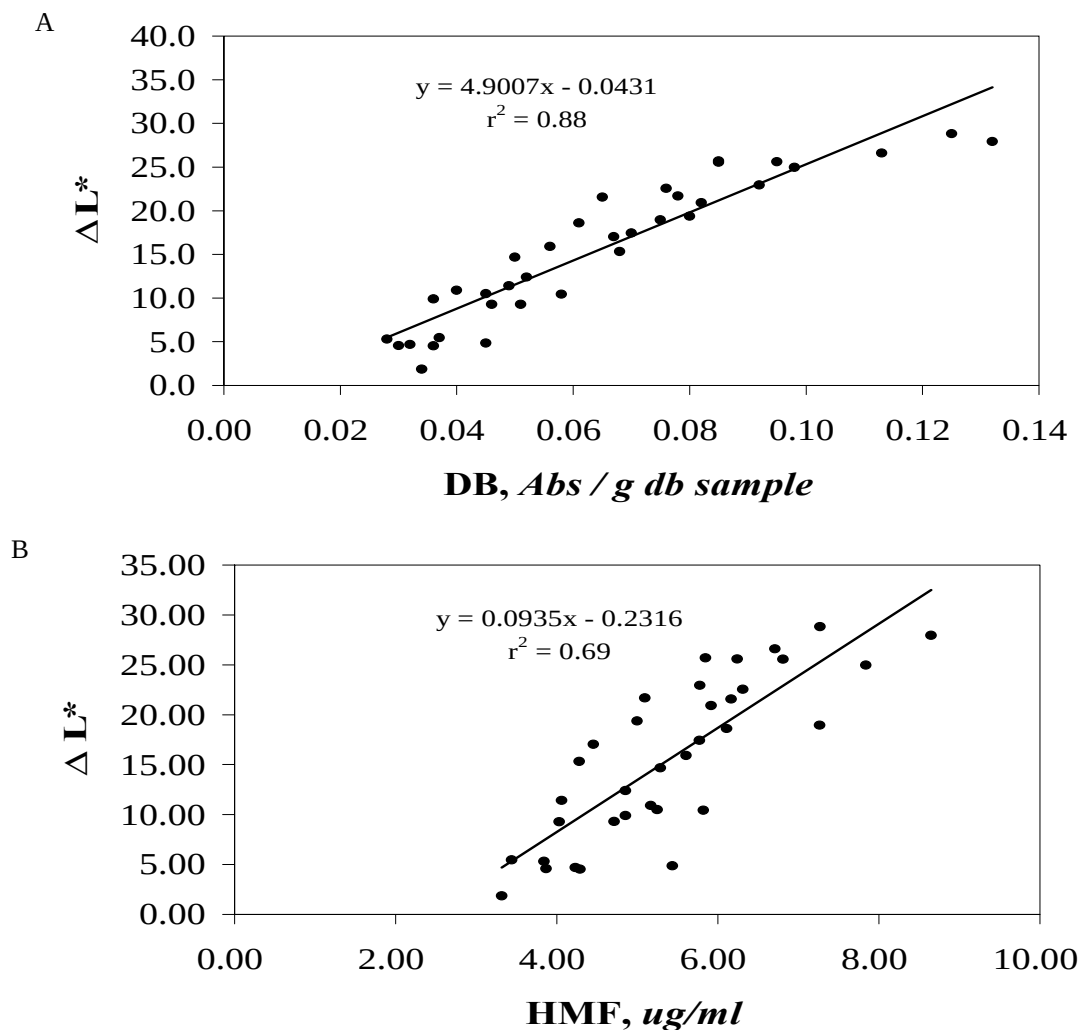


Figure 4.8: The relationship between the value of ΔL^* and browning index of dried lychee (a) DB and (b) HMF.

5. การประเมินทางประสาทสัมผัส

จากการคัดเลือกตัวอย่าง 4 ตัวอย่างมาทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า treatment G มีคะแนนการยอมรับสูงมากที่สุดในด้าน color, stickiness, และ overall acceptance ในขณะที่ยวกัน treatment C (สภาวะควบคุม) มีคะแนนสูงในด้าน sweetness มากกว่าตัวอย่างอื่นๆ ส่วน treatment T มีคะแนนทางประสาทสัมผัสต่ำที่สุดในทุกด้าน ยกเว้น sourness, bitterness, hardness, และ overall acceptance อย่างไรก็ตามคะแนนด้าน color, sourness, aroma, hardness, และ stickiness ของทุก treatment ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ดังแสดงใน Table 4.9

Table 4.9 The scores of sensory evaluation of dried lychee product.

Treatments	Sensory score							Overall acceptance
	Color	Sweetness	Sourness	Bitterness	Aroma	Hardness	Stickiness	
C	4.80 (1.99)	5.40a (1.07)	4.00 (1.15)	4.10b (1.20)	4.60 (1.26)	3.30 (1.57)	4.00 (1.33)	4.10b (0.99)
A	4.70 (1.06)	4.90ab (1.20)	4.50 (1.72)	4.30ab (0.82)	4.60 (0.84)	4.00 (1.25)	4.50 (1.35)	4.80ab (1.55)
G	5.00 (1.25)	4.90ab (1.37)	4.40 (1.17)	4.30ab (0.95)	4.60 (1.26)	4.60 (1.35)	4.60 (1.35)	5.30a (0.82)
T	4.00 (1.56)	4.50b (1.18)	4.40 (1.78)	5.00a (1.15)	4.40 (0.84)	4.70 (2.06)	3.50 (1.78)	4.10b (1.66)

Numerical number in the table presented $\bar{X}$ (SD) n = 10

a-b, Means within a column with different letters are significantly different (p<0.05).

2. การหาสภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งผลิตภัณฑ์ลิ้นจี่

ลิ้นจี่ที่เลือกมาทำการทดลองมีรูปทรงหัวใจ มีขนาดเฉลี่ยด้านหน้าเป็น 26.5, 31.4, 33.3, 34.5, 38.2, และ 33.3 มิลลิเมตร ที่ตำแหน่ง 1-6 ตามลำดับ และขนาดด้านข้างเป็น 24.8, 29.0, 31.4, 33.0, 36.1, และ 30.8 ที่ตำแหน่ง 7-12 ตามลำดับ

ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักทั้งผลเป็น 21.2 กรัม ประกอบด้วยน้ำหนักเนื้อ 13.4 กรัม น้ำหนักเปลือก 3.6 กรัม และน้ำหนักเมล็ด 4.2 กรัม ดังนั้นปริมาณร้อยละผลได้ของเนื้อหลังจากการปอกเปลือกแล้วเป็น 62.7 ส่วนความหนาของเนื้อที่ด้านฐานและด้านบนเป็น 5.5 และ 2.5 มิลลิเมตร ตามลำดับ

1. การเปลี่ยนแปลงทางเคมีของลิ้นจี่เมื่อผ่านการทำ pre-treatment

จากการทดลองพบว่ากระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชันส่งผลต่อคุณสมบัติทางเคมีของเนื้อลิ้นจี่สด ดังแสดงใน Table 4.10 เช่นเดียวกับการทดลองข้างต้น

Table 4.10 Chemical properties of fresh lychee after pre-treatment prior to drying in various conditions.

Treatments	MC (%)	Aw	TSS ($^{\circ}$ Brix)	TA (mg/gSample)	TSS/TA ratio
Fresh flesh	82.98c (0.18)	0.976c (0.006)	16.60c (0.00)	1.86c (0.08)	6.31b (0.26)
C	86.31b (1.37)	0.980ab (0.004)	13.47d (0.00)	1.67d (0.06)	8.07a (0.59)
A	89.71a (0.80)	0.984a (0.006)	12.38e (0.07)	4.05a (0.15)	3.06e (0.13)
G	78.59d (2.25)	0.969d (0.006)	19.28b (0.07)	4.03a (0.17)	4.79d (0.18)
T	79.97d (1.96)	0.964d (0.004)	20.28a (0.14)	3.59b (0.06)	5.65c (0.13)

Numerical number in the table presented $\bar{X}$ (SD) n = 10

a-e, Means within a column with different letters are significantly different ($p<0.05$).

2. การเปลี่ยนแปลงของปริมาณความชื้นและ AW

ผลของปริมาณความชื้นและ AW ในลิ้นจี่อบแห้งแสดงดัง Table 4.11 จากผลการทดลองพบว่า การทำ pre-treatment และ อุณหภูมิในการอบ ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณความชื้นในขณะที่การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิมีผลเพียงเล็กน้อยต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า AW ซึ่งเป็นผลมาจากระยะเวลาในการอบแห้งที่แตกต่างกัน ส่วนการทำ pre-treatment ให้ผลการทดลองที่สอดคล้องกับการศึกษาในขั้นต้น

Table 4.11 The changes in moisture content and AW of lychee after drying at various temperature levels.

Characteristics	Treatment	Temperature, °C							
		80		80_70		70		70_60	
MC (%)	C	9.20	(0.47)	11.07	(0.62)	9.82	(0.39)	9.59	(0.20)
	A	9.65	(0.95)	9.89	(0.91)	10.79	(0.28)	9.56	(0.76)
	G	9.94	(0.86)	10.93	(0.97)	9.34	(0.18)	8.89	(0.80)
	T	8.09	(1.13)	9.87	(0.19)	8.13	(0.01)	9.13	(0.23)
Aw	C	0.515aA	(0.004)	0.473aB	(0.004)	0.435bC	(0.004)	0.423bD	(0.004)
	A	0.460bAB	(0.005)	0.467aA	(0.001)	0.450aBC	(0.007)	0.442aC	(0.003)
	G	0.453bA	(0.004)	0.461bA	(0.001)	0.415cB	(0.004)	0.415bB	(0.004)
	T	0.442cB	(0.002)	0.458bA	(0.001)	0.407cC	(0.001)	0.404cC	(0.001)

Numerical number in the table presented $\bar{x}$ (SD) $n = 32$

a-c, Means within a column with different letters are significantly different ($p<0.05$).

A-D, Means within a row with different letters are significantly different ($p<0.05$).

3. Drying curves

จากการทดลองพบว่าการทำ pre-treatment และอุณหภูมิในการอบแห้งส่งผลต่อ drying curve ของลิ้นจี่ ดังแสดงใน Fig. 4.3.9 โดยผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ได้จะมีค่า AW ต่ำกว่า 0.5 ที่ระยะเวลาในการอบแห้งนาน 5.5, 6.5, 7.0, และ 9.0 ชั่วโมง สำหรับการอบที่อุณหภูมิ 80°C, step wise 80-70°C, 70°C, และ step wise 70-60°C ตามลำดับ อย่างไรก็ตามการทำ pre-treatment ก่อนการอบแห้งจะส่งผลต่อความชื้นเริ่มต้นของแต่ละผลิตภัณฑ์

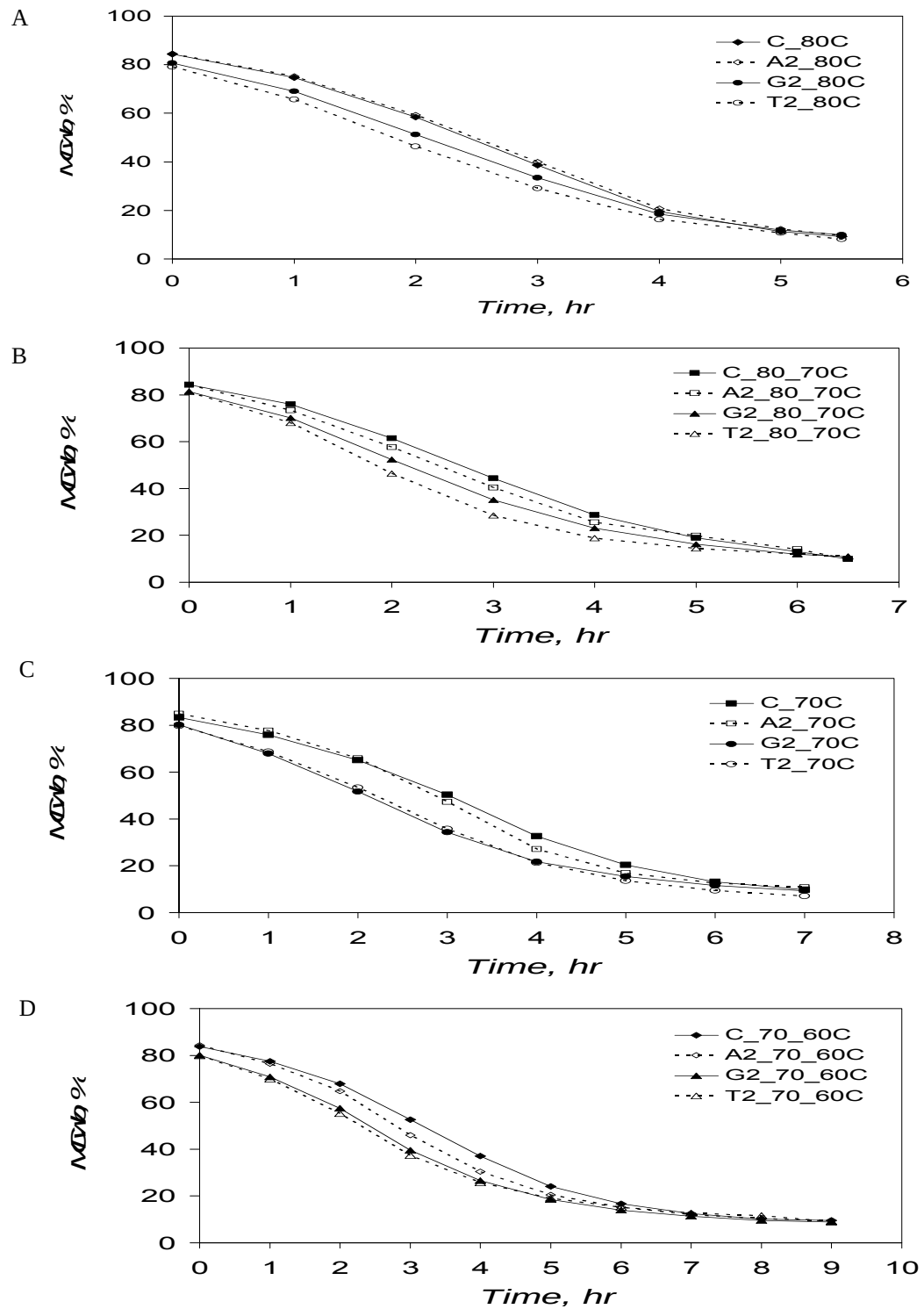


Figure 4.9: Drying curve of lychee that underwent pre-treatment and drying at various conditions (a) 80°C, (b) step wise 80-70°C, (c) 70°C and (d) step wise 70-60°C.

นอกจากนี้จากผลการทดลองพบว่า drying curve ของสภาวะควบคุม และ treatment A ไม่ค่อยแตกต่างกัน เมื่ออบที่อุณหภูมิ 80°C ดัง Fig. 4.9a แต่ตัวอย่างของ treatment A จะแสดงอัตราในการทำแห้งที่สูงกว่าสภาวะควบคุม เมื่ออบแห้งที่อุณหภูมิต่ำ ดัง Fig. 4.9b-d ในขณะที่เดียวกัน treatment T จะมีอัตราการอบแห้งที่เพิ่มขึ้นมากกว่า treatment G เมื่ออบที่อุณหภูมิ 80°C และ stepwise 80-70°C ส่วนการอบที่อุณหภูมิต่ำทั้งสอง treatment แสดงรูปแบบของการทำแห้งที่เหมือนกัน

4. การเปลี่ยนแปลงของสี

อุณหภูมิในการอบแห้งส่งผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ต่อค่า L^* , b^* , C^* , และ h^* ของลีนจี่อบแห้ง ดังแสดงใน Table 4.3.11 โดยค่า a^* , b^* , C^* , และ h^* ของลีนจี่ที่อบที่อุณหภูมิ 80°C มีแนวโน้มที่จะสูงกว่า treatment อื่นๆ ในขณะที่ค่า L^* ต่ำกว่าเช่นกัน ในขณะที่เดียวกันการอบแบบ step-wise 80-70°C สามารถช่วยคงคุณภาพด้านสีได้ดีกว่าลีนจี่ที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 80°C และยังใช้ระยะเวลาในการอบแห้งน้อยกว่าการอบที่อุณหภูมิ 70°C กระบวนการอบแบบ step-wise ด้วยอุณหภูมิสูงในช่วงแรกนั้นจะช่วยกำจัดน้ำบางส่วนออกจากผลิตภัณฑ์ และการอบโดยใช้ อุณหภูมิต่ำในช่วงที่สองจะช่วยกำจัดน้ำส่วนที่เหลือ และรักษาคุณภาพด้านสีของลีนจี่อบแห้ง อย่างไรก็ตามการใช้อุณหภูมิต่ำในการ step-wise ที่ 70-60°C จะใช้คุณภาพด้านสีที่ดีกว่าในทุกด้าน แต่จะใช้ระยะเวลาในการอบแห้งนาน นอกจากนี้ผลจากภาพถ่ายสามารถช่วยยืนยันผลการทดลองที่ได้ดังแสดงใน Fig. 4.10

5. การเปลี่ยนแปลงของสีน้ำตาล

จากการทดลองพบว่า การอบที่อุณหภูมิสูงแสดงประสิทธิภาพที่ดีในการช่วยยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ PPO อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังแสดงใน Table 4.13 โดยการ step-wise ที่อุณหภูมิ 80°C ก่อนเปลี่ยนเป็น 70°C จะช่วยลดการทำงานของ PPO ได้ดีกว่าการอบที่อุณหภูมิ 70°C เพียงอย่างเดียว อย่างไรก็ตามพบว่าอุณหภูมิในการอบไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า total phenolic content ในผลิตภัณฑ์ลีนจี่อบแห้ง ส่วนการทำ pre-treatment ให้ผลการทดลองสอดคล้องกับการศึกษาข้างต้น

นอกจากนี้จากการทดลองพบว่าอุณหภูมิในการอบส่งผลต่อค่า DB และ HMF ของลีนจี่อบแห้ง ดังแสดงใน Table 4.14 โดยลีนจี่ที่อบที่อุณหภูมิสูงจะมีการเกิดขึ้นของสีน้ำตาลสูงกว่าการอบที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งผลการทดลองแสดงความสัมพันธ์ที่ดีระหว่างปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล และ การเปลี่ยนสีของผลิตภัณฑ์

Table 4.12 The color changes of lychee after drying at various temperature levels.

Characteristics	Treatment	Temperature, °C			
		80	80_70	70	70_60
L*	C	50.43bC (2.66)	51.11cB (1.79)	54.00aA (2.40)	54.19bA (2.46)
	A	52.11aC (2.63)	52.77abC (1.51)	54.38aB (1.81)	55.40abA (2.13)
	G	52.03aC (1.97)	53.04aB (1.51)	53.20bB (1.82)	55.40abA (1.99)
	T	51.71abB (1.02)	52.22bB (2.09)	53.28bB (2.11)	57.14aA (1.77)
a*	C	2.96aA (0.78)	2.69aA (1.30)	2.86aA (1.21)	3.00aA (0.97)
	A	2.72aA (0.93)	2.97aA (0.81)	2.61aA (1.26)	2.68aA (0.93)
	G	2.73aA (1.00)	2.95aA (1.22)	2.89aA (0.79)	2.26abA (0.30)
	T	2.60aA (0.91)	2.40aA (1.62)	2.48aA (2.11)	1.76bA (0.97)
b*	C	17.99aA (1.32)	15.85B (1.55)	15.33abB (1.42)	14.78abB (2.13)
	A	17.77aA (1.94)	16.20B (1.58)	15.98aB (0.81)	15.78aB (1.54)
	G	17.48abA (1.27)	14.75B (2.41)	12.53cB (1.62)	14.15bC (0.99)
	T	16.24bA (1.26)	15.32AB (2.41)	14.53bB (1.14)	14.86abAB (1.56)
C*	C	18.25aA (1.33)	16.11aB (1.67)	15.63abB (1.46)	15.11abB (2.14)
	A	18.00aA (1.95)	16.49aB (1.61)	16.23aB (0.95)	16.02aB (1.55)
	G	17.72abA (1.24)	15.07aB (2.53)	12.89cBC (1.59)	14.33bC (0.96)
	T	16.46bA (1.30)	15.32aAB (2.59)	14.77bB (1.18)	14.99abAB (1.61)
h*	C	80.65aA (2.45)	80.55aA (4.04)	79.53abA (4.37)	78.55bA (3.71)
	A	81.29aA (2.94)	79.66aB (2.69)	80.86aAB (4.11)	80.38bAB (3.32)
	G	81.08aA (3.41)	78.92aAB (3.87)	76.90bB (3.74)	80.86abA (1.55)
	T	80.96aA (2.96)	81.37aA (4.74)	80.38abA (4.05)	83.36aA (3.36)

Numerical number in the table presented $\bar{X}$ (SD) n = 160

a-b, Means within a column with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

A-D, Means within a row with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

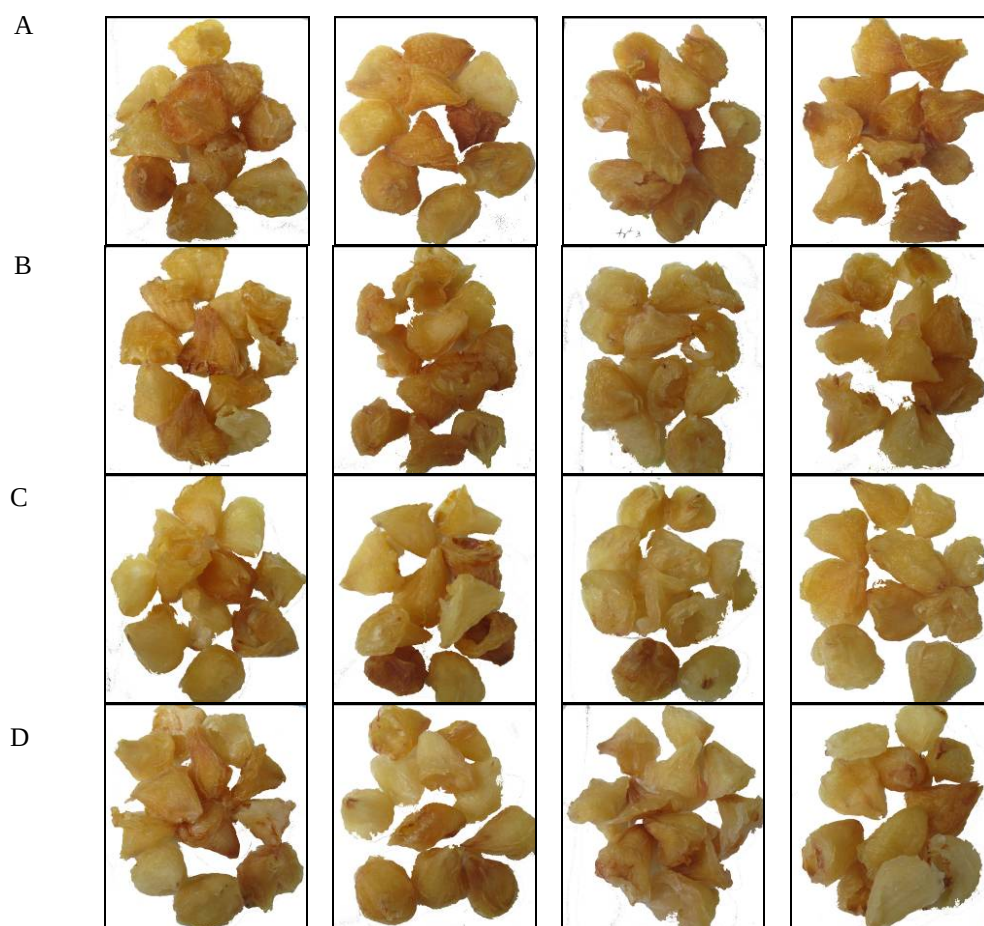


Figure 4.10: Photographs of dried lychee at various temperature levels: (a) 80°C, (b) step wise 80-70°C, (c) 70°C, and (d) step wise 70-60°C.

Table 4.13 The content of PPO and total phenolic content in dried lychee product.

Characteristics	Treatment	Temperature, °C			
		80	80_70	70	70_60
PPO activity (unit/g db)	C	2.02aD (0.03)	2.49aC (0.12)	3.22aA (0.14)	3.17aB (0.04)
	A	1.61dD (0.05)	2.40cC (0.05)	2.42bB (0.11)	3.10bA (0.15)
	G	1.67cD (0.04)	2.42bB (0.02)	2.38cC (0.08)	2.65cA (0.21)
	T	1.68bC (0.01)	1.67dC (0.02)	2.37dB (0.01)	2.56dA (0.09)
Total phenolic contents (mg/g db)	C	0.19cA (0.00)	0.15dB (0.00)	0.16cB (0.01)	0.19cA (0.01)
	A	0.26bA (0.00)	0.22cB (0.00)	0.22bB (0.01)	0.24bAB (0.00)
	G	0.27aA (0.00)	0.24bB (0.00)	0.24bB (0.00)	0.23bB (0.02)
	T	0.25bC (0.01)	0.27aBC (0.00)	0.29aB (0.00)	0.38aA (0.01)

Numerical number in the table presented $\bar{X}$ (SD) n = 32

a-d, Means within a column with different letters are significantly different (p<0.05).

A-D, Means within a row with different letters are significantly different (p<0.05).

Table 4.14 The values of DB and HMF in dried lychee product.

Characteristics	Treatment	Temperature, °C			
		80	80_70	70	70_60
DB (Abs)	C	0.041aA (0.001)	0.035aB (0.000)	0.034aB (0.003)	0.029aC (0.001)
	A	0.037bA (0.002)	0.024bB (0.001)	0.027bB (0.001)	0.024bB (0.000)
	G	0.029cA (0.001)	0.022bB (0.000)	0.027bA (0.002)	0.021cB (0.000)
	T	0.026cA (0.000)	0.024bB (0.000)	0.019cD (0.001)	0.021cC (0.001)
HMF (Abs)	C	1.124aA (0.099)	0.963abA (0.005)	1.004aA (0.064)	0.715aB (0.055)
	A	1.006abA (0.084)	0.989aAB (0.125)	0.766bBC (0.078)	0.649aC (0.024)
	G	0.869bcA (0.095)	0.674bcA (0.127)	0.698bA (0.084)	0.688aA (0.246)
	T	0.710cA (0.046)	0.667cA (0.109)	0.569bA (0.055)	0.582aA (0.014)

Numerical number in the table presented $\bar{X}$ (SD) n = 32

a-c, Means within a column with different letters are significantly different (p<0.05).

A-D, Means within a row with different letters are significantly different (p<0.05).

ผลของปริมาณในลิ้นจี่อบแห้งแสดงดัง Table 4.15 โดยอุณหภูมิในการอบแห้งไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ ในทางตรงกันข้ามพบว่า D-glucose และ D-sucrose ในลิ้นจี่อบแห้ง ที่ผ่านการทำออสโมติกดีไฮเดรชันจะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับสภาวะควบคุม

Table 4.15 The changes of sugar contents in dried lychee product.

Characteristics	Treatment	Temperature, °C			
		80	80_70	70	70_60
D-glucose content (g/100g TS)	C	15.58cA (0.38)	15.53bA (0.04)	15.62aA (0.19)	15.55aA (0.30)
	A	16.98aA (0.13)	15.60bB (0.14)	16.67aAB (0.81)	15.53aB (0.39)
	G	16.12bcA (0.11)	16.40aA (0.14)	16.17aA (1.18)	15.79aA (0.05)
	T	16.69abA (0.33)	16.32aA (0.20)	15.82aA (0.14)	15.68aA (0.55)
D-fructose content (g/100g TS)	C	16.35bA (0.03)	16.39aA (0.09)	16.93aA (1.68)	16.41abA (0.88)
	A	17.29aA (0.38)	16.55aA (0.00)	17.00aA (0.52)	17.39aA (0.77)
	G	15.28cA (0.40)	15.28bA (0.57)	15.11aA (0.24)	15.55bA (0.45)
	T	15.70bcA (0.52)	15.24bA (0.05)	15.31aA (0.42)	15.53bA (0.52)
D-sucrose content (g/100g TS)	C	0.74bA (0.25)	0.60bA (0.04)	0.77bA (0.01)	0.57bA (0.14)
	A	0.44bA (0.02)	0.48bA (0.05)	0.48bA (0.04)	0.14cB (0.04)
	G	2.61aA (0.20)	2.25aA (0.28)	1.96aA (0.47)	2.42aA (0.15)
	T	2.57aA (0.04)	2.61aAB (0.78)	1.93aAB (0.02)	2.55aB (0.13)

Numerical number in the table presented $\bar{X}$ (SD) n = 32

a-c, Means within a column with different letters are significantly different (p<0.05).

A-B, Means within a row with different letters are significantly different (p<0.05).

บทที่ 4 ผลการทดลอง และวิจารณ์

การทำผลิตภัณฑ์ มะม่วง ลิ้นจี่ และลำไยผง โดยใช้เทคนิค

ลดขนาดที่อุณหภูมิต่ำมาก

ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์มะม่วง ลิ้นจี่ และลำไยผงที่ได้จากการทำแห้งและลดขนาดที่อุณหภูมิต่ำมาก จำนวน 3 วิธีการ จากการศึกษาวิธีการบด 3 แบบ ได้แก่ วิธีการแรก (1) นำเนื้อผลไม้แต่ละชนิดไปแช่ในโตรเจนเหลวเป็นเวลา 2 นาที ก่อนที่จะ (2) นำตัวอย่างที่ได้ไปบดในเครื่องบด hammer mill ที่มีการเติมไนโตรเจนเหลวอย่างต่อเนื่อง จากนั้น (3) นำตัวอย่างที่ได้ไปทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งเป็นเวลา 48 ชั่วโมง แล้วจึงนำไปบดในเครื่องบด hammer mill ที่มีการเติมไนโตรเจนเหลวอย่างต่อเนื่องอีกครั้งหนึ่ง วิธีการที่สอง (1) นำเนื้อผลไม้แต่ละชนิดไปแช่ในโตรเจนเหลวเป็นเวลา 2 นาที ก่อนที่จะ (2) นำตัวอย่างที่ได้ไปทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งเป็นเวลา 48 ชั่วโมง แล้วจึง (3) นำตัวอย่างที่ได้ไปบดในเครื่องบด hammer mill ที่มีการเติมไนโตรเจนเหลวอย่างต่อเนื่อง ทำซ้ำ 2 ครั้ง วิธีการที่สาม (1) นำเนื้อผลไม้แต่ละชนิดไปอบแห้งในเครื่องทำแห้งแบบถาดที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนที่จะ (2) นำตัวอย่างที่ได้ไปแช่ในโตรเจนเหลวเป็นเวลา 2 นาที แล้วจึง (3) นำตัวอย่างที่ได้ไปบดในเครื่องบด hammer mill ที่มีการเติมไนโตรเจนเหลวอย่างต่อเนื่อง ทำซ้ำ 2 ครั้ง โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) ได้สิ่งทดลองทั้งหมดรวม 9 สิ่งทดลอง ผลการทดลองจากการสังเกตลักษณะปรากฏ ดัง Table 4.1 พบว่า วิธีการแรกสามารถทำให้เนื้อผลไม้ทั้งสามชนิดกลายเป็นผลิตภัณฑ์ผงได้ วิธีการที่สองไม่สามารถทำให้เนื้อลำไยกลายเป็นผลิตภัณฑ์ผงได้ และเกิดการจับกลุ่มเป็นก้อน ในขณะที่เนื้อมะม่วงและลิ้นจี่กลายเป็นผลิตภัณฑ์ผง ส่วนวิธีการที่สามสามารถทำให้เนื้อลิ้นจี่กลายเป็นผลิตภัณฑ์ผงได้เท่านั้น ส่วนเนื้อลำไยและเนื้อมะม่วงจับกลุ่มกันเป็นก้อน ผลจากวิธีการแรกสอดคล้องกับการศึกษาของ Gouveia et al. (2002) และ Clark (2005) ที่แนะนำว่าภายหลังจากการแช่ตัวอย่างลงในของเหลวอุณหภูมิต่ำมากแล้ว สามารถนำผลิตภัณฑ์ไปบดเป็นผงได้เลยโดยไม่ต้องผ่าน กระบวนการทำแห้ง นอกจากนี้การนำเนื้อลำไยไปทำแห้งก่อน ไม่ว่าจะเป็นการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง หรือการทำแห้งแบบถาดที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส จะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการบดด้วยเทคนิคลดขนาดที่อุณหภูมิต่ำมากในภายหลังเกิดการจับกลุ่มเป็นก้อน ส่วนในกรณีของเนื้อมะม่วงจะจับกลุ่มเป็นก้อนเฉพาะใน กรณีที่นำไปทำแห้งแบบถาดก่อนเท่านั้น ถ้าทำไปทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งจะยังทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ผง แต่สำหรับเนื้อลิ้นจี่นั้นสามารถใช้ทั้งสามวิธีการในการทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ผง

การเปรียบเทียบค่าสีของผลิตภัณฑ์มะม่วง ลิ้นจี่ และลำไยที่ได้ก่อนและหลังการทำแห้งด้วยวิธีลดขนาดที่อุณหภูมิต่ำมาก เปรียบเทียบค่าความสว่าง (L) ของผลิตภัณฑ์ผลไม้สด ดัง Table 4.2 พบว่าเนื้อมะม่วงมีค่าความสว่างสูงที่สุดที่ระดับ 68.4 ± 0.6 ในขณะที่ค่าความสว่างของเนื้อลิ้นจี่ และลำไย ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ในช่วง 50.1 – 50.4 Ueda และคณะ (2001) ทำการวัดค่าความสว่างสำหรับเนื้อมะม่วงสุกสายพันธุ์ Chiin Hwang No. 1 จากตำแหน่งต่างๆ ของผลมะม่วง และพบค่าความสว่าง อยู่ในช่วง 58.8 – 61.7 ในขณะที่ Ueda และคณะ (2000) พบว่าค่าความสว่างของเนื้อมะม่วงสุกสายพันธุ์ Irwin มีค่าเท่ากับ 75.0 และ 58.3 ภายหลังต้นมะม่วงออกดอกเป็นเวลา 16 และ 19 สัปดาห์ตามลำดับ Rivera-Lopez และคณะ (1999) ทำการวัดค่าความสว่างของเนื้อลิ้นจี่และพบค่า L^* สูงสุดที่ระดับ 35.8 สำหรับผลลิ้นจี่อายุ 12 สัปดาห์

Table 4.1: The physical appearance of fresh fruits which corresponded to processing methods.

Type of fruits	Processing Methods			
	Fresh fruit	Method 1	Method 2	Method 3
Lychee				
Longan				
Mango				

เมื่อนำเนื้อผลไม้ทั้งสามชนิดไปทำผลิตภัณฑ์ผงด้วยวิธีการแรก พบว่าผลิตภัณฑ์ผงเนื้อลิ้นจี่มีค่าความสว่างสูงที่สุด มีค่ามากกว่าเนื้อลิ้นจี่สด และยังมีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จากผลิตภัณฑ์ผงเนื้อลำไย อย่างไรก็ตามค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์ผงเนื้อมะม่วง ที่ได้จากวิธีการนี้ไม่ได้แตกต่างไปจากผลิตภัณฑ์ผงเนื้อลำไยและเนื้อลิ้นจี่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) การลดขนาดด้วยวิธีการที่สองไม่ได้ส่งผลให้ค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์จากเนื้อลิ้นจี่ และเนื้อลำไยที่ได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่ผลิตภัณฑ์เนื้อมะม่วงผลที่ได้มีค่าความสว่างต่ำที่สุดในกลุ่ม (41.3 ± 1.1) สำหรับผลการวิเคราะห์ค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์เนื้อผลไม้ที่ได้จากวิธีการที่สาม ที่มีการใช้เครื่องอบแห้งแบบถาดที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส ร่วมด้วย พบว่าผลิตภัณฑ์เนื้อลำไยที่ได้มีค่าความสว่างต่ำที่สุด (33.2 ± 0.5) โดยลดลงจากค่าความสว่างเริ่มต้นของเนื้อลำไยสดที่ระดับ 50.1 ± 0.4 ซึ่งตรงกันข้ามกับรายงานของ Lapsongphol และ Mahayothee (2007) ที่พบว่าค่าความสว่าง (L^*) ของเนื้อลำไยสดและอบแห้งไม่ค่อยแตกต่างกันและมีค่าเท่ากับ 28.3 ± 2.0 และ 24.8 ± 2.0 ผลิตภัณฑ์เนื้อมะม่วงมีค่าความสว่างเป็นลำดับสองเท่ากับ 36.8 ± 0.5 ในขณะที่ผงเนื้อลิ้นจี่กลับมีค่าความสว่างในระดับสูงถึง 54.2 ± 0.6

Table 4.2: The L value of fresh fruits and various processing methods to obtain powdered products from lychee, longan and mango.

Type of fruits	Processing Methods			
	Fresh fruit	Method 1	Method 2	Method 3
Lychee	$50.4 \pm 0.2a,I$	$62.1 \pm 0.5a,II$	$55.7 \pm 2.7a,I,II,III$	$54.2 \pm 0.6a,III$
Longan	$50.1 \pm 0.4a,I$	$46.1 \pm 0.8b,II$	$52.9 \pm 0.5a,III$	$33.2 \pm 0.5b,IV$
Mango	$68.4 \pm 0.6b,I$	$50.5 \pm 8.5a,b,I,II,III$	$41.3 \pm 1.1b,II$	$36.8 \pm 0.5c,III$

The numbers with the same alphabet (a-c), for comparison between each row of the same column, or Roman numeral (I-IV), for comparison between each column of the same row, indicated no significant difference ($p > 0.05$).

ค่าสี a ในผลิตภัณฑ์เนื้อผลไม้สด และเนื้อผลไม้ผ่านกระบวนการแปรรูปใน Table 4.3 ล้วนมีค่าเป็นบวก ดังนั้นค่าสี a ที่วัดได้จึงเป็นการวัดระดับสีแดงในตัวอย่าง ในผลิตภัณฑ์ผลไม้สด พบว่าเนื้อลิ้นจี่มีค่าสี a สูงที่สุดเท่ากับ 9.90 ± 0.10 และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จากเนื้อลำไยและเนื้อมะม่วงสด ที่พบว่ามีค่าสี a ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และมีค่าสีอยู่ในช่วง 1.64 – 1.80 Ueda และคณะ (2001) ทำการวัดค่าสี a สำหรับเนื้อมะม่วงสดสายพันธุ์ Chiin Hwang No. 1 จากตำแหน่งต่างๆ ของผลมะม่วงสุก และพบค่าสี a อยู่ในช่วง 10.8 – 14.9 ในขณะที่ Ueda และคณะ (2000) พบว่าค่าสี a ของเนื้อมะม่วงสุกสายพันธุ์ Irwin มีค่าเท่ากับ 2.5 และ 4.8 ภายหลังต้นมะม่วงออกดอกเป็นเวลา 16 และ 19 สัปดาห์ตามลำดับ Rivera-Lopez และคณะ (1999) ทำการวัดค่าสี a* ของเนื้อลิ้นจี่และพบค่าสูงสุดที่ระดับ 27.6 สำหรับผลลิ้นจี่อายุ 19 สัปดาห์ ส่วน Lapsongphol และ Mahayothee (2007) พบว่าเนื้อลำไยสดมีค่าสี a* ที่ระดับ -1.23 ± 0.20 หรือในโซนสีเขียว เมื่อผ่านกระบวนการแปรรูปด้วยวิธีการแรกพบว่ามีค่าสี a สูงที่สุด เท่ากับ 7.49 ± 0.24 และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จากผงเนื้อลำไยและผงเนื้อลิ้นจี่ที่มีค่าระดับสี a ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) สำหรับการทำให้ผลิตภัณฑ์ผลไม้ผงด้วยวิธีการที่สอง พบว่าผงเนื้อลิ้นจี่มีค่าสี a สูงที่สุดเท่ากับ 8.09 ± 0.12 ในขณะที่ผงเนื้อมะม่วงมีค่าสี a ต่ำที่สุดเท่ากับ 2.43 ± 0.11 ส่วนการนำวิธีทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบถาดในวิธีที่สาม ยังคงทำให้ผงเนื้อลิ้นจี่มีค่าสี a สูงที่สุดในกลุ่มเนื้อผลไม้ผ่านการแปรรูปทั้งสาม แต่ผลิตภัณฑ์เนื้อลำไยที่ได้จากวิธีการนี้กลับมีค่าสี a ในระดับต่ำที่สุด เท่ากับ 1.53 ± 0.20 ซึ่งสามารถนำไปเปรียบเทียบกับรายงานของ Lapsongphol และ Mahayothee (2007) ที่พบว่าเนื้อลำไยอบแห้งมีค่าสี a* ที่ระดับ 2.97 ± 0.82 การทำให้ผลิตภัณฑ์ผงเนื้อลิ้นจี่ด้วยวิธีการที่สามยังคงรักษาค่าสี a ไม่ให้แตกต่างจากเนื้อลิ้นจี่สดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ในขณะที่วิธีการแรก ส่งผลให้ค่าสี a ของผงเนื้อลิ้นจี่มีระดับต่ำที่สุด (3.33 ± 0.13)

Table 4.3: The value of fresh fruits and various processing methods to obtain powdered products from lychee, longan and mango.

Type of fruits	Processing Methods			
	Fresh fruit	Method 1	Method 2	Method 3
Lychee	$9.90 \pm 0.10a,I$	$3.33 \pm 0.13a,II$	$8.09 \pm 0.12a,III$	$9.64 \pm 0.30a,I$
Longan	$1.64 \pm 0.17b,I$	$2.86 \pm 0.19a,II$	$6.73 \pm 0.08b,III$	$1.53 \pm 0.20b,I$
Mango	$1.80 \pm 0.22b,I$	$7.49 \pm 0.24b,II$	$2.43 \pm 0.11c,I$	$5.16 \pm 0.52c,III$

The numbers with the same alphabet (a-c), for comparison between each row of the same column, or Roman numeral (I-III), for comparison between each column of the same row, indicated no significant difference ($p > 0.05$).

ค่าสี b ในผลิตภัณฑ์เนื้อผลไม้สด และเนื้อผลไม้ที่ผ่านกระบวนการแปรรูปใน Table 4.4 ล้วนมีค่าเป็นบวก ดังนั้นค่าสี b ที่วัดได้จึงเป็นการวัดระดับสีเหลืองในตัวอย่าง ในผลิตภัณฑ์ผลไม้สด พบว่าเนื้อมะม่วงมีค่าสี b สูงที่สุดเท่ากับ 41.3 ± 0.8 และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จากเนื้อลำไยและเนื้อลิ้นจี่สดที่มีช่วงค่าสี b อยู่ระหว่าง 7.96 – 9.73 Ueda และคณะ (2001) ทำการวัดค่าสี b สำหรับเนื้อมะม่วงสดสายพันธุ์ Chiin Hwang No. 1 จากตำแหน่งต่างๆ ของผลมะม่วงสุก และพบค่าสี b อยู่ในช่วง 60.2 – 65.1 ในขณะที่ Ueda และคณะ (2000) พบว่าค่าสี b ของเนื้อมะม่วงสุกสายพันธุ์ Irwin อยู่ในช่วง 23.0 – 38.6 Rivera-Lopez และคณะ (1999) ทำการวัดค่าสี b* ของเนื้อลิ้นจี่และพบว่าค่าสี b* มีค่าลดลงจาก 26.0 สำหรับผลลิ้นจี่อายุ 12 สัปดาห์ เหลือ 11.0 สำหรับผลลิ้นจี่อายุ 17 สัปดาห์ Lapsongphol และ Mahayothee (2007) ทำการวัดค่าสี b* ของเนื้อลำไยสดมีค่าเท่ากับ 0.11 ± 0.30 เมื่อผ่านกระบวนการแปรรูปด้วยวิธีการแรกพบว่าผลิตภัณฑ์เนื้อลิ้นจี่ผงมีค่าสี b สูงที่สุด เท่ากับ 19.3 ± 0.5 และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จากผงเนื้อลำไยและผงเนื้อมะม่วงสำหรับการทำผลิตภัณฑ์ผลไม้ผงด้วยวิธีการที่สอง พบว่าผงเนื้อลิ้นจี่มีค่าสี b ต่ำที่สุดเท่ากับ 7.48 ± 0.97 ในขณะที่ผงเนื้อมะม่วงและผลิตภัณฑ์เนื้อลำไยมีค่าสี b ที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ส่วนการนำวิธีทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบถาดในวิธีที่สาม ทำให้ผลิตภัณฑ์เนื้อมะม่วงมีค่าสี b สูงที่สุด ในขณะที่ผลิตภัณฑ์เนื้อลำไยที่ได้จากวิธีการนี้กลับมีค่าสี b ในระดับต่ำที่สุด เท่ากับ 1.47 ± 0.41 ซึ่งสอดคล้องกับรายงานค่าสี b* ของเนื้อลำไยอบแห้งของ Lapsongphol และ Mahayothee (2007) ที่พบค่าสี b* เท่ากับ 3.10 ± 0.75 การทำผลิตภัณฑ์ผงเนื้อลิ้นจี่ด้วยวิธีการที่สองและวิธีการที่สามยังคงรักษาค่าสี b ไม่ให้แตกต่างจากเนื้อลิ้นจี่สดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ในขณะที่วิธีการแรก ส่งผลให้ค่าสี b ของผงเนื้อลิ้นจี่มีระดับสูงที่สุด (19.3 ± 0.5)

Table 4.4 The b value of fresh fruits and various processing methods to obtain powdered products from lychee, longan and mango.

Type of fruits	Processing Methods			
	Fresh fruit	Method 1	Method 2	Method 3
Lychee	$9.73 \pm 0.2a,I$	$19.3 \pm 0.5a,II$	$7.48 \pm 0.97a,I$	$7.40 \pm 1.15a,I$
Longan	$7.96 \pm 0.1b,I$	$6.45 \pm 0.38b,II$	$13.7 \pm 0.1b,III$	$1.47 \pm 0.41b,IV$
Mango	$41.3 \pm 0.8c,I$	$11.8 \pm 0.1c,II$	$13.5 \pm 0.5b,III$	$14.6 \pm 0.7c,III$

The numbers with the same alphabet (a-c), for comparison between each row of the same column, or Roman numeral (I-IV), for comparison between each column of the same row, indicated no significant difference ($p > 0.05$).

การเปรียบเทียบค่า water activity และปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์มะม่วง ลิ้นจี่ และลำไยที่ได้ ก่อนและหลังการทำแห้งด้วยวิธีลดขนาดที่อุณหภูมิต่ำมาก ค่า water activity (aw) ที่วัดได้จากเนื้อผลไม้สดทั้งสามชนิดมีค่าใกล้เคียงกัน ดัง Table 4.5 โดยเนื้อลำไยและมะม่วงสดมีค่า aw เท่ากันที่ระดับ 0.984 ในขณะที่เนื้อลำไยมีค่า aw ต่ำกว่าเนื้อผลไม้ทั้งสองอย่าง มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ภายหลังการทำแห้งด้วยวิธีการแรก พบว่าค่า aw ของผงเนื้อลิ้นจี่และผงเนื้อลำไยลดระดับลงอยู่ในช่วง 0.469 – 0.490 และมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ส่วนผงเนื้อมะม่วงมีค่า aw ในระดับที่สูงกว่า Christian (2000) ระบุว่าค่า aw เป็นตัวแปร

ที่ดีที่สุดในการระบุความสัมพันธ์ระหว่าง ระดับความชื้นในอาหาร และความสามารถการเจริญของ จุลินทรีย์ต่างชนิดในอาหารนั้น โดยอาหารที่มีค่า aw ในระดับที่ต่ำกว่า 0.60 จะสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสียได้ การทำเนื้อผลไม้ผงดด้วยวิธีการแรกจึงเหมาะสมสำหรับเนื้อผลไม้ทั้งสามชนิดที่ทำการทดสอบ เพราะค่า aw ที่วัดได้ล้วนมีค่าต่ำกว่า 0.60 ทั้งสิ้น ส่วนวิธีการที่สองทำให้ผลิตภัณฑ์เนื้อลำไยมีค่า aw ต่ำกว่า 0.60 ได้เพียงชนิดเดียว ในขณะที่ผงเนื้อลิ้นจี่และผงเนื้อมะม่วงล้วนมีค่า aw ในระดับที่สูงกว่า 0.60 ทั้งสิ้น สำหรับวิธีการที่สามพบว่าผลิตภัณฑ์ผงเนื้อลิ้นจี่และผลิตภัณฑ์เนื้อลำไยมีค่า aw ที่ต่ำกว่า 0.60 ในขณะที่ผลิตภัณฑ์เนื้อมะม่วงที่ได้จากวิธีการนี้มีค่า aw สูงที่สุดเท่ากับ 0.627 ± 0.001 เมื่อพิจารณาในแง่อายุการเก็บรักษาจะพบว่าวิธีการแรกและวิธีการที่สาม เหมาะสมสำหรับการทำผงเนื้อลิ้นจี่ ส่วนการทำผงเนื้อลำไยควรใช้วิธีการแรกเท่านั้น เพราะแม้วิธีการที่สองและสามจะสามารถทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีค่า aw น้อยกว่า 0.6 อีกทั้งค่า aw ของวิธีการแรกและวิธีการที่สองก็ไม่ได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่ทั้งวิธีการที่สองและสามทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่จับกลุ่มกันเป็นก้อนเหนียว การทำผงเนื้อมะม่วงด้วยวิธีการแรกเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุด เพราะนอกจากจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ผงที่มีค่า aw ต่ำกว่า 0.60 แล้ว ผลิตภัณฑ์ที่ได้ยังไม่จับกลุ่มเป็นก้อนด้วย ซึ่งตรงกันข้ามกับวิธีการที่สอง ถึงแม้จะทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ผงเนื้อมะม่วง แต่ค่า aw ยังคงสูงถึงระดับ 0.679 ± 0.040 ส่วนวิธีการที่สามนอกจากจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์เนื้อมะม่วงที่มีค่า aw สูงกว่า 0.60 แล้ว ยังมีการจับกลุ่มเป็นก้อนด้วย จึงเป็นวิธีการแปรรูปที่ไม่เหมาะสม

Table 4.5 The aw value of fresh fruits and various processing methods to obtain powdered products from lychee, longan and mango.

Type of fruits	Processing Methods			
	Fresh fruit	Method 1	Method 2	Method 3
Lychee	$0.971 \pm 0.001a,I$	$0.490 \pm 0.005a,II$	$0.765 \pm 0.026a,III$	$0.584 \pm 0.001a,IV$
Longan	$0.984 \pm 0.001b,I$	$0.469 \pm 0.014a,II$	$0.463 \pm 0.017b,II$	$0.561 \pm 0.002b,III$
Mango	$0.984 \pm 0.001b,I$	$0.583 \pm 0.003b,II$	$0.679 \pm 0.040a,II,III$	$0.627 \pm 0.001c,III$

The numbers with the same alphabet (a-c), for comparison between each row of the same column, or Roman numeral (I-IV), for comparison between each column of the same row, indicated no significant difference ($p > 0.05$).

ค่าร้อยละความชื้นในเนื้อผลไม้สด และผลิตภัณฑ์ผลไม้ที่ผ่านกระบวนการแปรรูปวิธีการที่หนึ่งถึงสาม ดังแสดงใน Table 4.6 มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเนื้อผลไม้สดทั้งสามชนิดมีค่าร้อยละความชื้นที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ในช่วง 80.3 – 82.2% ทั้งนี้ผลิตภัณฑ์เนื้อลิ้นจี่ผงที่ได้จากวิธีการแรกมีค่าร้อยละความชื้นสูงที่สุด ในขณะที่ค่าร้อยละความชื้นของผลิตภัณฑ์เนื้อลำไย และเนื้อมะม่วงผงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ในช่วง 11.8 – 14.9% ผงเนื้อลิ้นจี่ที่ได้จากวิธีการที่สองและสามมีค่าร้อยละความชื้นสูงที่กว่าผลิตภัณฑ์เนื้อมะม่วงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่พบว่ามีค่าแตกต่างจากค่าร้อยละความชื้นของเนื้อลำไยแต่อย่างใด ($p > 0.05$) เมื่อพิจารณาในแง่ของค่าร้อยละความชื้นในผงเนื้อลิ้นจี่พบว่าทั้งสามวิธีการ ไม่ได้ทำให้ค่าร้อยละความชื้นของผลิตภัณฑ์มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เช่นเดียวกันกับผลิตภัณฑ์เนื้อลำไยที่ได้ สำหรับมะม่วง วิธีการแรกและ

วิธีการที่สองไม่ได้ทำให้ค่าร้อยละความชื้นของผลิตภัณฑ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เช่นเดียวกันกับวิธีการที่สองและวิธีการที่สาม อย่างไรก็ตามวิธีการแรกทำให้เนื้อมะม่วงผงที่ได้มีค่าร้อยละความชื้นในระดับที่ต่ำกว่าผลิตภัณฑ์เนื้อมะม่วงจากวิธีการที่สามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

Table 4.6 The moisture content (%) of fresh fruits and various processing methods to obtain powdered products from lychee, longan and mango.

Type of fruits	Processing Methods			
	Fresh fruit	Method 1	Method 2	Method 3
Lychee	82.2 ± 0.1a,I	19.8 ± 1.2a,II	38.3 ± 8.5a,II	18.5 ± 1.0a,II
Longan	82.1 ± 0.2a,I	14.9 ± 1.2b,II	17.9 ± 2.3a,b,II	15.2 ± 0.8a,b,II
Mango	80.3 ± 1.2a,I	11.8 ± 0.3b,II	14.0 ± 0.8b,II,III	15.2 ± 0.2b,III

The numbers with the same alphabet (a-b), for comparison between each row of the same column, or Roman numeral (I-III), for comparison between each column of the same row, indicated no significant difference ($p > 0.05$).

การเปรียบเทียบค่ากิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ polyphenol oxidase (PPO) และ peroxidase (POD) สำหรับผลิตภัณฑ์มะม่วง ลิ้นจี่ และลำไยที่ได้ ก่อนและหลังการทำแห้งด้วยวิธีลดขนาดที่อุณหภูมิต่ำมากจากการวิเคราะห์ใน Table 4.7 พบว่า ค่ากิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ POD ในเนื้อผลไม้สดของลิ้นจี่และมะม่วง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ในช่วง 16.4 – 20.1% โดยที่เนื้อลำไยมีค่ากิจกรรม POD สูงที่สุด เท่ากับ $100 \pm 1\%$ ส่วนในกรณีของเอนไซม์ PPO พบว่าเนื้อมะม่วงสดมีค่ากิจกรรมการทำงานของ PPO สูงที่สุด เท่ากับ $100 \pm 1\%$ ส่วนเนื้อลิ้นจี่และเนื้อลำไยสดมีระดับค่ากิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ดังกล่าวในช่วง 3.97 – 5.20% และไม่ได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) Ducamp-Collin และคณะ (2007) อธิบายว่ากิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ PPO และ/หรือ POD ส่งผลให้สีแดงของลิ้นจี่เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลภายหลังการเก็บเกี่ยว

Table 4.8 ทำการเปรียบเทียบค่ากิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ POD ในเนื้อลำไยและลิ้นจี่ ระหว่างวิธีการแปรรูปต่างชนิด พบว่าไม่มีค่ากิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ POD หลงเหลืออยู่ภายหลังการแปรรูปทั้งสามวิธี แต่ในกรณีของเนื้อมะม่วงพบว่าวิธีการแรกและวิธีการที่สองไม่ได้ทำให้ค่ากิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ POD ภายหลังการแปรรูปมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่วิธีการที่สามทำให้ค่ากิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ POD ในผงเนื้อมะม่วงลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เหลือ $64.1 \pm 1.5\%$ Marin และ Cano (1993) รายงานว่าการแช่แข็งทำให้ค่ากิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ POD ในเนื้อมะม่วงสายพันธุ์ Lippens และ Smith ลดลงเหลือ 17% และ 50% ตามลำดับ ภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือน Sugai และ Tadini (2006) ศึกษาผลกระทบของกระบวนการพาสเจอร์ไรเซชันต่อการเสื่อมสภาพของเอนไซม์ POD ในเนื้อมะม่วงบดที่อุณหภูมิต่างระดับ พบว่าการใช้อุณหภูมิ 80 และ 85 องศาเซลเซียส ทำให้สูญเสียค่ากิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ POD ทั้งหมด การใช้อุณหภูมิที่ระดับ 75 องศาเซลเซียส ทำให้ค่ากิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ POD เหลืออยู่ในช่วงร้อยละ 4.1 ถึง 24.4 ตามลำดับ ส่วนการใช้อุณหภูมิที่ระดับ 65 และ 70 องศาเซลเซียส ทำให้ค่ากิจกรรมการทำงานของเอนไซม์เหลืออยู่ร้อยละ 60 และ 91 ตามลำดับ

ส่วนการเปรียบเทียบค่ากิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ PPO ใน Table 4.9 พบว่าวิธีการแรกทำให้ค่ากิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ PPO ระหว่างผงเนื้อลิ้นจี่และผงเนื้อลำไยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยผงเนื้อลิ้นจี่มีค่ากิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ PPO ในระดับสูงที่สุด (100 ± 12) แต่ค่ากิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ PPO ของผงเนื้อมะม่วง ไม่ได้แตกต่างไปจากผงเนื้อลิ้นจี่หรือผงเนื้อลำไยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ส่วนวิธีการที่สองไม่ได้ทำให้ค่ากิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ PPO จากผลิตภัณฑ์เนื้อผลไม้ทั้งสามชนิดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ส่วนวิธีการที่สามทำให้ค่ากิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ PPO ในผงเนื้อลิ้นจี่มีค่าลดลงต่ำที่สุดเหลือเพียงร้อยละ 14.2 ± 4.0 และไม่ได้แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) จากผงเนื้อมะม่วง ส่วนผลิตภัณฑ์ลำไยที่ได้จากกระบวนการนี้ยังคงมีค่ากิจกรรมการทำงานของ PPO ในระดับที่สูงกว่า ในกรณีของผงเนื้อลิ้นจี่พบว่าวิธีการแรกส่งผลกระทบต่อค่ากิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ PPO น้อยที่สุด แต่วิธีที่สองและสามส่งผลต่อค่ากิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ PPO ที่ลดลง อย่างไรก็ตามวิธีการที่สองส่งผลกระทบต่อค่ากิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ PPO ในผลิตภัณฑ์ลำไยทำให้เหลือเพียงร้อยละ 20.1 ± 7.3 ในขณะที่วิธีการแรกและวิธีการที่สองทำให้ค่ากิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ PPO มีค่าลดลงน้อยกว่าและไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ส่วนในกรณีผลิตภัณฑ์จากเนื้อมะม่วง พบว่าผงเนื้อมะม่วงที่ได้จากวิธีการแรกยังคงรักษาค่ากิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ PPO ได้เป็นอย่างดี (ร้อยละ 73.7 ± 7.1) และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับผงเนื้อมะม่วง และผลิตภัณฑ์เนื้อมะม่วง ($p \leq 0.05$) ที่ผ่านกระบวนการแปรรูปด้วยวิธีที่สองและสาม ซึ่งมีค่ากิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ PPO เหลืออยู่ร้อยละ 27.6 – 43.5% ตามลำดับ Arogba และคณะ (1998) รายงานว่าค่ากิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ PPO ในสารสกัดจากมะม่วง มีค่ากิจกรรมการทำงานดีที่สุดในระดับ 25 องศาเซลเซียส แต่การลดอุณหภูมิไปที่ระดับ 14 องศาเซลเซียส และการเพิ่มอุณหภูมิไปที่ระดับ 30 องศาเซลเซียส จะทำให้ค่ากิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ชนิดนี้เหลืออยู่ร้อยละ 50 Jiang (1999) ทำการศึกษาคุณสมบัติของเอนไซม์ PPO จากเปลือกลำไย และพบว่าการเพิ่มระดับอุณหภูมิ ในการเก็บรักษาเอนไซม์ชนิดนี้ไปที่ระดับ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที จะทำให้ค่ากิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ลดลงร้อยละ 50

Table 4.7 Relative POD and PPO activity (%) of fresh fruits to the highest values.

Type of fruits	Enzymatic activity	
	POD	PPO
Lychee	$16.4 \pm 0.4a,I$	$5.20 \pm 0.05a,II$
Longan	$100 \pm 1b,I$	$3.97 \pm 0.57a,II$
Mango	$20.1 \pm 2.4a,I$	$100 \pm 5.8b,II$

The numbers with the same alphabet (a-b), for comparison between each row of the same column, or Roman numeral (I-II), for comparison between each column of the same row, indicated no significant difference ($p > 0.05$).

Table 4.8 Relative POD activity (%) of powdered fruits to the sample with highest activity.

Type of fruits	Processing Methods		
	Method 1	Method 2	Method 3
Lychee	0.00 ± 0.00a,I	0.00 ± 0.00a,I	0.00 ± 0.00a,I
Longan	0.00 ± 0.00a,I	0.00 ± 0.00a,I	0.00 ± 0.00a,I
Mango	100 ± 10b,I	83.6 ± 5.0b,I	64.1 ± 1.5b,II

The numbers with the same alphabet (a-b), for comparison between each row of the same column, or Roman numeral (I-II), for comparison between each column of the same row, indicated no significant difference ($p > 0.05$).

Table 4.9 Relative PPO activity (%) of powdered fruits to the sample with highest activity.

Type of fruits	Processing Methods		
	Method 1	Method 2	Method 3
Lychee	100 ± 12a,I	22.2 ± 7.6a,II	14.2 ± 4.0a,II
Longan	63.6 ± 3.0b,I	20.1 ± 7.3a,II	77.5 ± 5.6b,I
Mango	73.7 ± 7.1a,b,I	43.5 ± 7.3a,II	27.6 ± 5.5a,II

The numbers with the same alphabet (a-b), for comparison between each row of the same column, or Roman numeral (I-II), for comparison between each column of the same row, indicated no significant difference ($p > 0.05$).

การวิเคราะห์ขนาดและการกระจายตัวของอนุภาคผงเนื้อผลไม้ ขนาดของผงเนื้อผลไม้ที่วิเคราะห์ได้จากตะแกรงคัดขนาดได้ระบุไว้ใน Table 4.10 – 1.12 ตามวิธีการคำนวณเชิงมวล เชิงปริมาตร และเชิงพื้นที่ผิวตามลำดับ สำหรับการคำนวณขนาดอนุภาคในเชิงมวล (Table 4.4.10) พบว่า ขนาดผงเนื้อผลไม้ทั้งสามที่ได้จากวิธีการแรกไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยค่าเฉลี่ยผงเนื้อลำไยมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 1.14 มิลลิเมตร ตามด้วยผงเนื้อมะม่วง 0.83 มิลลิเมตร และผงเนื้อลิ้นจี่ 0.52 มิลลิเมตร เช่นเดียวกันกับวิธีการที่สองที่พบว่าขนาดผงเนื้อลิ้นจี่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) จากขนาดผงเนื้อมะม่วง ส่วนขนาดผงเนื้อลิ้นจี่ที่ได้จากวิธีการที่สามมีค่าเท่ากับ 1.04 ± 0.12 มิลลิเมตร เมื่อพิจารณาขนาดผงเนื้อลิ้นจี่ระหว่างวิธีการบดทั้งสามวิธีการ ไม่พบว่ามีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เช่นเดียวกันกับในกรณีของผงเนื้อมะม่วง เมื่อเปรียบเทียบระหว่างวิธีการแรกและวิธีการที่สอง

Table 4.10 Size of powdered fruits (mm) based on mass of the particles (Dw).

Type of fruits	Processing Methods		
	Method 1	Method 2	Method 3
Lychee	0.517 ± 0.187a,l	0.980 ± 0.116a,l	1.035 ± 0.118a,l
Longan	1.136 ± 0.534a,l	Not powder	Not powder
Mango	0.833 ± 0.108a,l	0.779 ± 0.067a,l	Not powder

The numbers with the same alphabet (a), for comparison between each row of the same column, or Roman numeral (l), for comparison between each column of the same row, indicated no significant difference ($p > 0.05$).

สำหรับการคำนวณขนาดอนุภาคในเชิงปริมาตร ดัง Table 4.11 พบว่าขนาดผงเนื้อลิ้นจี่ที่ได้จากวิธีการแรก (0.48 ± 0.12 มิลลิเมตร) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) จากผงเนื้อลำไย (1.18 ± 0.25 มิลลิเมตร) และผงเนื้อมะม่วง (0.40 ± 0.05) แต่ผงเนื้อลำไยและผงเนื้อมะม่วงมีขนาดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนวิธีการที่สองพบว่าขนาดผงเนื้อลิ้นจี่ (ค่าเฉลี่ย 0.71 มิลลิเมตร) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จากขนาดผงเนื้อมะม่วง (ค่าเฉลี่ย 0.40 มิลลิเมตร) ส่วนขนาดผงเนื้อลิ้นจี่ที่ได้จากวิธีการที่สามมีค่าเท่ากับ 0.70 ± 0.11 มิลลิเมตร เมื่อพิจารณาขนาดผงเนื้อลิ้นจี่ระหว่างวิธีการบดทั้งสามวิธีการ ไม่พบว่ามีขนาดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เช่นเดียวกันกับในกรณีของผงเนื้อมะม่วง เมื่อเปรียบเทียบระหว่างวิธีการแรกและวิธีการที่สอง

Table 4.11 Size of powdered fruits (mm) based on volume of the particles (Dv).

Type of fruits	Processing Methods		
	Method 1	Method 2	Method 3
Lychee	0.481 ± 0.121a,b,l	0.714 ± 0.046a,l	0.700 ± 0.108a,l
Longan	1.178 ± 0.251a,l	Not powder	Not powder
Mango	0.396 ± 0.049b,l	0.402 ± 0.019b,l	Not powder

The numbers with the same alphabet (a-b), for comparison between each row of the same column, or Roman numeral (l), for comparison between each column of the same row, indicated no significant difference ($p > 0.05$).

การคำนวณขนาดอนุภาคในเชิงพื้นที่ผิว ดัง Table 4.12 พบว่าขนาดผงเนื้อผลไม้ที่ได้จากวิธีการแรก ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดย ผงเนื้อลิ้นจี่มีขนาด 0.74 ± 0.45 มิลลิเมตร ผงเนื้อลำไยมีขนาด 1.27 ± 1.07 มิลลิเมตร และผงเนื้อมะม่วงมีขนาด 0.60 ± 0.14 มิลลิเมตร เช่นเดียวกันกับวิธีการที่สองที่พบว่าขนาดผงเนื้อลิ้นจี่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) จากขนาดผงเนื้อมะม่วง ส่วนขนาดผงเนื้อลิ้นจี่ที่ได้จากวิธีการที่สามมีค่าเท่ากับ 0.90 ± 0.19 มิลลิเมตร เมื่อพิจารณาขนาดผงเนื้อลิ้นจี่

ระหว่างวิธีการบดทั้งสามวิธีการ ไม่พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เช่นเดียวกันกับในกรณีของผงเนื้อมะม่วง เมื่อเปรียบเทียบระหว่างวิธีการแรกและวิธีการที่สอง

Table 4.12 Size of powdered fruits (mm) based on surface area of the particles (Ds).

Type of fruits	Processing Methods		
	Method 1	Method 2	Method 3
Lychee	0.738 ± 0.448a,l	0.899 ± 0.151a,l	0.899 ± 0.185a,l
Longan	1.272 ± 1.068a,l	Not powder	Not powder
Mango	0.604 ± 0.145a,l	0.560 ± 0.057a,l	Not powder

The numbers with the same alphabet (a), for comparison between each row of the same column, or Roman numeral (l), for comparison between each column of the same row, indicated no significant difference ($p > 0.05$).

แผนภูมิแท่งแสดงการกระจายตัวของขนาดผงอนุภาคที่ได้จากวิธีการทั้งสาม แสดงไว้ใน Fig. 4.1 - 1.3 ทั้งนี้จากวิธีการแรก ดัง Fig. 4.1 สัดส่วนผงเนื้อลิ้นจี่โดยมวลมากกว่า 60% มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.36 – 1.15 มิลลิเมตร ในขณะที่สัดส่วนผงเนื้อลำไยโดยมวลมากกว่า 80% มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยประมาณ 1.15 มิลลิเมตร สำหรับในกรณีของผงเนื้อมะม่วง พบว่าสัดส่วนของผงเนื้อผลไม้ไม่มากกว่า 50% มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยประมาณ 1.15 มิลลิเมตร แสดงให้เห็นว่าวิธีการบดด้วยวิธีการแรกทำให้ผงเนื้อลิ้นจี่มีการกระจายตัวที่สม่ำเสมอกว่า ผงเนื้อมะม่วง และผงเนื้อลำไย ตามลำดับ การทำผลิตภัณฑ์เนื้อผลไม้ผงด้วยวิธีที่สอง ดัง Fig. 4.2 พบว่าผลิตภัณฑ์เนื้อลำไยจับกลุ่มเป็นก้อนจึงไม่ได้นำมาศึกษาการกระจายตัวของขนาดอนุภาค แต่สัดส่วนโดยมวลของผงเนื้อลิ้นจี่มากกว่า 70% มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยประมาณ 1.15 มิลลิเมตร ในขณะที่สัดส่วนโดยมวลของผงเนื้อมะม่วงมากกว่า 50% มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยเท่ากับเนื้อลิ้นจี่ เมื่อเปรียบเทียบ Fig. 4.4.1 และ 4.4.2 พบว่าทั้งสองวิธีการไม่ส่งผลกระทบต่อกระจายตัวของขนาดผงอนุภาคจากเนื้อมะม่วง แต่ผงเนื้อลิ้นจี่จะกระจายตัวสม่ำเสมอกว่าถ้าใช้วิธีการแรก ในการ ลดขนาด และเมื่อใช้วิธีการที่สาม (Fig. 4.4.3) พบว่าผลิตภัณฑ์เนื้อลำไยและเนื้อมะม่วงจะจับกลุ่มเป็นก้อน แต่สัดส่วนโดยมวลของผงเนื้อลิ้นจี่มากกว่า 80% มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยประมาณ 1.15 มิลลิเมตร ทำให้สามารถจัดระดับความเหมาะสมของวิธีการลดขนาดในแง่การกระจายตัวของขนาดผงอนุภาคได้ว่า วิธีการแรก > วิธีการที่สอง > วิธีการที่สาม

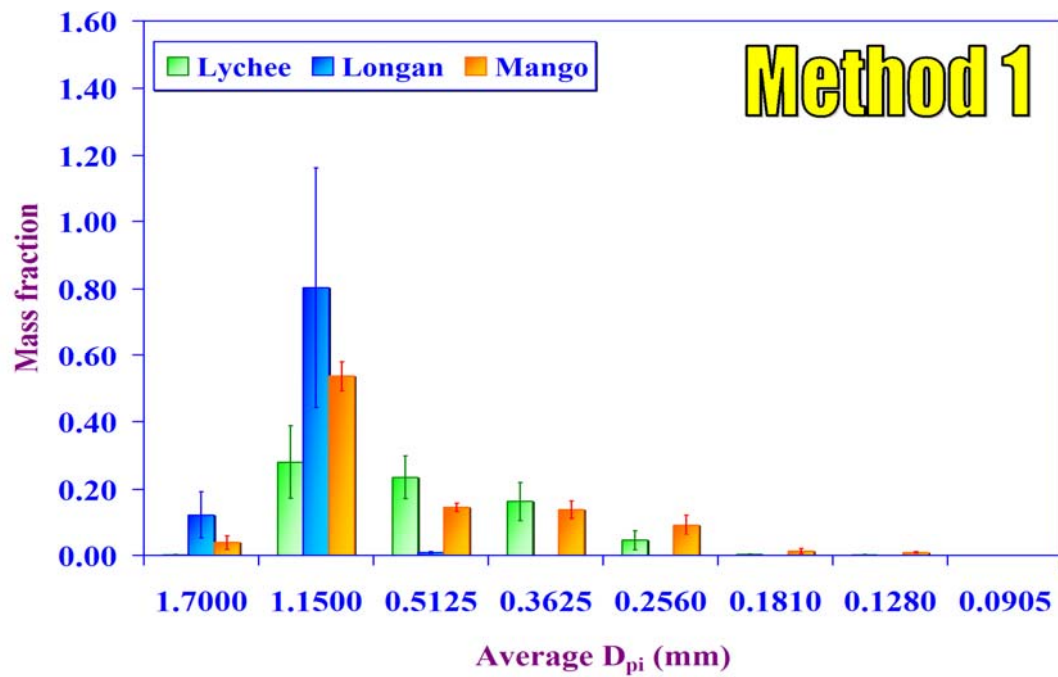


Figure 4.1: Size distribution of fruit powders after cryogenic size reduction method 1.

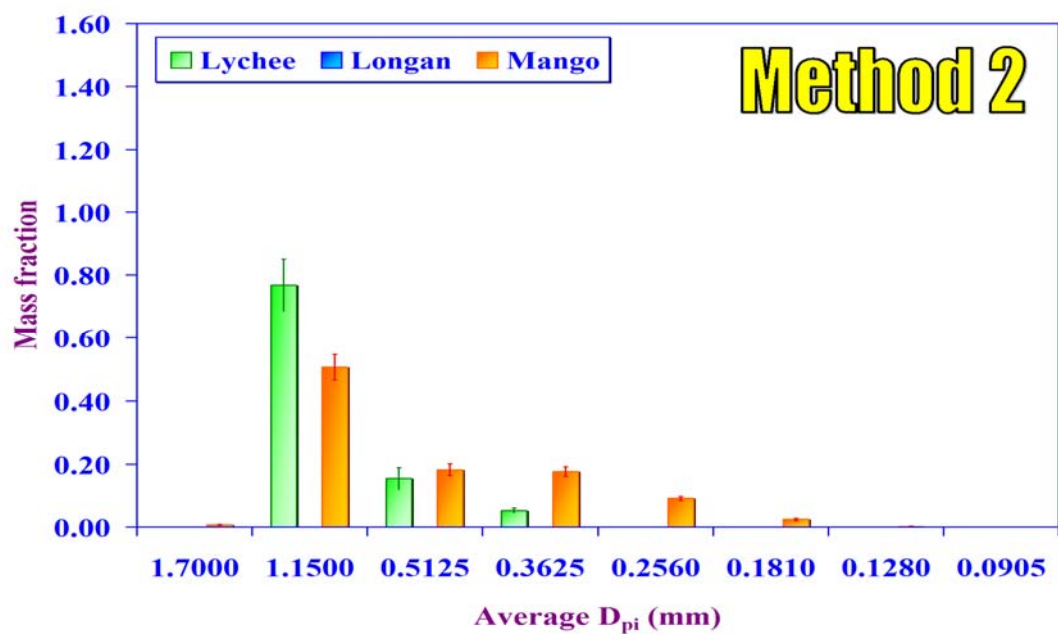


Figure 4.2: Size distribution of fruit powders after cryogenic size reduction method 2. The distribution of longan sample was not available since the aggregate was formed instead.

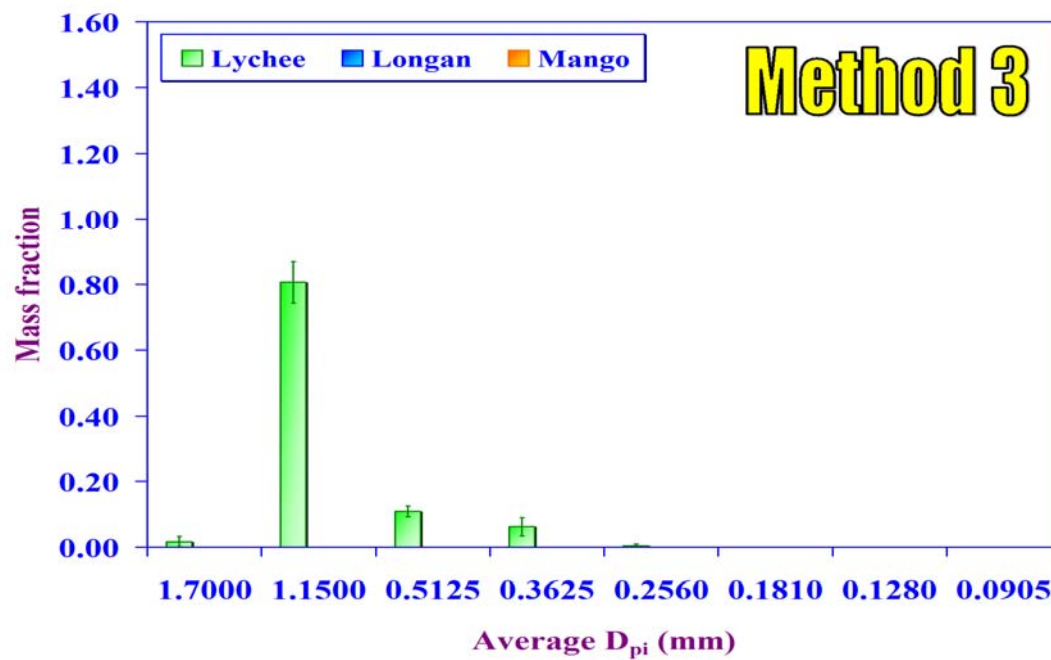


Figure 4.3: Size distribution of fruit powders after cryogenic size reduction method 3. The distribution of longan and mango samples were not available since the aggregates were formed instead.

บทที่ 4 ผลการทดลอง และวิจารณ์ การพัฒนากระบวนการแช่แข็งเนื้อมะม่วงและลิ้นจี่

ลิ้นจี่

1. ศึกษากระบวนการดึงน้ำออกจากลิ้นจี่บางส่วนโดยแช่ในสารละลายออสโมติก

เมื่อนำเนื้อลิ้นจี่ที่ปอกเปลือกและคว้านเมล็ดออกแล้วมาแช่ในสารละลายออสโมติก (สารละลายซูโครส 55°Brix และกรดซิตริก 0.3%) ตามวิธีในข้อ 3.5.1.1 และติดตามการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของเนื้อลิ้นจี่ระหว่างการออสโมติกเป็นระยะเวลาต่างๆ กัน มีรายละเอียดดังนี้

1.1 การสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณความชื้น ปริมาณของแข็งทั้งหมด และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ ในเนื้อลิ้นจี่ที่ผ่านการแช่ในสารละลายออสโมติกเป็นระยะเวลาต่างๆ กัน แสดงดัง Table 4.1 จากตารางพบว่า กระบวนการออสโมติกมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพของเนื้อลิ้นจี่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยทำให้น้ำหนักโดยรวมและปริมาณความชื้นของเนื้อลิ้นจี่ลดลง ในขณะที่ปริมาณของแข็งทั้งหมดและปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาของการแช่ในสารละลายออสโมติก ทั้งนี้เนื่องมาจากระหว่างกระบวนการออสโมติกเกิดการถ่ายเทมวลสาร 3 ชนิด คือ (1) การเคลื่อนที่ของน้ำออกจากอาหารมายังสารละลาย (2) การเคลื่อนที่ของตัวถูกละลายในสารละลายออสโมติกเข้าไปยังอาหาร และ (3) การเคลื่อนที่ของตัวถูกละลายในอาหารออกมายังสารละลาย (Blanda et al., 2009) ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในทิศทางที่ทำให้ปริมาณของแข็งในเนื้อลิ้นจี่เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยอื่นๆ ที่ศึกษาเกี่ยวกับการลดความชื้นโดยการออสโมซิสในผักและผลไม้ต่างๆ (ไพโรจน์ และคณะ, 2544; Correa et al., 2010; Eren and Kaymak-Ertekin, 2007; Mayor et al., 2006)

Table 4.1 Weight loss, moisture content, solid content and total soluble solids in lychee during osmotic dehydration

เวลาแช่ในสารละลายออสโมติก (ชั่วโมง)	น้ำหนักที่สูญเสีย (%)	ปริมาณความชื้น (%)	ปริมาณของแข็งทั้งหมด (%)	ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (°Brix)
0	0.00a	84.54b	15.46a	15.93a
2	14.20b	78.03ab	21.97ab	22.56b
4	20.45bc	77.42a	22.58b	24.25b
6	23.46c	76.19a	23.81b	25.07b
12	32.32d	72.88a	27.12b	30.67c
24	34.40d	73.68a	26.32b	31.84c

a,b,c,d ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันหมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เมื่อนำข้อมูลการสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณความชื้น และปริมาณของแข็งในเนื้อลิ้นจี่มาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์กับระยะเวลาแช่ในสารละลายออสโมติก ได้กราฟดัง Fig. 4.1 - 4.3 ตามลำดับ

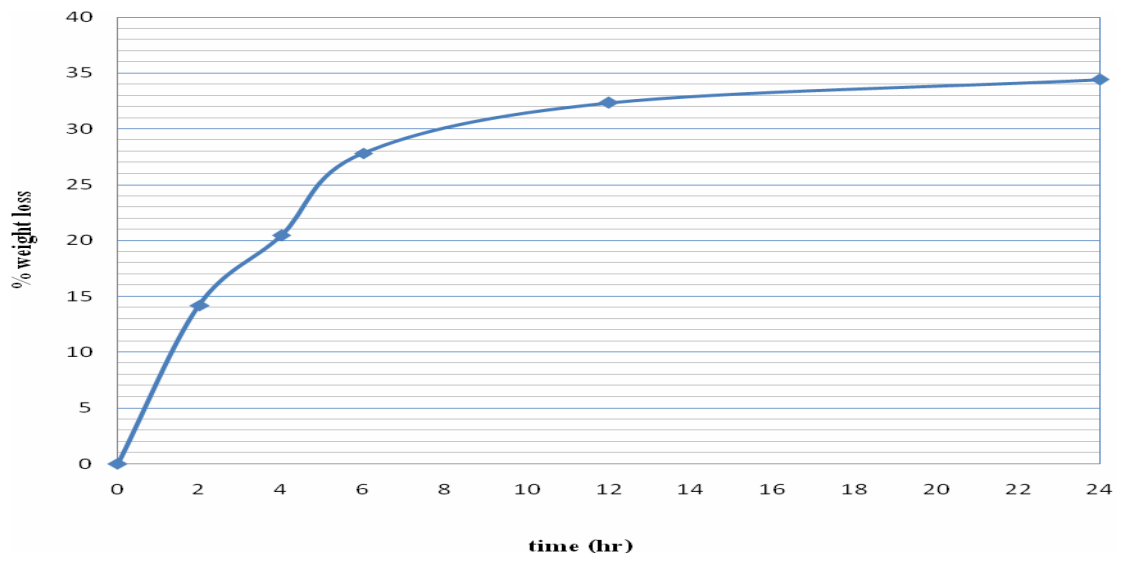


Figure 4.1: Weight loss from lychee during osmotic dehydration

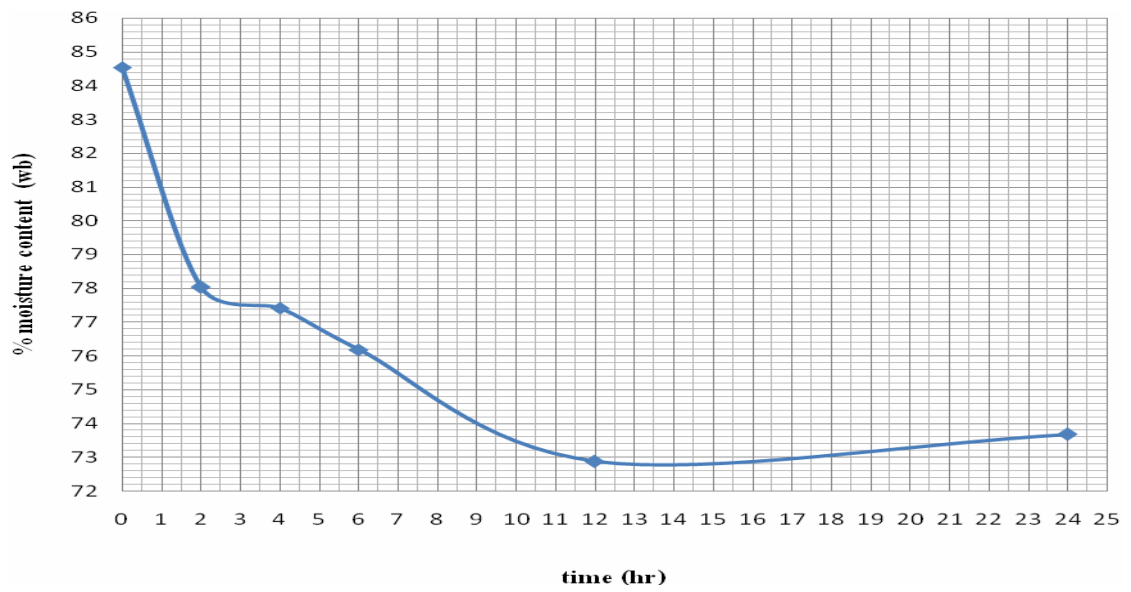


Figure 4.2: Moisture content in lychee during osmotic dehydration

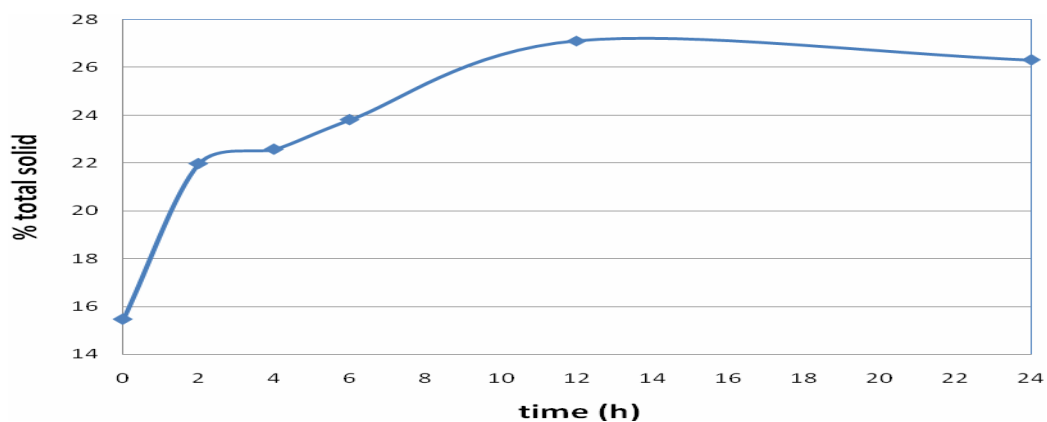


Figure 4.3: Solid content in lychee during osmotic dehydration

จากกราฟจะเห็นว่าในช่วง 2 ชั่วโมงแรกของการแช่ในสารละลายออสโมติก การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อลั่นจี้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ดัง Fig. 4.1 จากนั้นการสูญเสียน้ำหนักจะเพิ่มขึ้นในอัตราที่ช้าลง และภายหลังจากชั่วโมงที่ 12 การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อลั่นจี้จะเริ่มคงที่ เช่นเดียวกันกับการลดลงของปริมาณความชื้น ดัง Fig. 4.2 และการเพิ่มขึ้นของปริมาณของแข็งในเนื้อลั่นจี้ ดัง Fig. 4.3 ทั้งนี้เนื่องจากในช่วงแรกของการออสโมซิส ความเข้มข้นของตัวถูกละลายในผลิตภัณฑ์และในสารละลายมีความแตกต่างกันมาก ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของน้ำออกจากเนื้อลั่นจี้และการเคลื่อนที่ของตัวถูกละลายเข้าไปในเนื้อลั่นจี้ได้เร็ว หลังจากนั้นความแตกต่างของความเข้มข้นของสารละลายออสโมติกและในเนื้อลั่นจี้ และเกิดการหดตัวของลั่นจี้ ทำให้การถ่ายเทมวลเกิดได้ช้าลง (Mercali et al., 2011)

1.2 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (กรดมาลิก) ในเนื้อลั่นจี้ที่ผ่านการแช่ในสารละลายออสโมติกเป็นระยะเวลาต่าง ๆ กัน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ดัง Table 4.2 เนื่องจากในสารละลายออสโมติกมีกรดซิตริกเป็นส่วนประกอบหนึ่ง จึงส่งผลให้ไม่มีการสูญเสียกรดออกจากเนื้อลั่นจี้

Table 4.2 Titratable acidity (as malic acid) in lychee during osmotic dehydration

เวลาแช่ในสารละลายออสโมติก (ชั่วโมง)	ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (%)
0	0.20ns
2	0.19
4	0.20
6	0.19
12	0.19
24	0.21

ns หมายถึง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

1.3 ค่าสีของเนื้อลิ้นจี่ ที่ผ่านการแช่ในสารละลายการออสโมติกเป็นระยะเวลาต่าง ๆ กันแสดงดัง Table 4.3 จากการทดลองพบว่า ค่าสี L^* ซึ่งแสดงถึงความสว่างของเนื้อลิ้นจี่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ส่วนค่าสี a^* มีค่าเป็นบวกซึ่งแสดงความเป็นสีแดงของเนื้อลิ้นจี่ ค่าสี a^* ในแต่ละสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) พบว่าค่าสี a^* มีค่าลดลงเพียงเล็กน้อยในระหว่างการออสโมซิส ส่วนค่าสี b^* มีค่าเป็นลบน้อยลง แสดงว่าความเป็นสีน้ำเงินของเนื้อลิ้นจี่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ตามระยะเวลาที่แช่ในสารละลาย จากค่าสี a^* และ b^* ของเนื้อลิ้นจี่ แสดงว่าเนื้อลิ้นจี่มีสีขาว และเมื่อแช่ในสารละลายออสโมติกนานขึ้น ลิ้นจี่มีสีเปลี่ยนไปเพียงเล็กน้อย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Marani et al. (2007) ที่ศึกษาการลดความชื้นโดยการออสโมซิสในเนื้อแอปเปิ้ลและแพร์ มีเพียงค่าสี b^* เท่านั้นที่เปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ส่วนค่าสีของแพร์ไม่มีการเปลี่ยนแปลง เช่นเดียวกับ Talens et al. (2002) ที่รายงานว่าการออสโมซิสทำให้ความสว่างของเนื้อกีวีเพิ่มขึ้นเล็กน้อย

Table 4.3 L^* , a^* and b^* values of lychee during osmotic dehydration

เวลาแช่ในสารละลายออสโมติก (ชั่วโมง)	L^*	a^*	b^*
0	50.98ns	0.87b	-1.36a
2	49.42	0.63a	-0.84b
4	48.81	0.77ab	-0.84b
6	49.49	0.83ab	-0.95bc
12	48.59	0.75ab	-0.85bc
24	50.49	0.70ab	-0.72c

a,b,c ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันหมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$)

ns หมายถึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

2. การศึกษาผลของปริมาณความชื้นในเนื้อลิ้นจี่ ต่อคุณภาพของลิ้นจี่แช่แข็ง

การศึกษาผลของปริมาณความชื้นในเนื้อลิ้นจี่ต่อคุณภาพของลิ้นจี่แช่แข็ง ได้แปรค่าความชื้นของเนื้อลิ้นจี่ 4 ระดับ โดยใช้ตัวอย่างที่ผ่านการออสโมซิสเป็นเวลาต่าง ๆ กัน และใช้ข้อมูลจากกราฟ Fig. 4.2 เป็นแนวทางในการกำหนดเวลาแช่ในสารละลาย ได้แก่ (1) ลิ้นจี่สุตควบคุม (ลิ้นจี่สด) ซึ่งจะมีความชื้นประมาณ 85% (2) ลิ้นจี่แช่ในสารละลายออสโมติกเป็นเวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที ความชื้นประมาณ 80% (3) ลิ้นจี่แช่ในสารละลายออสโมติกเป็นเวลา 7 ชั่วโมง 30 นาที ความชื้นประมาณ 75% และ (4) ลิ้นจี่แช่ในสารละลายออสโมติกเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ความชื้นประมาณ 70% จากนั้นนำลิ้นจี่ไปแช่แข็งในเครื่องแช่แข็งแบบ air blast ที่อุณหภูมิ -35 องศาเซลเซียส จนลิ้นจี่มีอุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส และเก็บไว้ 1 วัน จากการเตรียมตัวอย่างพบว่า ปริมาณความชื้นในเนื้อลิ้นจี่สดและลิ้นจี่หลังการออสโมซิสตามเวลาที่กำหนดเป็นดังนี้ ลิ้นจี่สดมีความชื้น $84.42\pm 0.17\%$ ลิ้นจี่แช่ในสารละลายออสโมติกเป็นเวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที มีความชื้น $74.74\pm 0.2\%$ ลิ้นจี่แช่ในสารละลายออสโมติกเป็นเวลา 7 ชั่วโมง 30 นาที มีความชื้น $71.56\pm 0.04\%$ และลิ้นจี่แช่ในสารละลายออสโมติกเป็นเวลา 24 ชั่วโมง มีความชื้น $68.93\pm 0.04\%$ เมื่อนำลิ้นจี่แช่แข็งมาละลายน้ำแข็งและวิเคราะห์สมบัติต่างๆ ได้ผลการทดลองดังนี้

2.1 ปริมาณของเหลวที่ไหลออกจากผลิตภัณฑ์ภายหลังการละลายน้ำแข็งและปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ การวัดการสูญเสียของเหลวออกจากผลิตภัณฑ์เป็นวิธีการหนึ่งในการบ่งชี้ความเสียหายที่เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์เนื่องมาจากการแช่แข็ง Li and Sun (2003) กล่าวว่าเนื้อเยื่อของผลไม้ไม่มีโครงสร้างกึ่งแข็ง (semi-rigid structure) ซึ่งทนการขยายปริมาตรของผลึกน้ำแข็งได้น้อย จึงเกิดความเสียหายกับเนื้อเยื่อผลไม้หลังจากการแช่แข็ง Reid (1994) กล่าวว่า กลไกการเสียหายของเนื้อเยื่อจากการแช่แข็งเกิดจาก 4 กระบวนการ คือ (1) การเสียหายเนื่องจากการสัมผัสกับอุณหภูมิต่ำ (2) การเสียหายเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นของตัวถูกละลายในของเหลวที่ยังไม่เปลี่ยนไปเป็นผลึกน้ำแข็ง (3) ความเสียหายเนื่องจากการแพร่ของน้ำไปยังพื้นที่ที่มีความเข้มข้นสูงกว่าในเนื้อเยื่อ และ (4) ความเสียหายที่เกิดจากผลึกน้ำแข็ง กระบวนการเหล่านี้ก่อให้เกิดความเสียหายต่อเยื่อหุ้มเซลล์ เกิดการเสียสภาพของโปรตีน เซลล์แตกและเกิดการสูญเสียของเหลวออกนอกเซลล์ รวมทั้งสูญเสียความสดและความเต่งของผลไม้

เมื่อนำลิ้นจี่ที่ผ่านการแช่ในสารละลายออสโมติกเป็นเวลาต่างๆ กัน เพื่อให้ได้ลิ้นจี่ที่มีความชื้นแตกต่างกัน มาแช่แข็งและละลายน้ำแข็ง จากนั้นวัดปริมาณของเหลวที่ไหลออกจากผลิตภัณฑ์ภายหลังการละลายน้ำแข็ง พบว่า ลิ้นจี่ที่ผ่านการออสโมซิสมีการสูญเสียของเหลวน้อยกว่าลิ้นจี่ชุดควบคุม ทั้งนี้เนื่องจากการออสโมซิสทำให้ลิ้นจี่มีปริมาณน้ำลดลง เมื่อแช่แข็งจึงเกิดผลึกน้ำแข็งน้อยกว่า ทำให้เกิดการเสียหายต่อเนื้อเยื่อน้อยกว่า ตัวอย่างควบคุม (Rubbers et al., 1997; Talens et al., 2002; Dermesonlouoglou et al., 2007; Marani et al., 2007; Ramallo and Mascheroni, 2010) และปริมาณของเหลวที่สูญเสียในลิ้นจี่หลังละลายน้ำแข็งจะลดลงเมื่อระยะเวลาแช่ในสารละลายออสโมซิสเพิ่มขึ้น

ปริมาณความชื้นในเนื้อลิ้นจี่มีผลต่อปริมาณของเหลวที่ไหลออกจากผลิตภัณฑ์ภายหลังการละลายน้ำแข็งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดัง Table 4.4 โดยเนื้อลิ้นจี่ที่มีปริมาณความชื้นต่ำกว่าจะมีการสูญเสียน้ำหนักหลังการละลายน้ำแข็งน้อยกว่า ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Gerrote and Bertone (1989) ที่พบว่าการดื่มน้ำออกจากสตรอเบอร์รี่โดยการแช่ในสารละลายออสโมติก เช่น กลีเซอรอล สารละลายกลูโคส และสารละลายซูโครส ก่อนการแช่แข็งสามารถลดการสูญเสีย น้ำออกจากผลิตภัณฑ์ภายหลังการละลายน้ำแข็ง และเช่นเดียวกันกับงานวิจัยของ Marani et al. (2007) ที่พบว่าการทำออสโมติกดีไฮเดรชันก่อนการแช่แข็งสามารถลดปริมาณของเหลวที่ไหลออกจากผลิตภัณฑ์ภายหลังการละลายน้ำแข็งในกีวี ลูกแพร์ สตรอเบอร์รี่ และแอปเปิ้ลอย่างมีนัยสำคัญ

ลิ้นจี่แช่แข็งชุดควบคุมมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ต่ำกว่าลิ้นจี่ที่ผ่านการแช่ในสารละลายออสโมติกก่อนการแช่แข็งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้มีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่แช่ในสารละลายออสโมติก ดัง Table 4.4 เนื่องจากเกิดการแพร่ของตัวถูกละลายในสารละลายออสโมติกเข้าไปในเนื้อลิ้นจี่ตลอดระยะเวลาการแช่ในสารละลายออสโมติก (Blanda et al., 2009) และสอดคล้องกับงานวิจัยของไพโรจน์และคณะ (2544) ที่ศึกษาการลดความชื้นโดยการออสโมซิสในมะม่วงแก้ว และรัตนและคณะ (2548) ที่ศึกษากับลิ้นจี่

Table 4.4 Drip loss and total soluble solids of thawed samples prepared from lychee with different moisture contents

สิ่งทดลอง	ปริมาณความชื้นเฉลี่ย (%)	ปริมาณของเหลวที่ไหลออกจากผลิตภัณฑ์หลังการละลายน้ำแข็ง (%)	ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ ($^{\circ}$ Brix)
ลิ้นจี่ชุดควบคุม	84.42	41.31c	18.90a
ลิ้นจี่แช่ในสารละลาย 1 ชั่วโมง 30 นาที	74.74	22.51b	23.23b
ลิ้นจี่แช่ในสารละลาย 7 ชั่วโมง 30 นาที	71.56	17.25ab	30.37c
ลิ้นจี่แช่ในสารละลาย 24 ชั่วโมง	68.93	15.23a	31.10c

a,b,c ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันหมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

2.2 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ในเนื้อลิ้นจี่หลังการละลายน้ำแข็งที่เตรียมจากเนื้อลิ้นจี่ที่มีความชื้นต่างกันแสดงดัง Table 4.5 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ในเนื้อลิ้นจี่ทุกสิ่งทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) นั่นคือการออสโมซิสก่อนแช่แข็งไม่ได้มีผลต่อการรั่วไหลของกรดออกจากผลิตภัณฑ์ภายหลังการละลายน้ำแข็งเมื่อเปรียบเทียบกับลิ้นจี่ชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ

Table 4.5 Titratable acidity of thawed samples prepared from lychee with different moisture contents

สิ่งทดลอง	ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (%)
ลิ้นจี่ชุดควบคุม	0.21ns
ลิ้นจี่แช่ในสารละลาย 1 ชั่วโมง 30 นาที	0.19
ลิ้นจี่แช่ในสารละลาย 7 ชั่วโมง 30 นาที	0.19
ลิ้นจี่แช่ในสารละลาย 24 ชั่วโมง	0.21

ns หมายถึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

2.3 ค่าสีของเนื้อลิ้นจี่ที่เตรียมจากตัวอย่างที่มีความชื้นต่างกันแสดงดัง Table 4.6 จากการทดลองพบว่า ค่า L^* ของเนื้อลิ้นจี่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ส่วนค่าสี a^* ในแต่ละสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) พบว่าลิ้นจี่หลังการละลายน้ำแข็งที่เตรียมจากลิ้นจี่ที่ผ่านการแช่ในสารละลายออสโมติก มีค่า a^* น้อยกว่าลิ้นจี่สดหลังการละลายน้ำแข็งอย่างมีนัยสำคัญ โดยค่าสี a^* มีแนวโน้มลดลงตามปริมาณความชื้นในตัวอย่างที่ลดลง อาจเป็นผลมาจากการแช่ในสารละลายออสโมติกที่มีกรดซิตริกช่วยป้องกันการเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลในลิ้นจี่ได้ จึงทำให้ลิ้นจี่ที่ผ่านการแช่ในสารละลายออสโมติกมีค่า a^* น้อยกว่าลิ้นจี่ชุดควบคุม (รัตนและคณะ, 2548) และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Marani et al. (2007) ที่พบว่า

การออสโมซิสแอปเปิ้ลก่อนการแช่แข็ง ทำให้แอปเปิ้ลหลังการละลายน้ำแข็งมีค่า a^* ลดลง ส่วนค่า b^* ซึ่งมีค่าเป็นลบน้อยลง แสดงถึงความเป็นสีน้ำเงินของเนื้อลื่นจีลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อปริมาณความชื้นในตัวอย่างก่อนแช่แข็งมีค่าลดลง

Table 4.6 L^* , a^* and b^* values of thawed samples prepared from lychee with different moisture contents

สิ่งทดลอง	L^*	a^*	b^*
ลื่นจีชุดควบคุม	49.42ns	0.81c	-1.51a
ลื่นจีแช่ในสารละลาย 1 ชั่วโมง 30 นาที	49.09	0.63ab	-0.82b
ลื่นจีแช่ในสารละลาย 7 ชั่วโมง 30 นาที	48.57	0.77bc	-0.87b
ลื่นจีแช่ในสารละลาย 24 ชั่วโมง	50.70	0.55a	-0.69b

a,b,c ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันหมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

2.4 ความแน่นเนื้อของลื่นจีภายหลังการละลายน้ำแข็งที่เตรียมจากเนื้อลื่นจีที่ผ่านการแช่ในสารละลายออสโมติกจนมีความชื้นต่างกันแสดงดัง Table 4.7 จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ความแน่นเนื้อของลื่นจีหลังการละลายน้ำแข็งมีค่าน้อยกว่าลื่นจีก่อนแช่แข็ง (ประมาณ 47%) ความแน่นเนื้อหลังละลายน้ำแข็งของลื่นจีที่ผ่านกระบวนการออสโมซิสมีค่าน้อยกว่าความแน่นเนื้อของลื่นจีชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และความแน่นเนื้อของลื่นจีหลังละลายน้ำแข็งมีค่าน้อยลงเมื่อแช่ในสารละลายออสโมติกนานขึ้น แต่มีค่าแตกต่างกันไม่มากนัก ดัง Table 4.7 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Marani et al. (2007) ที่รายงานว่า ความแน่นเนื้อของผลไม้ที่ผ่านกระบวนการออสโมซิสและตามด้วยการแช่แข็งหรือไม่ผ่านการแช่แข็งจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงขึ้นกับลักษณะเนื้อเยื่อของผลไม้และชนิดของสารละลายออสโมติก โดยพบว่ากีวี่ที่ผ่านการแช่ในสารละลายออสโมติก 4 ชนิด ได้แก่ สารละลายซูโครส (69°Brix) สารละลายกลูโคส (47°Brix) สารละลายฟรุคโตส (69°Brix) และสารละลายน้ำตาลที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง (69°Brix) มีความแน่นเนื้อน้อยกว่ากีวี่สดในทุกกรณีและมีค่าลดลงตามระยะเวลาของการออสโมซิส ทำนองเดียวกันกับกีวี่ที่ผ่านการออสโมซิสและตามด้วยการแช่แข็ง เมื่อวัดความแน่นเนื้อภายหลังการละลายน้ำแข็ง พบว่าความแน่นเนื้อของกีวี่ลดลงมากกว่า 80% เมื่อเปรียบเทียบกับกีวี่สด และทุกสิ่งทดลองมีความแน่นเนื้อหลังละลายน้ำแข็งใกล้เคียงกัน ส่วนความแน่นเนื้อหลังการละลายน้ำแข็งของแอปเปิ้ลมีค่าลดลงเพียงเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับแอปเปิ้ลก่อนแช่แข็ง เนื่องจากมีความเหนียวเพิ่มขึ้น ในขณะที่ลูกแพร์ที่ผ่านการออสโมซิส เมื่อละลายน้ำแข็งแล้วมีความแน่นเนื้อลดลงประมาณ 60%-70% มากกว่ากรณีแอปเปิ้ลแต่ไม่มากเท่ากรณีของกีวี่ ส่วนกรณีของสตรอเบอร์รี่พบว่าการแช่ในสารละลายออสโมติก 2 ชั่วโมงทำให้ความแน่นเนื้อก่อนแช่แข็งลดลง หลังจากนั้นความแน่นเนื้อไม่มีความแตกต่างกันและใกล้เคียงกับความแน่นเนื้อหลังการละลายน้ำแข็งของสตรอเบอร์รี่ที่ไม่ผ่านการแช่ในสารละลายออสโมติก จากการทดลองของ Marani et al. (2007) พบว่าความแน่นเนื้อหลังการละลายน้ำแข็งของผลไม้ทั้งที่ผ่านและไม่ผ่านกระบวนการออสโมติกมีค่าใกล้เคียงกัน ในขณะที่การทดลองของ Wu et al. (2009) ซึ่งศึกษาการดึงน้ำออกจากมะเขือม่วงโดยการอบแห้งสุญญากาศจนความชื้นลดลงเหลือ 60% และ 80% ก่อนการแช่แข็งพบว่าตัวอย่างแช่แข็งมีความแน่นเนื้อหลังละลายน้ำแข็งน้อย

กว่าตัวอย่างสด และมะเขือม่วงที่ผ่านการลดความชื้นมีความแน่นเนื้อหลังละลายน้ำแข็งสูงกว่ามะเขือม่วงที่ไม่ผ่านการลดความชื้น

Table 4.7 Firmness of thawed samples prepared from lychee with different moisture contents

สิ่งทดลอง	ความแน่นเนื้อ (N)
ลิ้นจี่ชุดควบคุม	1.99d
ลิ้นจี่แช่ในสารละลาย 1 ชั่วโมง 30 นาที	1.77c
ลิ้นจี่แช่ในสารละลาย 7 ชั่วโมง 30 นาที	1.65b
ลิ้นจี่แช่ในสารละลาย 24 ชั่วโมง	1.47a

a,b,c,d ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันหมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

2.5 การประเมินทางประสาทสัมผัสภายหลังการละลายน้ำแข็งของเนื้อลิ้นจี่ที่ผ่านการแช่ในสารละลายออสโมติกจนมีความชื้นต่างกันแสดงดัง Table 4.8 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติแสดงให้เห็นว่า ปริมาณความชื้นในเนื้อลิ้นจี่ก่อนแช่แข็งมีผลต่อคุณลักษณะต่างๆทางประสาทสัมผัสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) คะแนนการยอมรับทางด้านสี กลิ่น และลักษณะปรากฏของเนื้อลิ้นจี่สดหลังการละลายน้ำแข็งมีค่ามากกว่าลิ้นจี่ที่ผ่านการแช่ในสารละลายออสโมติกก่อนแช่แข็ง ซึ่งแตกต่างจากการทดลองของ Dermesonlouoglou et al. (2007) ที่รายงานว่าคะแนนความชอบทางด้านสีหลังละลายน้ำแข็งของมะเขือเทศที่ผ่านและไม่ผ่านการ ออสโมซิสไม่แตกต่างกัน ส่วนคะแนนการยอมรับทางด้านลักษณะเนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวมของลิ้นจี่ที่ผ่านการออสโมซิส 1 ชั่วโมง 30 นาทีไม่แตกต่างจากลิ้นจี่ชุดควบคุม ($p > 0.05$) และมีคะแนนการยอมรับสูงกว่าอีกสองสิ่งทดลอง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากลิ้นจี่ที่ผ่านการออสโมซิสมีความแน่นเนื้อน้อยกว่า Dermesonlouoglou et al. (2008) พบว่าแตงกวาที่ผ่านการออสโมซิสก่อนการแช่แข็งมีคะแนนความชอบด้านลักษณะเนื้อสัมผัสสูงกว่าตัวอย่างควบคุม ลิ้นจี่ที่แช่ในสารละลายออสโมติกเป็นเวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที มีคะแนนความชอบรวมสูงที่สุด

Blanda et al. (2009) รายงานว่าคะแนนความชอบหลังละลายน้ำแข็งของสตรอเบอร์รี่ที่ผ่านการออสโมซิสและสตรอเบอร์รี่ควบคุมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกคุณลักษณะ ($p > 0.05$) ส่วน Dermesonlouoglou et al. (2007) พบว่ามะเขือเทศแช่แข็งที่ผ่านการออสโมซิสมีคะแนนความชอบทางด้านลักษณะเนื้อสัมผัสมากกว่าตัวอย่างควบคุม ส่วนคะแนนการยอมรับโดยรวมพบว่าไม่มีความแตกต่างกัน ยกเว้นมะเขือเทศที่ผ่านการแช่ในสารละลายมอลโตเดกซ์ตรินที่มีค่า DE สูง มีคะแนนการยอมรับโดยรวมสูงกว่า

Table 4.8 Sensory evaluation test scores of thawed samples prepared from lychee with different moisture contents

คุณลักษณะ	สิ่งทดลอง			
	ลิ้นจี่ชุดควบคุม	ลิ้นจี่แช่ในสารละลาย 1 ชั่วโมง 30 นาที	ลิ้นจี่แช่ในสารละลาย 7 ชั่วโมง 30 นาที	ลิ้นจี่แช่ในสารละลาย 24 ชั่วโมง
สี	7.23c	6.79b	6.23a	6.00a
กลิ่น	6.65c	6.52bc	6.37b	5.93a
ลักษณะปรากฏ	7.21c	6.65b	6.15a	5.96a
ลักษณะเนื้อสัมผัส	6.67b	6.75b	6.25a	6.11a
รสชาติ	6.21ab	6.71b	6.29ab	5.74a
ความชอบโดยรวม	6.65bc	6.83c	6.35ab	5.99a

a,b,c ตัวอักษรที่ต่างกันในแถวเดียวกันหมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ผลการทดลองตอนที่ 4.1.2 แสดงให้เห็นว่า ลิ้นจี่ที่แช่ในสารละลายออสโมติกเป็นเวลา 7 ชั่วโมง 30 นาที มีปริมาณของเหลวไหลออกจากผลิตภัณฑ์หลังการละลายน้ำแข็งน้อยที่สุด และไม่แตกต่างจากลิ้นจี่ที่แช่ในสารละลายเป็นเวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที นอกจากนี้ ลิ้นจี่แช่ในสารละลาย 1 ชั่วโมง 30 นาที ซึ่งมีความชื้นก่อนแช่แข็งประมาณ 75% ยังมีความแน่นเนื้อหลังละลายน้ำแข็ง คะแนนความชอบทางลักษณะเนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวมสูงที่สุด จึงเลือกสภาวะดังกล่าวสำหรับการศึกษาต่อไป

3. การลดความชื้นของเนื้อลิ้นจี่โดยการอบแห้ง

นอกจากการลดปริมาณน้ำในอาหารด้วยกระบวนการออสโมติกแล้ว โครงการวิจัยนี้ยังต้องการศึกษาผลของวิธีการลดความชื้นต่อคุณภาพของผลไม้แช่แข็ง โดยเปรียบเทียบวิธีการแช่ผลไม้ในสารละลายออสโมติกกับวิธีการอบแห้งก่อนนำผลไม้ไปแช่แข็ง จากการศึกษาการอบแห้งลิ้นจี่ที่อุณหภูมิ 70°C ได้เส้นกราฟของการอบแห้งดัง Fig. 4.4 ในช่วงแรกของการอบแห้งความชื้นของเนื้อลิ้นจี่จะลดลงอย่างรวดเร็วจนถึงนาที่ที่ 500 (ภายหลังชั่วโมงที่ 8) ความชื้นของลิ้นจี่จะลดลงอย่างช้าๆ จากการทดลองที่ 2 ลิ้นจี่ที่ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดีที่สุดคือลิ้นจี่ที่มีปริมาณความชื้นประมาณ 75% จึงใช้ระดับความชื้นนี้ในการกำหนดเวลาอบแห้งของลิ้นจี่ซึ่งเท่ากับ 110 นาที หรือ 1 ชั่วโมง 50 นาที ดัง Fig. 4.4 สำหรับศึกษาเปรียบเทียบกับวิธีการลดความชื้นโดยการแช่ในสารละลายออสโมติก

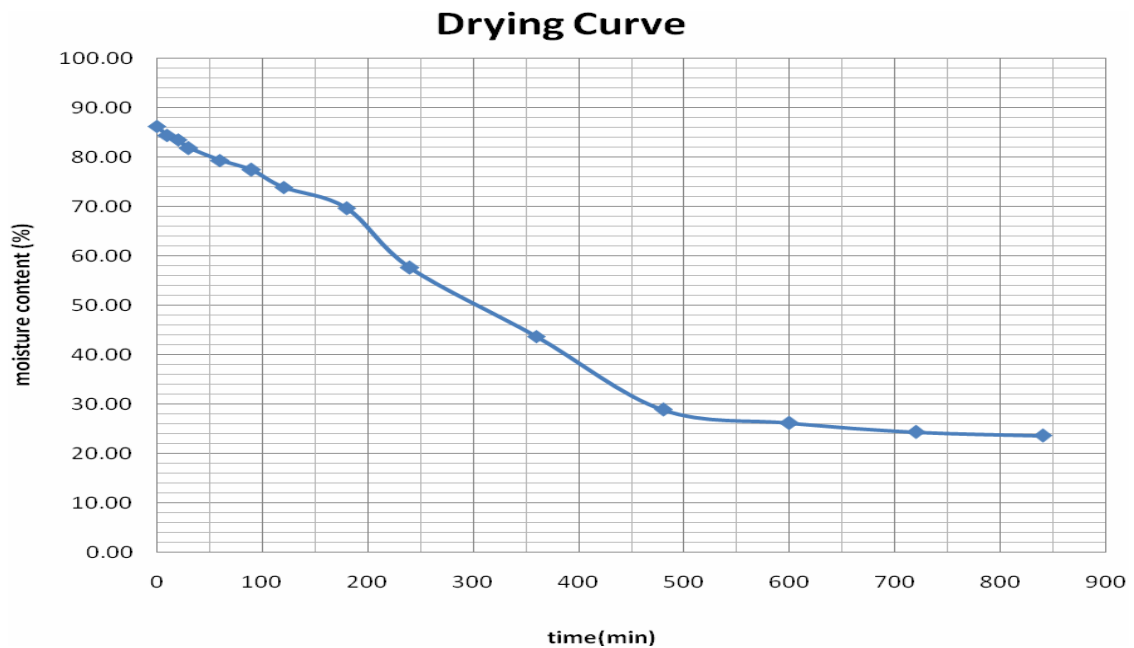


Figure 4.4: Moisture content in lychee during hot air drying at 70°C

4. การเปรียบเทียบคุณภาพของเนื้อลิ้นจี่แช่แข็งที่ผ่านการดองน้ำออกบางส่วนด้วยการออสโมซิสและการอบแห้ง

การศึกษาผลของวิธีการลดความชื้นต่อคุณภาพของลิ้นจี่แช่แข็งได้ผลการทดลองดังนี้

4.1 ปริมาณของเหลวที่ไหลออกจากผลิตภัณฑ์ภายหลังการละลายน้ำแข็ง และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ ของลิ้นจี่ที่ผ่านการลดความชื้นโดยการออสโมซิสและการอบแห้งแสดงดัง Table 4.9 ปริมาณของเหลวที่ไหลออกจากเนื้อลิ้นจี่ที่ผ่านการลดความชื้นทั้ง 2 วิธีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีค่าน้อยกว่าลิ้นจี่ชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังได้กล่าวมาแล้วก่อนหน้านี้ Maestrelli et al. (2001) ได้รายงานว่าการออสโมซิสก่อนการแช่แข็งไม่ได้ช่วยให้การสูญเสียของเหลวใน muskmelon แตกต่างจากชุดควบคุม ส่วนการอบแห้งก่อนแช่แข็งจะลดการสูญเสียของเหลวได้ เช่นเดียวกับการทดลองของ Ramallo and Mascheroni (2010) ที่ศึกษากับขึ้นสับปะรดและพบว่าการอบแห้งสับปะรดก่อนการแช่แข็งช่วยลดการสูญเสียของเหลวได้อย่างมีนัยสำคัญ

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ของลิ้นจี่ที่ผ่านการอบแห้งมีปริมาณน้อยกว่าลิ้นจี่ที่ผ่านการออสโมซิส ($p < 0.05$) เนื่องมาจากการแช่ในสารละลายทำให้ตัวถูกละลายซึมเข้าไปในเนื้อลิ้นจี่ทำให้มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้เพิ่มขึ้น (Blanda et al., 2009) ส่วนการอบแห้งทำให้น้ำระเหยออกจากผลไม้ทำให้ตัวถูกละลายที่เหลืออยู่มีความเข้มข้นมากขึ้น

Table 4.9 Drip loss and total soluble solids of thawed samples from osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen lychee

สิ่งทดลอง	ปริมาณของเหลวที่ไหลออกจาก ผลิตภัณฑ์หลังการละลายน้ำแข็ง (%)	ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ ละลายได้ (°Brix)
ลิ้นจี่ชุดควบคุม	50.93b	18.07a
ลิ้นจี่ที่ผ่านการออสโมซิส	19.79a	24.42c
ลิ้นจี่ที่ผ่านการอบแห้ง	18.88a	21.49b

a,b,c ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันหมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4.2 ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ ลิ้นจี่ที่ผ่านการอบแห้งก่อนแช่แข็งมีปริมาณกรดที่ไตเตรทได้มากกว่าลิ้นจี่ที่ผ่านการออสโมซิสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดัง Table 4.10 เนื่องจากการอบแห้งทำให้ปริมาณน้ำระเหยออกจากเนื้อลิ้นจี่แต่กรดไม่เกิดการสูญเสียจึงทำให้มีปริมาณกรดที่ไตเตรทได้สูงกว่าสิ่งทดลองอื่น ส่วนการแช่ในสารละลายออสโมซิสทำให้เกิดการแพร่ของกรดเข้าไปในเนื้อลิ้นจี่

Table 4.10 Titratable acidity of thawed samples from osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen lychee

สิ่งทดลอง	ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (%)
ลิ้นจี่ชุดควบคุม	0.09a
ลิ้นจี่ที่ผ่านการออสโมซิส	0.11a
ลิ้นจี่ที่ผ่านการอบแห้ง	0.16b

a,b ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันหมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4.3 ค่าสีของเนื้อลิ้นจี่ จาก Table 4.11 ลิ้นจี่ที่ผ่านการออสโมซิสและการอบแห้งก่อนการแช่แข็งมีค่า L^* และ a^* ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) แต่มีค่า a^* มากกว่าลิ้นจี่ชุดควบคุม ส่วนค่า b^* ของลิ้นจี่หลังละลายน้ำแข็งพบว่าลิ้นจี่ที่ผ่านการอบแห้งก่อนแช่แข็งมีความเป็นสีเหลืองน้อยกว่าลิ้นจี่ที่ผ่านการออสโมซิส ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Talens et al. (2002) ที่ระบุว่า การแช่แข็งและละลายน้ำแข็งมีผลต่อค่าสีน้อยมาก โดยทำให้มีสีสว่างขึ้นเล็กน้อย

Table 4.11 L^* , a^* and b^* values of thawed samples from osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen lychee

สิ่งทดลอง	L^*	a^*	b^*
ลิ้นจี่ชุดควบคุม	56.16ns	-0.46a	12.85a
ลิ้นจี่ที่ผ่านการออสโมซิส	58.07	-2.59b	19.92c
ลิ้นจี่ที่ผ่านการอบแห้ง	54.36	-2.41b	16.10b

a,b,c ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันหมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

4.4 ความแน่นเนื้อหลังละลายน้ำแข็งของลิ้นจี่ทุกสิ่งทดลองมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ดัง Table 4.12 Marani et al. (2007) รายงานว่าการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของผลไม้ที่ผ่านการลดความชื้นโดยการออสโมซิสก่อนและหลังการแช่แข็ง ขึ้นกับชนิดของผลไม้ และสารละลายออสโมซิส ส่วนผลของวิธีการลดความชื้นซึ่งศึกษาโดย Ramallo and Mascheroni (2010) โดยศึกษาการลดความชื้นขั้นสับปะรดโดยการอบแห้งเปรียบเทียบกับวิธีการออสโมซิสก่อนการแช่แข็ง พบว่าการอบแห้งทำให้สับปะรดก่อนแช่แข็งมีความแน่นเนื้อสูงกว่าสับปะรดสดและสับปะรดที่ผ่านการออสโมซิส และเมื่อละลายน้ำแข็งแล้วสับปะรด ที่ผ่านการอบแห้งยังคงมีความแน่นเนื้อสูงกว่าสับปะรดที่ไม่ผ่านการลดความชื้น ในขณะที่การออสโมซิสไม่ได้ปรับปรุงความแน่นเนื้อเมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม

Table 4.12 Firmness of thawed samples from osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen lychee

สิ่งทดลอง	ความแน่นเนื้อ (N)
ลิ้นจี่ชุดควบคุม	1.96ns
ลิ้นจี่ที่ผ่านการออสโมซิส	1.82
ลิ้นจี่ที่ผ่านการอบแห้ง	1.87

ns หมายถึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

4.5 การประเมินทางประสาทสัมผัส คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสของเนื้อลิ้นจี่หลังละลายน้ำแข็งที่เตรียมจากเนื้อลิ้นจี่ที่ผ่านการออสโมซิสและการอบแห้งแสดงดัง Table 4.13 คะแนนการยอมรับทางด้านสี ลักษณะปรากฏและลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อลิ้นจี่ทุกสิ่งทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) คะแนนความชอบทางด้านกลิ่นของลิ้นจี่ที่ผ่านการอบแห้งมีคะแนนสูงกว่าลิ้นจี่ชุดควบคุมและลิ้นจี่ที่ผ่านการออสโมซิส ลิ้นจี่ที่ผ่านการออสโมซิสมีคะแนนความชอบทางด้านรสชาติและความชอบโดยรวมอยู่ในระดับชอบปานกลาง ซึ่งสูงกว่าลิ้นจี่ชุดควบคุมและลิ้นจี่ที่ผ่านการอบแห้งอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

5. การเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของลิ้นจี่แช่แข็งระหว่างการเก็บรักษา

จากการทดลองที่ 4 นำตัวอย่างลิ้นจี่แช่แข็งชุดควบคุม ลิ้นจี่แช่แข็งที่ผ่านการออสโมซิส และลิ้นจี่แช่แข็งที่ผ่านการอบแห้งก่อนการแช่แข็งมาศึกษาการเปลี่ยนแปลงเมื่อเก็บเป็นระยะเวลาต่างๆ กันนาน 6 เดือน โดยสุ่มตัวอย่างทุก 2 สัปดาห์ ได้ผลการทดลองดังนี้

5.1 ปริมาณของเหลวที่ไหลออกจากผลิตภัณฑ์ภายหลังการละลายน้ำแข็ง เมื่อเก็บลิ้นจี่แช่แข็งเป็นระยะเวลาต่างๆ กันแสดงดัง Table 4.14 และ Fig. 4.5 ลิ้นจี่ชุดควบคุมมีปริมาณของเหลวไหลออกจากลิ้นจี่หลังการละลายน้ำแข็งสูงที่สุด รองลงมาคือลิ้นจี่ที่ผ่านการออสโมซิส ส่วนลิ้นจี่ที่ผ่านการอบแห้งก่อนการแช่แข็ง มีปริมาณของเหลวสูญเสียวน้อยที่สุด ($p\leq 0.05$) นั่นคือ การดึงน้ำออกบางส่วนก่อนการแช่แข็งจะสามารถลดการสูญเสียของเหลวออกจากผลิตภัณฑ์หลังการละลายน้ำแข็งได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Lazarides et al. (1995) ที่ได้ศึกษาในแอปเปิ้ล ทั้งนี้เนื่องจากการดึงน้ำออกบางส่วนทำให้ในเนื้อผลไม้มีปริมาณน้ำที่จะเปลี่ยนเป็นผลึกน้ำแข็งน้อยลง ทำให้เนื้อเยื่อผลไม้ถูกทำลายเนื่องจากผลึกน้ำแข็งลดลง จึงมีการสูญเสียน้ำน้อยลง (Biswal et al., 1991) Ramallo and Mascheroni (2010) รายงานว่าสับปะรดที่ผ่านการลดความชื้นโดยการอบแห้งมีปริมาณ

ของเหลวที่สูญเสียน้อยกว่าตัวอย่างที่ผ่านการออสโมซิสก่อนการแช่แข็ง เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น พบว่าทุกตัวอย่างมีการสูญเสียของเหลวเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจเนื่องมาจากเนื้อเยื่อลึนจีได้รับความเสียหายจากผลึกน้ำแข็งระหว่างการเก็บรักษา ส่วน Maestrelli et al. (2001) พบว่า การสูญเสียของเหลวใน muskmelon หลังการละลายน้ำแข็งไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเก็บรักษานาน 4 เดือน

Table 4.13 Sensory evaluation test scores of thawed samples from osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen lychee

คุณลักษณะ	ลึนจีชุดควบคุม	ลึนจีที่ผ่านการออสโมซิส	ลึนจีที่ผ่านการอบแห้ง
สี	6.73ns	6.76ns	6.66ns
กลิ่น	6.45a	6.41a	6.85b
ลักษณะปรากฏ	6.73ns	6.58ns	6.21ns
ลักษณะเนื้อสัมผัส	6.19ns	6.23ns	6.63ns
รสชาติ	6.09a	7.01b	6.19a
ความชอบโดยรวม	6.51a	7.09b	6.56a

a,b ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันหมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

5.2 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ของลึนจีที่ผ่านการอบแห้งมีปริมาณน้อยกว่าลึนจีที่ผ่านการออสโมซิส ($p < 0.05$) ดัง Table 4.15 และ Fig. 4.6 ลึนจีที่ผ่านการดึ่งน้ำออกบางส่วนก่อนการแช่แข็ง มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้มากกว่าลึนจีชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เนื่องมาจากการแช่ในสารละลายออสโมซิสทำให้น้ำแพร่ออกจากลึนจี ในขณะที่ตัวถูกละลายก็แพร่เข้าไปในเนื้อลึนจี ทำให้มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้มากกว่า ส่วนการอบแห้งทำให้น้ำระเหยออกจากลึนจีเท่านั้น ไม่มีการแพร่ของสารเข้าไปในเนื้อลึนจี นอกจากนี้ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ของลึนจีมีค่าแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย โดยมีแนวโน้มที่จะลดลงตามระยะเวลาเก็บรักษา

5.3 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ลึนจีที่ผ่านการดึ่งน้ำออกบางส่วนก่อนการแช่แข็งมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้มากกว่าลึนจีแช่แข็งชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดัง Table 4.16 และ Fig. 4.7 Dermesonlouoglou et al. (2007) รายงานว่าการเก็บรักษามะเขือเทศแช่แข็งที่ -12 และ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 เดือน ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็ง ค่าวอเตอร์แอคติวิตี และ pH อย่างมีนัยสำคัญ

Table 4.14 Drip loss of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen lychee during storage

เวลา (สัปดาห์)	ปริมาณของเหลวที่ไหลออกจากผลิตภัณฑ์ภายหลังการละลายน้ำแข็ง (%)			
	ลิ้นจี่แช่แข็งชุบคลุม	ลิ้นจี่ที่ผ่านการออสโมซิส	ลิ้นจี่ที่ผ่านการอบแห้ง	ค่าเฉลี่ย
0	49.60	17.58	15.87	27.68 a
2	49.37	19.06	16.81	28.41 ab
4	51.52	18.80	17.34	29.99 abc
6	49.78	17.93	18.46	28.72 ab
8	52.67	18.63	16.09	29.13 abc
10	51.63	20.02	16.36	29.34 abc
12	53.03	20.32	17.41	30.25 bcd
14	53.66	20.39	16.37	30.14 bcd
16	53.72	19.77	17.08	30.19 bcd
18	53.16	20.45	16.63	30.08 bcd
20	54.75	21.94	18.02	31.57 d
22	53.87	20.45	16.78	30.07 bcd
24	54.01	21.27	17.54	30.94 cd
ค่าเฉลี่ย	52.3 C	19.74 B	16.98 A	

a,b,c,d ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันหมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

A,B,C ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันหมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

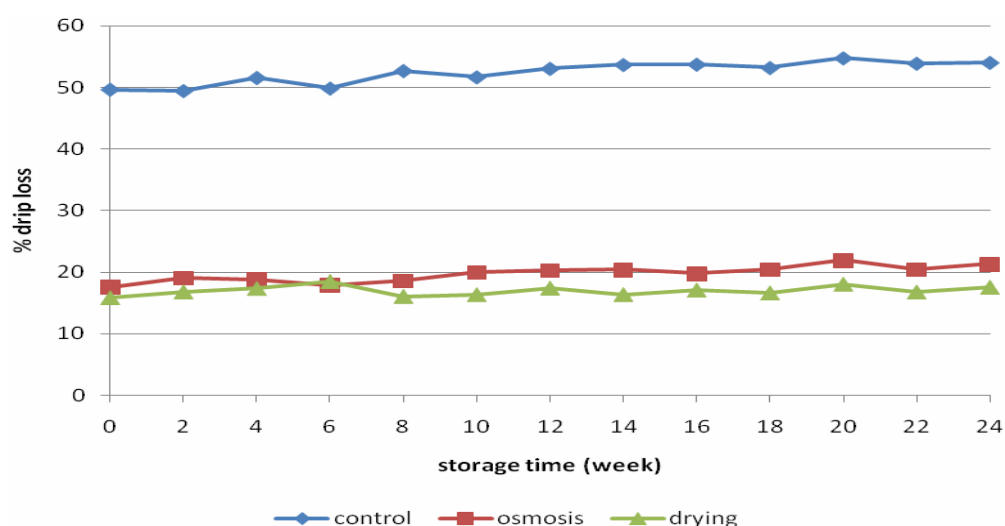


Figure 4.5: Drip loss of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen lychee during storage

Table 4.15 Total soluble solids of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen lychee during storage

เวลา (สัปดาห์)	ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (%)			
	ลิ้นจี่แช่แข็งชุดควบคุม	ลิ้นจี่ที่ผ่านการออสโมซิส	ลิ้นจี่ที่ผ่านการอบแห้ง	ค่าเฉลี่ย
0	12.53	25.21	21.62	19.79 e
2	12.41	25.65	21.07	19.71 de
4	12.11	25.2	21.01	19.44 cd
6	12.12	24.62	21.25	19.33 bc
8	11.73	24.73	20.66	19.04 ab
10	11.97	25.18	20.69	19.28 abc
12	11.72	25.31	20.47	19.17 abc
14	11.82	25.27	20.73	19.27 abc
16	12.12	25.18	20.25	19.18 abc
18	11.6	24.93	20.41	18.98 a
20	11.96	25.28	20.47	19.24 abc
22	11.8	25.8	20.07	19.22 abc
24	12.19	26.21	20.61	19.67 de
ค่าเฉลี่ย	12.01 A	25.27 C	20.72 B	

a,b,c,d,e ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันหมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

A,B,C ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันหมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

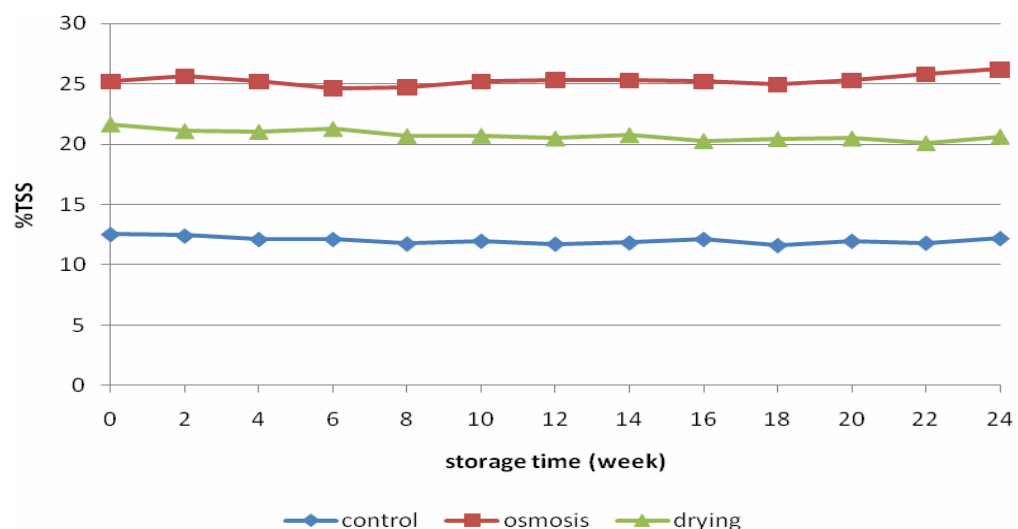


Figure 4.6: Total soluble solids of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen lychee during storage

Table 4.16 Titratable acidity of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen lychee during storage

เวลา (สัปดาห์)	ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้หลังการละลายน้ำแข็ง (%)			
	ลิ้นจี่แช่แข็งชุดควบคุม	ลิ้นจี่ที่ผ่านการออสโมซิส	ลิ้นจี่ที่ผ่านการอบแห้ง	ค่าเฉลี่ย
0	0.11	0.13	0.13	0.123 c
2	0.11	0.13	0.12	0.120 bc
4	0.10	0.14	0.11	0.117 ab
6	0.10	0.12	0.11	0.110 a
8	0.10	0.12	0.11	0.110 a
10	0.10	0.12	0.11	0.110 a
12	0.10	0.13	0.11	0.113 a
14	0.10	0.12	0.11	0.110 a
16	0.10	0.12	0.12	0.113 a
18	0.10	0.12	0.12	0.113 a
20	0.09	0.13	0.11	0.110 a
22	0.10	0.13	0.11	0.113 a
24	0.09	0.12	0.12	0.110 a
ค่าเฉลี่ย	0.10 A	0.13 C	0.11 B	

a,b ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันหมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

A,B,C ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันหมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

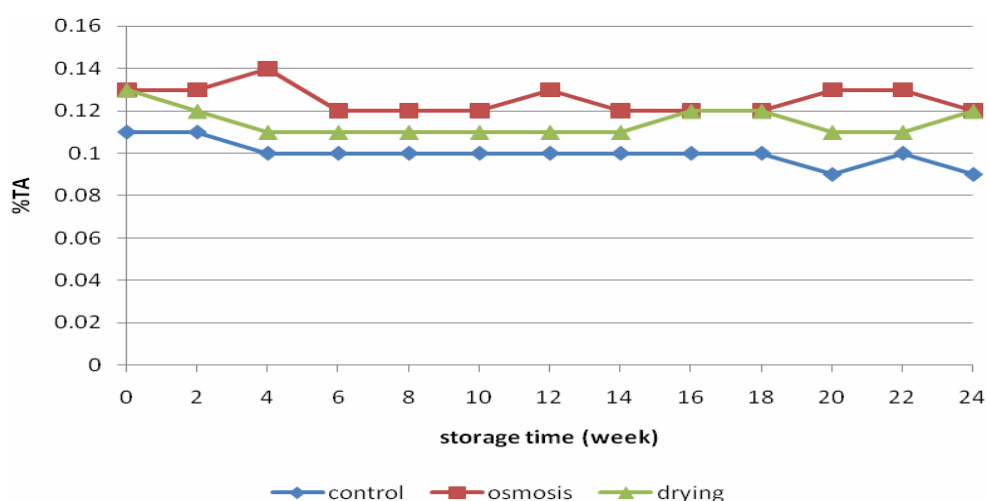


Figure 4.7: Titratable acidity of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen lychee during storage

5.4 ค่าสีของเนื้อลิ้นจี่ ค่าสี L^* , a^* และ b^* ของลิ้นจี่แช่แข็งชุดควบคุมและลิ้นจี่ที่ผ่านการดองน้ำออกบางส่วนก่อนแช่แข็งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ดัง Table 4.17-4.19 และ Fig. 4.8-4.10 และค่าสีไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 เดือน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Marani et al. (2007) และ Talens et al. (2002) ที่รายงานว่าสีของผลไม้ที่ผ่านและไม่ผ่านการออสโมซิสก่อนการแช่แข็ง มีค่าแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยเท่านั้น Dermesonlouoglou et al. (2007) รายงานว่าค่าสี a^* ของมะเขือเทศที่ผ่านการออสโมซิสมีค่าแตกต่างจากตัวอย่างควบคุม และค่าสี a^* ลดลงเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น

5.5 ความแน่นเนื้อหลังละลายน้ำแข็งของลิ้นจี่แสดงดัง Table 4.20 และ Fig. 4.11 ลิ้นจี่ชุดควบคุมและลิ้นจี่ที่ผ่านการอบแห้งก่อนการแช่แข็งมีความแน่นเนื้อไม่แตกต่างกัน และมีความมากกว่าลิ้นจี่ที่ผ่านการ ออสโมซิส ($p\leq 0.05$) Ramallo and Mascheroni (2010) ได้ศึกษาการลดความชื้นขั้นสับประรดโดยการอบแห้งเปรียบเทียบกับวิธีการออสโมซิสก่อนการแช่แข็ง พบว่า การอบแห้งทำให้สับประรดก่อนแช่แข็งมีความแน่นเนื้อสูงกว่าสับประรดสดและสับประรดที่ผ่านการออสโมซิส และเมื่อละลายน้ำแข็งแล้วสับประรดที่ผ่านการอบแห้งยังคงมีความแน่นเนื้อสูงกว่าสับประรดที่ไม่ผ่านการลดความชื้น ในขณะที่การออสโมซิสไม่ได้ช่วยปรับปรุงความแน่นเนื้อเมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม

เมื่อเก็บรักษาลิ้นจี่แช่แข็งเป็นระยะเวลา 6 เดือน ค่าความแน่นเนื้อของลิ้นจี่มีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Dermesonlouoglou et al. (2007) ที่ศึกษาการออสโมซิสก่อนการแช่แข็งมะเขือเทศ ส่วน Maestrelli et al. (2001) ซึ่งรายงานว่า ระยะเวลาการเก็บรักษาไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของ muskmelon อย่างมีนัยสำคัญ

5.6 การประเมินทางประสาทสัมผัส คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสของเนื้อลิ้นจี่หลังการละลายน้ำแข็งของลิ้นจี่ชุดควบคุมและลิ้นจี่ที่ผ่านการออสโมซิสและการอบแห้งแสดงดัง Table 4.21 และ Fig. 4.12 ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนการยอมรับทางด้านสีของลิ้นจี่ชุดควบคุมในระดับชอบเล็กน้อยใน 2 สัปดาห์แรกและมีค่าลดลงจนถึงระดับเฉยๆ เมื่อระยะเวลาเก็บรักษานานขึ้น ส่วนลิ้นจี่ที่ผ่านการลดความชื้นได้รับการยอมรับในระดับเฉยๆ และลดลงจนถึงไม่ค่อยชอบเมื่อเก็บเป็นเวลา 6 เดือน ทั้งนี้เนื่องจากลิ้นจี่มีสีคล้ำลงเล็กน้อยและขาดความมันวาว คะแนนความชอบทางด้านกลิ่นของลิ้นจี่แช่แข็งแสดงดัง Table 4.22 และ Fig. 4.13 ลิ้นจี่ชุดควบคุมมีคะแนนความชอบด้านกลิ่นที่เวลา 0-4 สัปดาห์ อยู่ในระดับชอบเล็กน้อย หลังจากนั้นผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบในระดับไม่ค่อยชอบ ส่วนลิ้นจี่ที่ผ่านการดองน้ำออกก่อนแช่แข็งมีคะแนนความชอบในระดับเฉยๆ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา นั่นคือ การดองน้ำออกก่อนแช่แข็งจะช่วยรักษากลิ่นของลิ้นจี่ได้ดีกว่าลิ้นจี่ชุดควบคุม Talens et al. (2003) รายงานว่าสารที่ระเหยได้ในกีวีชุดควบคุมและที่ผ่านการแช่ในสารละลาย ออสโมซิสมีค่าแตกต่างกันเล็กน้อยเท่านั้น

Table 4.17 L* value of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen lychee during storage

เวลา (สัปดาห์)	ค่าสี L*			
	ลิ้นจี่แช่แข็งหุดควบคุม	ลิ้นจี่ที่ผ่านการออสโมซิส	ลิ้นจี่ที่ผ่านการอบแห้ง	ค่าเฉลี่ย
0	57.4	58.79	55.38	57.19 ns
2	57.84	59.53	57.38	58.25
4	60.13	59.59	57.73	59.15
6	53.89	57.53	53.74	55.05
8	57.16	57.24	55.1	56.50
10	57.01	57.62	56.15	56.93
12	57.1	58.1	56.23	57.14
14	57.51	57.12	59.9	58.18
16	57.07	58.6	58.03	57.90
18	57.53	58.33	57.17	57.68
20	56.03	58.48	57.94	57.48
22	56.68	57.81	56.76	57.08
24	56.86	58.22	56.72	57.27
ค่าเฉลี่ย	57.09 ns	58.23	56.79	

ns หมายถึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

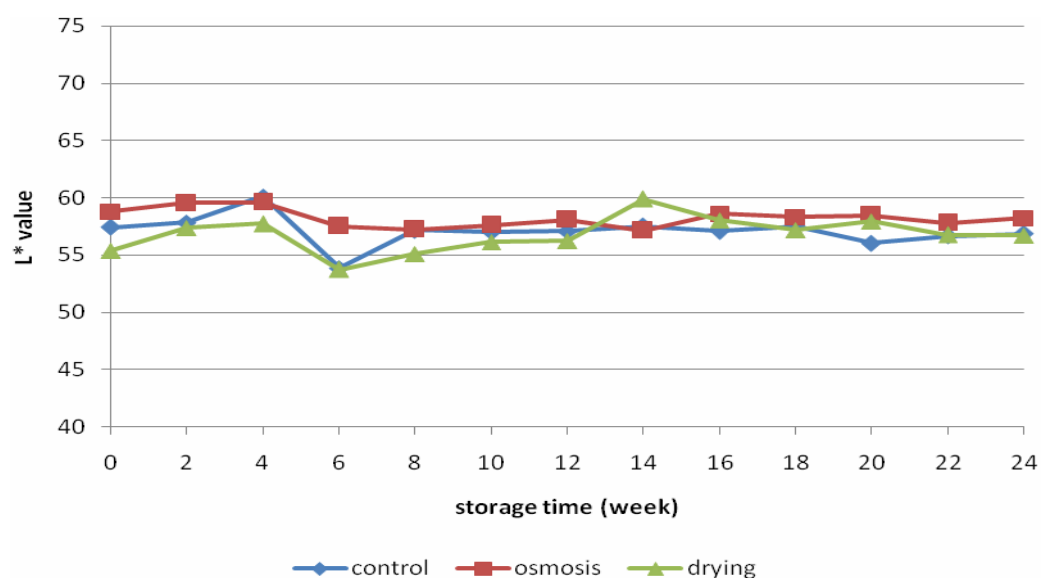


Figure 4.8: L* value of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen lychee during storage

Table 4.18 a* value of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen lychee during storage

เวลา (สัปดาห์)	ค่าสี a*			
	ลิ้นจี่แช่แข็งชุดควบคุม	ลิ้นจี่ที่ผ่านการออสโมซิส	ลิ้นจี่ที่ผ่านการอบแห้ง	ค่าเฉลี่ย
0	-2.1	-1.47	-1.99	-1.85 ns
2	-2.06	-1.57	-2.08	-1.90
4	-2.41	-1.4	-1.86	-1.89
6	-2.4	-1.35	-2.32	-2.02
8	-2.1	-1.32	-2.28	-1.90
10	-2.1	-1.24	-2.21	-1.85
12	-1.9	-1.28	-2.13	-1.77
14	-1.65	-1.39	-2.19	-1.74
16	-1.31	-1.3	-1.64	-1.42
18	-1.55	-1.39	-1.61	-1.52
20	-1.62	-1.21	-1.66	-1.50
22	-1.68	-1.23	-1.59	-1.50
24	-1.43	-1.35	-1.64	-1.47
ค่าเฉลี่ย	-1.87 ns	-1.35	-1.94	

ns หมายถึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

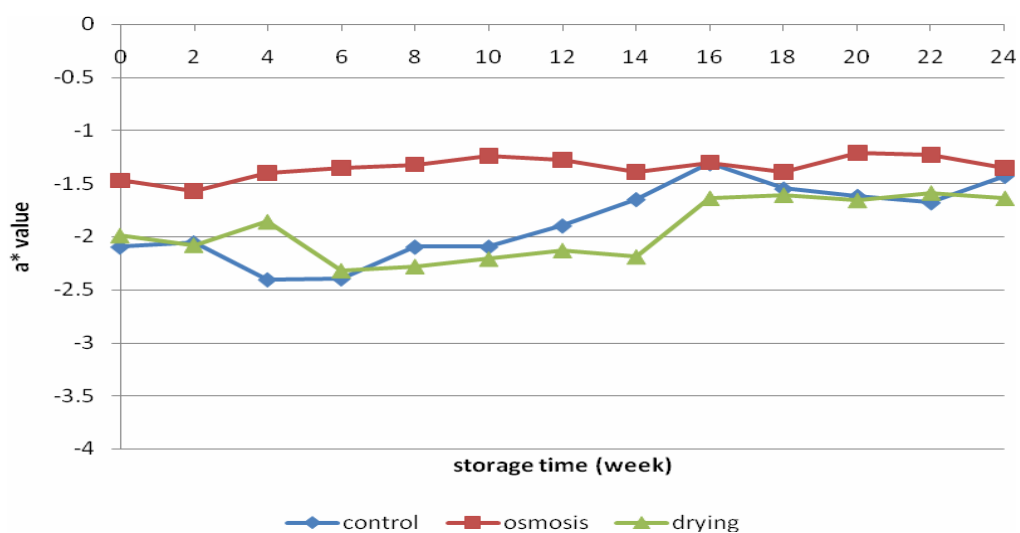


Figure 4.9: a* value of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen lychee during storage

Table 4.19 b* value of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen lychee during storage

เวลา (สัปดาห์)	ค่าสี b*			
	ลิ้นจี่แช่แข็งหตุควบคุม	ลิ้นจี่ที่ผ่านการออสโมซิส	ลิ้นจี่ที่ผ่านการอบแห้ง	ค่าเฉลี่ย
0	17.20	17.15	15.67	16.67 ns
2	17.49	17.88	15.59	16.99
4	16.91	18.02	14.70	16.54
6	17.61	17.51	15.96	17.03
8	17.65	17.55	15.97	17.06
10	17.54	17.50	15.93	16.99
12	18.10	18.10	16.46	17.55
14	18.12	18.00	16.65	17.59
16	18.00	17.98	16.54	17.51
18	17.75	17.62	16.56	17.31
20	17.55	18.11	16.98	17.55
22	17.26	18.14	16.55	17.32
24	17.49	18.02	16.33	17.28
ค่าเฉลี่ย	17.59 ns	17.81	16.15	

ns หมายถึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

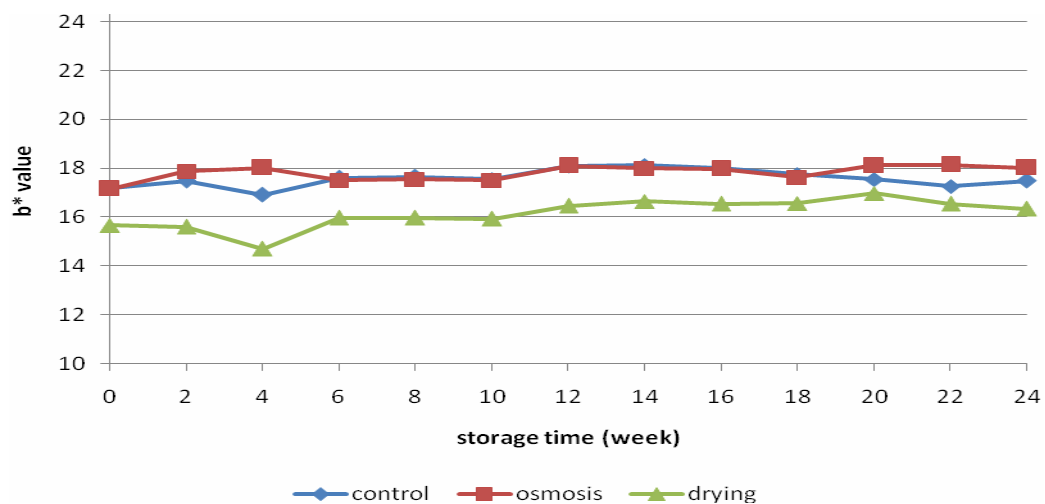


Figure 4.10: b* value of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen lychee during storage

Table 4.20 Firmness of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen lychee during storage

เวลา (สัปดาห์)	ความแน่นเนื้อหลังละลายน้ำแข็ง (N)			
	ลิ้นจี่แช่แข็งชุดควบคุม	ลิ้นจี่ที่ผ่านการออสโมซิส	ลิ้นจี่ที่ผ่านการอบแห้ง	ค่าเฉลี่ย
0	1.96	1.80	1.91	1.89 abc
2	2.11	1.78	1.89	1.93 abc
4	2.07	1.84	1.95	1.95 abc
6	2.06	1.82	1.92	1.93 abc
8	2.05	1.77	1.87	1.90 abc
10	1.92	1.83	1.87	1.87 ab
12	2.09	1.84	1.96	1.96 abc
14	2.18	1.95	2.40	2.18 d
16	1.95	1.89	2.18	2.01 bc
18	1.91	1.86	2.30	2.02 bc
20	2.04	1.88	1.95	1.96 abc
22	2.31	1.79	1.99	2.03 c
24	1.93	1.70	1.85	1.83 a
ค่าเฉลี่ย	2.04 B	1.83 A	2.00 B	

a,b,c,d ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันหมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

A,B,C ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันหมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

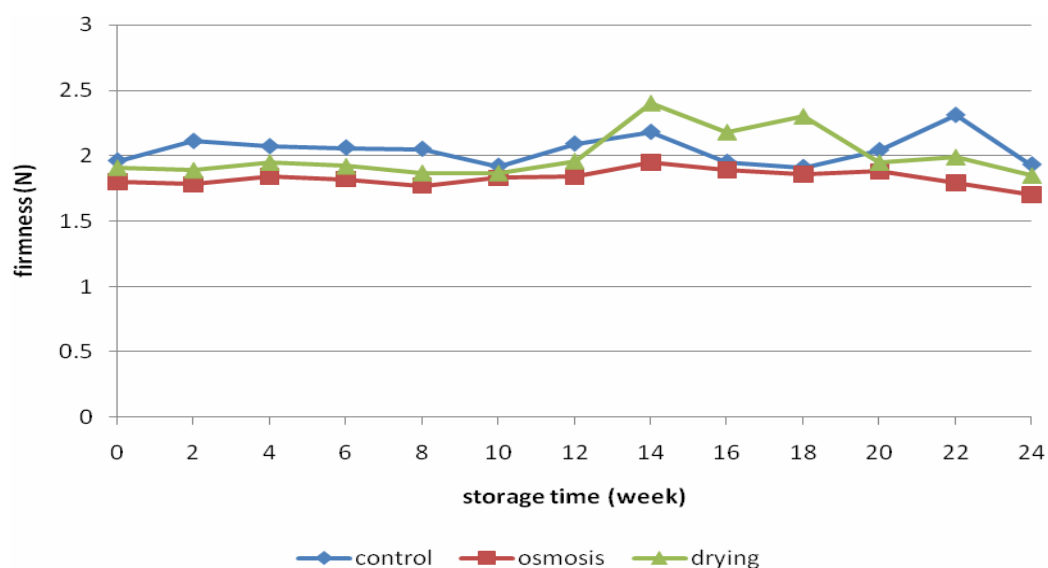


Figure 4.11: Firmness of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen lychee during storage

Table 4.21 Color-liking score of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen lychee during storage

เวลา (สัปดาห์)	คะแนนความชอบด้านสี		
	ลิ้นจี่แช่แข็งชุดควบคุม	ลิ้นจี่ที่ผ่านออสโมซิส	ลิ้นจี่ที่ผ่านการอบแห้ง
0	6.21	5.14	5.14
2	6.13	5.06	5.11
4	5.49	5.00	4.93
6	5.73	4.67	4.79
8	5.31	5.88	5.47
10	4.89	3.84	4.03
12	4.60	3.53	3.77
14	4.86	4.40	4.24
16	4.84	4.42	4.28
18	4.90	4.64	4.42
20	5.20	5.66	5.02
22	4.86	3.90	4.06
24	5.38	4.48	4.68

Table 4.22 Flavor-liking score of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen lychee during storage

เวลา (สัปดาห์)	คะแนนความชอบด้านกลิ่น		
	ลิ้นจี่แช่แข็งชุดควบคุม	ลิ้นจี่ที่ผ่านออสโมซิส	ลิ้นจี่ที่ผ่านการอบแห้ง
0	6.23	5.21	5.39
2	6.11	5.27	5.37
4	6.07	5.51	5.44
6	5.25	5.66	5.35
8	4.81	5.61	5.48
10	4.54	5.58	5.25
12	4.62	5.67	5.35
14	5.08	5.58	5.34
16	5.06	5.76	5.30
18	4.96	5.68	5.22
20	4.96	5.54	5.20
22	4.40	5.46	5.12
24	4.88	5.60	5.52

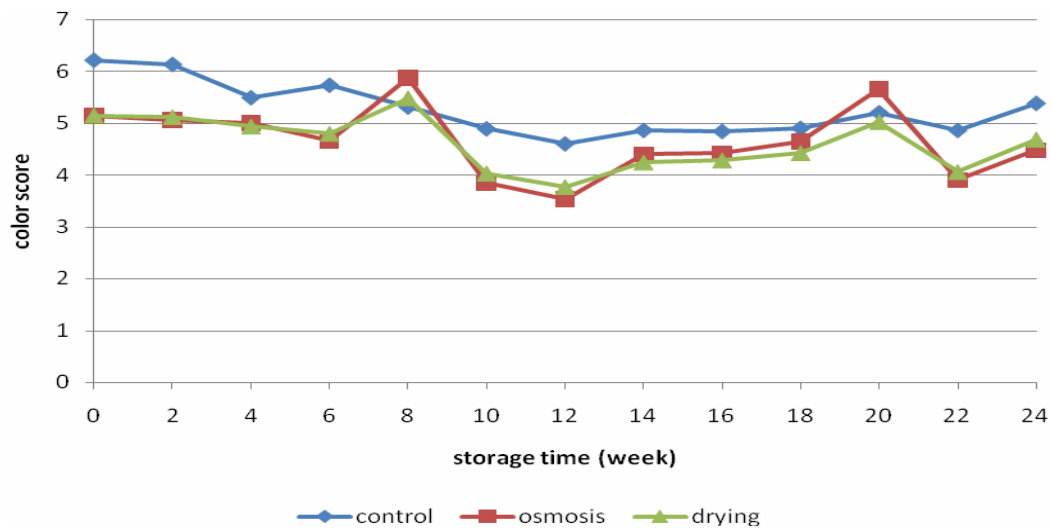


Figure 4.12: Color-liking score of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen lychee during storage

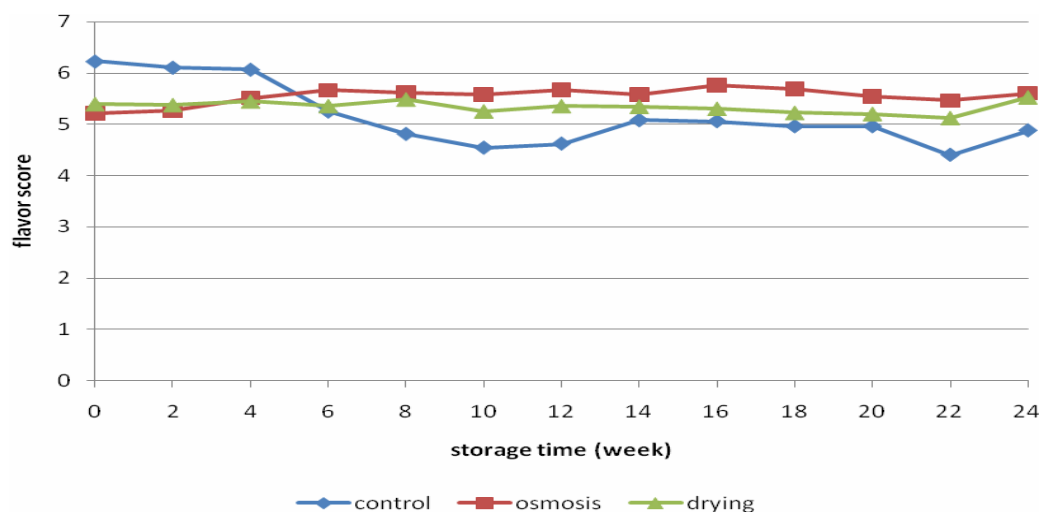


Figure 4.13: Flavor-liking score of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen lychee during storage

ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนการยอมรับด้านลักษณะปรากฏของเนื้อลิ้นจี่ชุดควบคุมในระดับชอบเล็กน้อย และมีคะแนนมากกว่าลิ้นจี่ที่ผ่านการดองน้ำออกก่อนการแช่แข็ง ดัง Table 4.23 และ Fig. 4.14 เนื่องจากลิ้นจี่ที่ผ่านการดองน้ำออกจะหดตัวและแบนกว่าลิ้นจี่ชุดควบคุมและแตกต่างจากลิ้นจี่สดมาก เนื่องจากเกิดการสูญเสียของเหลวออกจากลิ้นจี่ ทำให้มีลักษณะปรากฏไม่เป็นที่ยอมรับ และเมื่อเก็บรักษานานขึ้น ลิ้นจี่ชุดควบคุมมีการลดลงของคะแนนมากกว่าลิ้นจี่ที่ผ่านการลดความชื้น คะแนนความชอบของลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อลิ้นจี่ทุกสิ่งทดลองไม่มีความแตกต่างกันใน 2 สัปดาห์แรก และอยู่ในระดับความชอบเฉยๆ ดัง Table 4.24 และ Fig. 4.15 และเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 เดือน พบว่า ลิ้นจี่ชุดควบคุมมีความชอบระดับเฉยๆ ส่วนลิ้นจี่ที่ผ่าน

การลดความชื้นก่อนแช่แข็งมีคะแนนความชอบอยู่ในระดับไม่ค่อยชอบ คะแนนความชอบทางด้านรสชาติของลิ้นจี่ที่ผ่านการเติมน้ำออกก่อนแช่แข็งอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย ส่วนลิ้นจี่ชุดควบคุมมีความชอบในระดับเฉยๆ ดัง Table 4.25 และ Fig. 4.16 และเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น คะแนนความชอบด้านรสชาติของลิ้นจี่ที่ผ่านการลดความชื้นไม่มีการเปลี่ยนแปลง ส่วนลิ้นจี่ชุดควบคุมมีคะแนนความชอบลดลงจากระดับเฉยๆ เป็นไม่ค่อยชอบ คะแนนความชอบโดยรวมของลิ้นจี่ที่ผ่านการออสโมซิสอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย ส่วนลิ้นจี่อีก 2 สิ่งทดลองมีความชอบในระดับเฉยๆ ดัง Table 4.26 และ Fig. 4.17 นั่นคือ ผู้บริโภคพิจารณารสชาติของผลิตภัณฑ์เป็นอันดับแรกในการตัดสินใจชอบหรือไม่ชอบผลิตภัณฑ์ และคะแนนการยอมรับไม่เปลี่ยนแปลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา

Table 4.23 Appearance-liking score of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen lychee during storage

เวลา (สัปดาห์)	คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ		
	ลิ้นจี่แช่แข็งชุดควบคุม	ลิ้นจี่ที่ผ่านออสโมซิส	ลิ้นจี่ที่ผ่านการอบแห้ง
0	6.58	4.85	5.31
2	6.25	4.87	5.24
4	6.28	4.74	5.17
6	6.04	4.34	4.61
8	5.86	4.20	4.46
10	5.65	4.03	4.10
12	5.43	4.24	4.24
14	5.28	4.66	4.34
16	5.28	4.6	4.28
18	5.32	4.5	4.36
20	6.06	4.22	4.52
22	5.74	4.20	4.16
24	5.94	4.02	4.56

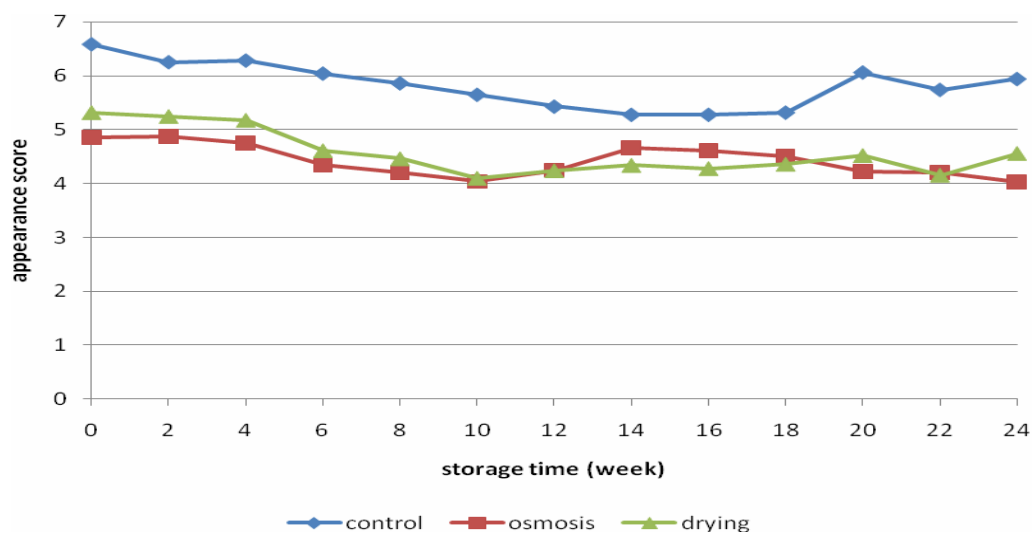


Figure 4.14: Appearance-liking score of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen lychee during storage

Table 4.24 Firmness-liking score of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen lychee during storage

เวลา (สัปดาห์)	คะแนนความชอบด้านลักษณะเนื้อสัมผัส		
	ลิ้นจี่แช่แข็งชุดควบคุม	ลิ้นจี่ที่ผ่านออสโมซิส	ลิ้นจี่ที่ผ่านการอบแห้ง
0	5.83	5.59	5.51
2	5.58	5.42	5.40
4	5.49	5.00	4.93
6	5.35	4.80	4.77
8	5.36	4.73	4.62
10	5.01	4.37	4.34
12	5.08	4.41	4.45
14	5.04	4.5	4.44
16	4.94	4.5	4.38
18	4.92	4.48	4.36
20	5.32	4.84	4.92
22	4.96	4.2	4.28
24	5.42	4.66	4.84

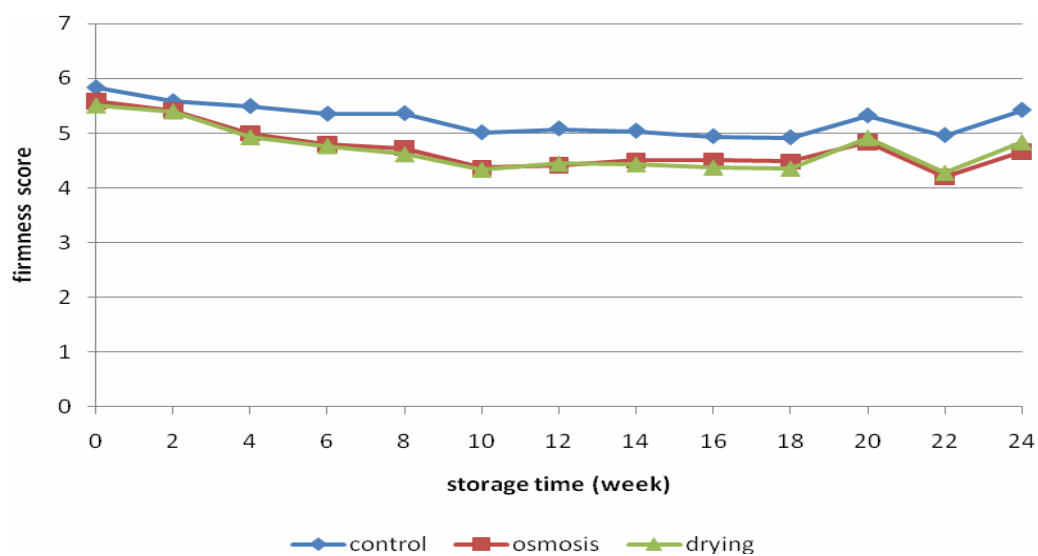


Figure 4.15: Firmness-liking score of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen lychee during storage

Table 4.25 Taste-liking score of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen lychee during storage

เวลา (สัปดาห์)	คะแนนความชอบด้านรสชาติ		
	ลิ้นจี่แช่แข็งหตุควบคุม	ลิ้นจี่ที่ผ่านออสโมซิส	ลิ้นจี่ที่ผ่านการอบแห้ง
0	5.41	6.00	5.80
2	5.38	5.84	5.61
4	5.02	6.21	5.82
6	4.90	6.22	5.98
8	4.73	6.28	5.83
10	4.37	6.07	5.79
12	4.45	6.23	5.86
14	5.00	6.14	5.82
16	4.74	6.16	5.72
18	4.68	6.22	5.76
20	4.96	6.44	6.06
22	4.50	5.94	5.86
24	5.10	6.34	5.86

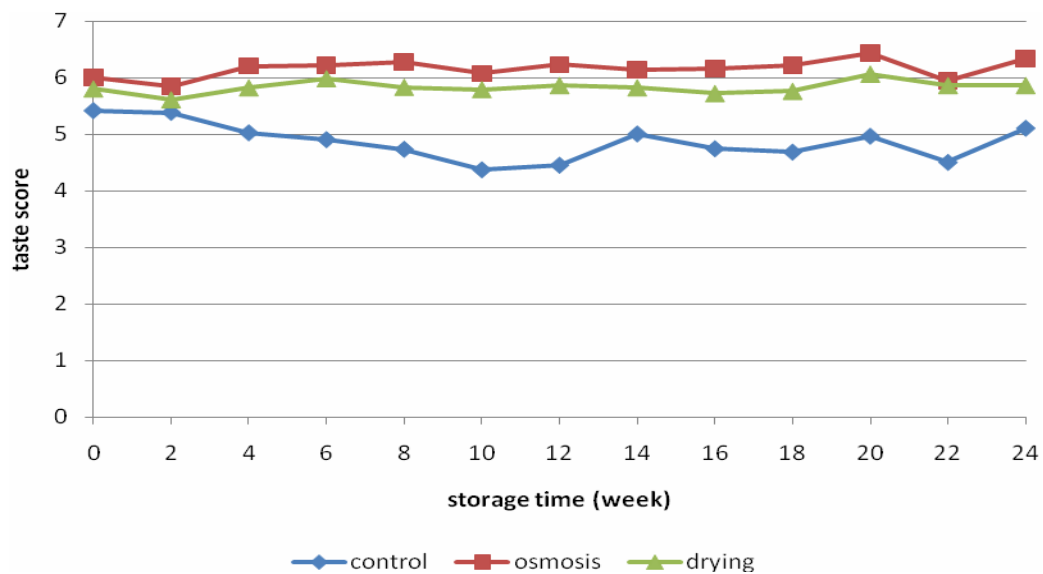


Figure 4.16: Taste-liking score of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen lychee during storage

Table 4.26 Overall-liking score of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen lychee during storage

เวลา (สัปดาห์)	คะแนนความชอบโดยรวม		
	ลิ้นจี่แช่แข็งชุดควบคุม	ลิ้นจี่ที่ผ่านออสโมซิส	ลิ้นจี่ที่ผ่านการอบแห้ง
0	5.86	6.15	5.86
2	5.75	5.93	5.72
4	5.37	6.01	5.51
6	5.27	5.93	5.44
8	5.31	5.88	5.47
10	5.35	5.94	5.57
12	5.25	6.07	5.79
14	5.42	6.14	5.78
16	5.36	6.24	5.88
18	5.32	6.18	5.90
20	5.26	5.86	5.22
22	5.44	5.90	5.52
24	5.24	5.86	5.38

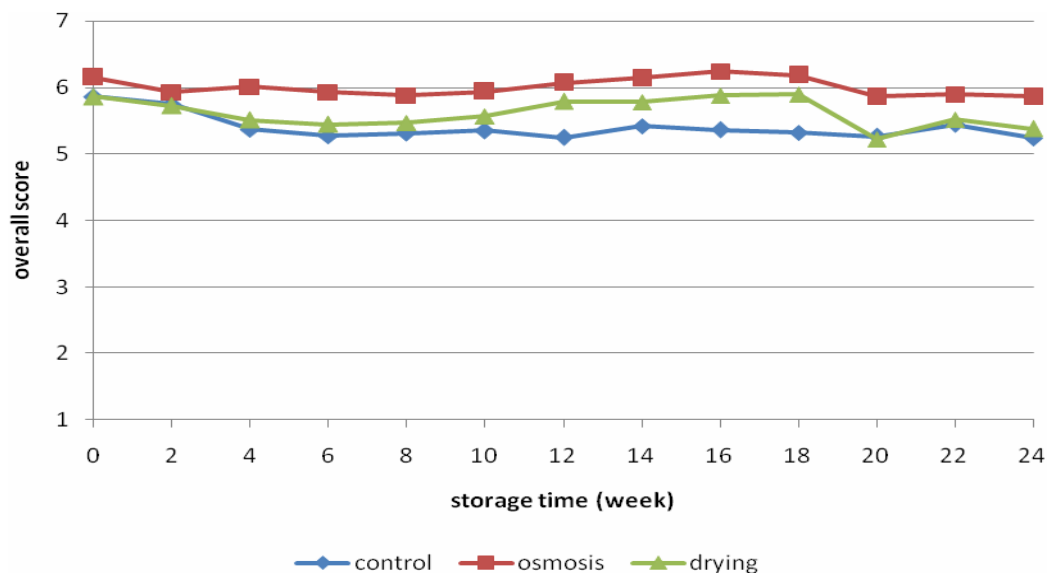


Figure 4.17: Overall-liking score of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen lychee during storage

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า ผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ลิ้นจี่แช่แข็งที่ผ่านการออสโมซิส (มีคะแนนการยอมรับมากกว่า 6 คะแนน) แต่คะแนนที่ได้ก็ยังไม่สูง อาจเนื่องจากผู้บริโภคคุ้นเคยกับลิ้นจี่สด และสามารถหารับประทานสดได้หรือรับประทานลิ้นจี่ในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋อง ซึ่งจะมีลักษณะปรากฏ รสชาติ และความแน่นเนื้อดีกว่าลิ้นจี่แช่แข็ง หากปรับเปลี่ยนวิธีการบริโภคโดยบริโภคลิ้นจี่แช่แข็งในลักษณะเดียวกับการรับประทานไอศกรีม จะช่วยให้การไม่ยอมรับด้านลักษณะเนื้อสัมผัสและลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์หมดไป นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์แช่แข็งดังกล่าวเหมาะที่จะใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์อื่น เช่น ผสมในโยเกิร์ต เป็นต้น

มะม่วง

1. การศึกษาการดึงน้ำออกจากเนื้อมะม่วงบางส่วนโดยแช่ในสารละลายออสโมติก

การเปลี่ยนแปลงของสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของมะม่วงหั่นขนาด 1*1*1 cm³ แช่ในสารละลายออสโมติกเป็นระยะเวลาต่างๆ กัน มีผลการทดลองดังนี้

1.1 การสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณความชื้น และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ของเนื้อมะม่วงเมื่อแช่ในสารละลายออสโมติกเป็นระยะเวลาต่างๆ กันแสดงดัง Table 4.27 กระบวนการออสโมติกมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพของเนื้อมะม่วงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยทำให้น้ำหนักโดยรวมลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 2 ชั่วโมงแรก ดัง Fig. 4.18 จากนั้นอัตราการลดลงจะช้าลง และเริ่มคงที่ในที่สุด ในขณะที่ปริมาณความชื้นลดลงในอัตราที่คงที่ในช่วง 4 ชั่วโมงแรก ดัง Fig. 4.19 หลังจากนั้นอัตราการลดลงของความชื้นจะลดลงและมีแนวโน้มคงที่ในที่สุด เช่นเดียวกับการเพิ่มขึ้นของปริมาณของแข็งทั้งหมดในเนื้อมะม่วง ดัง Fig. 4.20 ส่วนปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วใน 2 ชั่วโมงแรก หลังจากนั้นจะเพิ่มขึ้นในอัตราที่ช้าลงและเริ่มคงที่ในชั่วโมงที่ 6 ทั้งนี้เนื่องมาจากเกิดการเคลื่อนที่ของน้ำออกจากอาหารมายังสารละลายออสโมซิส

และเกิดการแพร่ของตัวถูกละลายในสารละลายออสโมติกเข้าไปยังอาหาร (Blanda et al., 2009) เช่นเดียวกับการนี้ของลิ้นจี่ และสอดคล้องกับงานวิจัยอื่นที่ได้กล่าวถึงแล้ว

Table 4.27 Weight loss, moisture content, solid content and total soluble solids in mango during osmotic dehydration

เวลาแช่ในสารละลาย ออสโมติก (ชั่วโมง)	น้ำหนักที่ สูญเสีย (%)	ปริมาณความชื้น (%)	ปริมาณของแข็ง ทั้งหมด (%)	ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ ละลายได้ (°Brix)
0	0.00a	80.19a	19.81a	14.53a
2	20.69b	73.26b	26.74b	29.67b
4	26.57c	67.95c	32.05c	31.98b
6	30.43c	65.55c	34.45c	36.60c
12	30.48c	64.78c	35.22c	37.31c
24	26.80c	66.73c	33.27c	36.78c

a,b,c ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันหมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

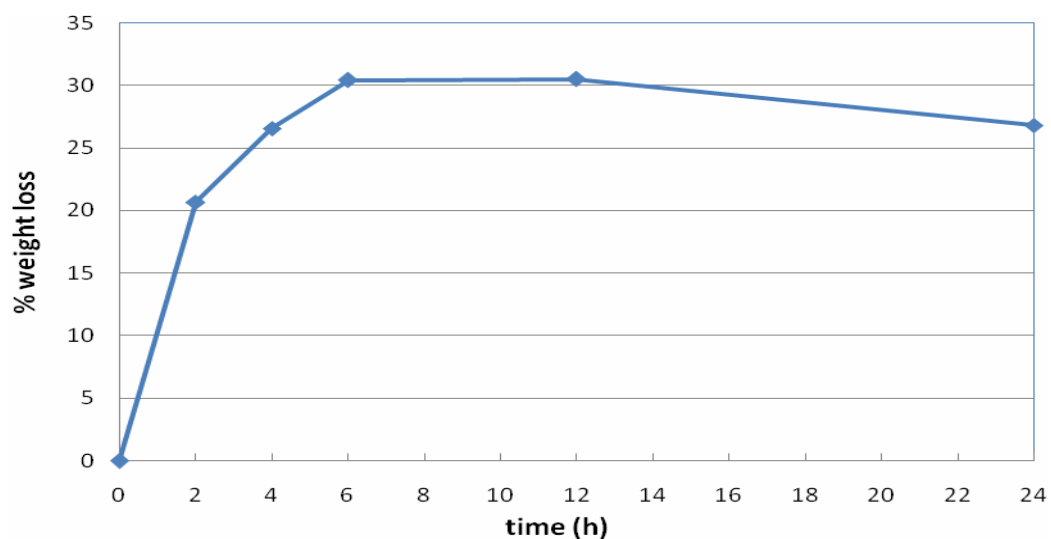


Figure 4.18: Weight loss from mango during osmotic dehydration

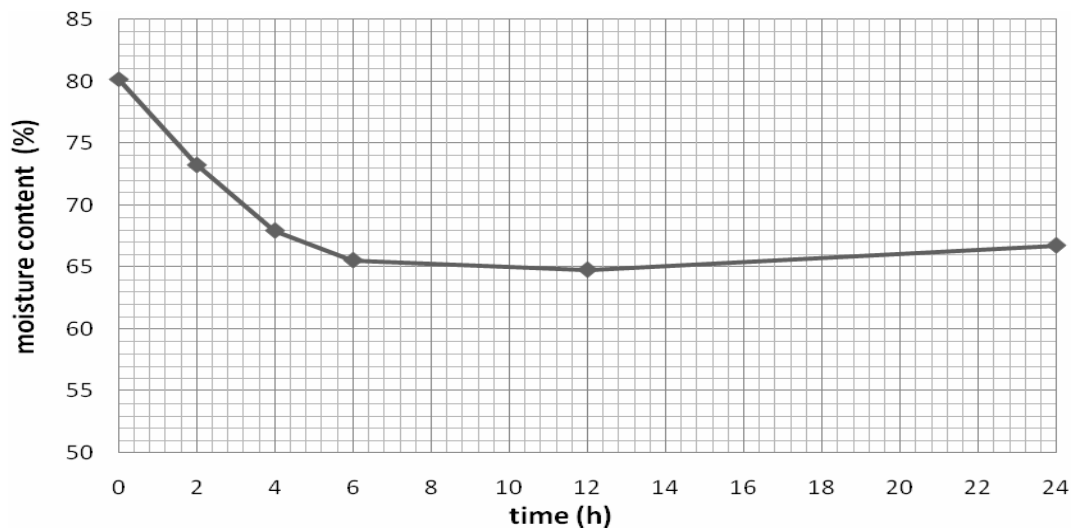


Figure 4.19: Moisture content in mango during osmotic dehydration

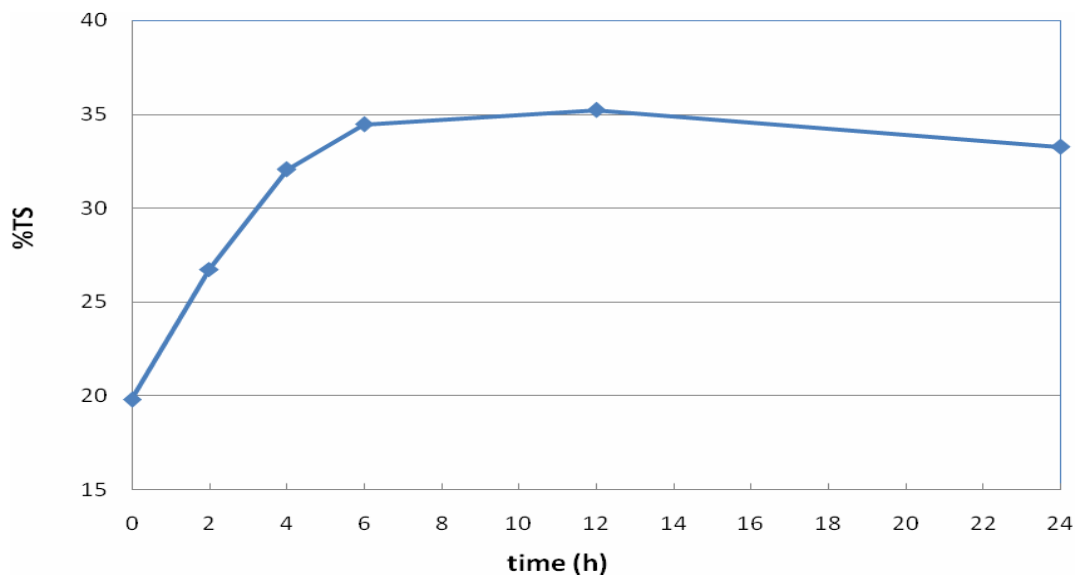


Figure 4.20: Solid content in mango during osmotic dehydration

1.2 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (ในรูปกรดซิตริก) ในเนื้อมะม่วงที่ผ่านการแช่ในสารละลาย ออสโมติกเป็นระยะเวลาต่าง ๆ กัน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ดัง Table 4.28 ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของลีนจี

1.3 ค่าสีของเนื้อมะม่วง ที่ผ่านการแช่ในสารละลายการออสโมติกเป็นระยะเวลาต่าง ๆ กันแสดง ดัง Table 4.29 จากการทดลองพบว่า ค่า L^* และ a^* ของเนื้อมะม่วงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ส่วนค่า b^* มีค่าเป็นบวกแสดงถึงความเป็นสีเหลืองของเนื้อมะม่วง ค่า b^* ลดลงใน 4 ชั่วโมงแรก ($p < 0.05$) และเพิ่มขึ้นหลังจากนั้นจนมีค่าใกล้เคียงกับค่าเริ่มต้น นั่นคือสีของมะม่วงมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยระหว่างการออสโมซิส

Table 4.28 Titratable acidity (as citric acid) in mango during osmotic dehydration

เวลาแช่ในสารละลายออสโมติก (ชั่วโมง)	ปริมาณกรดที่ไดเตรทได้ (%)
0	0.11ns
2	0.12
4	0.13
6	0.14
12	0.14
24	0.12

ns หมายถึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

Table 4.29 L^* , a^* and b^* values of mango during osmotic dehydration

เวลาแช่ในสารละลายออสโมติก (ชั่วโมง)	L^*	a^*	b^*
0	51.70ns	8.58ns	32.64ab
2	43.14	5.34	27.11ab
4	43.98	5.28	26.72a
6	49.67	7.10	30.19ab
12	50.08	6.92	30.48ab
24	54.70	9.49	33.84b

a,b ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันหมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$)

ns หมายถึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

2. การศึกษาผลของปริมาณความชื้นในเนื้อมะม่วงต่อคุณภาพของมะม่วงแช่แข็ง

ได้แปรค่าความชื้นของเนื้อมะม่วง 4 ระดับ โดยใช้ตัวอย่างที่ผ่านการออสโมซิสเป็นเวลาต่างๆ กัน และใช้ข้อมูลจากกราฟ Fig. 4.6 เป็นแนวทางในการกำหนดเวลาแช่ในสารละลาย ได้แก่ (1) มะม่วงชุดควบคุม (มะม่วงสด) ซึ่งจะมีค่าความชื้นประมาณ 80% (2) มะม่วงแช่ในสารละลายออสโมติกเป็นเวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที มีความชื้นประมาณ 75% (3) มะม่วงแช่ในสารละลายออสโมติกเป็นเวลา 3 ชั่วโมง มีความชื้นประมาณ 70% และ (4) มะม่วงแช่ในสารละลายออสโมติกเป็นเวลา 12 ชั่วโมง มีความชื้นประมาณ 65% จากนั้นนำมะม่วงไปแช่แข็งในเครื่องแช่แข็งแบบ air blast ที่อุณหภูมิ -35 องศาเซลเซียส จนมะม่วงมีอุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส และเก็บไว้ 1 วัน เมื่อนำมะม่วงแช่แข็งมาละลายน้ำแข็งและวิเคราะห์สมบัติต่างๆ ได้ผลการทดลองดังนี้

2.1 ปริมาณของเหลวที่ไหลออกจากผลิตภัณฑ์ภายหลังการละลายน้ำแข็งและปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ เมื่อนำมะม่วงแช่แข็งที่ผ่านการแช่ในสารละลายออสโมติกเป็นเวลาต่างๆ กันมาละลายน้ำแข็งและวัดปริมาณของเหลวที่ไหลออกจากผลิตภัณฑ์ภายหลังการละลายน้ำแข็ง พบว่า ปริมาณความชื้นในเนื้อลื่นจีมีผลต่อปริมาณของเหลวที่ไหลออกจากผลิตภัณฑ์หลังการละลายน้ำแข็งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ดัง Table 4.30 โดยเนื้อลื่นจีที่มีปริมาณความชื้นต่ำกว่าจะมีการสูญเสียน้ำหนักหลังการละลายน้ำแข็งน้อยกว่าอย่างมี

นัยสำคัญ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Gerrote and Bertone (1989) ที่พบว่าการดึงน้ำออกจากสตรอเบอร์รี่โดยการแช่ในสารละลายออสโมติก เช่น กลีเซอรอล สารละลายกลูโคส และสารละลายซูโครส ก่อนการแช่แข็งสามารถลดการสูญเสียน้ำออกจากผลิตภัณฑ์ภายหลังการละลายน้ำแข็ง และเช่นเดียวกันกับงานวิจัยของ Marani et al. (2007) ที่พบว่าการทำออสโมติกดีไฮเดรชันก่อนการแช่แข็งสามารถลดปริมาณของเหลวที่ไหลออกจากผลิตภัณฑ์ภายหลังการละลายน้ำแข็งในกีวี ลูกแพร์ สตรอเบอร์รี่ และแอปเปิ้ลอย่างมีนัยสำคัญ รวมทั้งสอดคล้องกับผลการทดลองของลีนี่ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้มีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่แช่ในสารละลายออสโมติก ดัง Table 4.30 อย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากเกิดการสูญเสียน้ำและเกิดการแพร่ของตัวถูกละลายเข้าไปในเนื้อมะม่วง

Table 4.30 Drip loss and total soluble solids of thawed samples prepared from mango with different moisture contents

สิ่งทดลอง	ปริมาณความชื้นเฉลี่ย (%)	ปริมาณของเหลวที่ไหลออกจากผลิตภัณฑ์หลังการละลายน้ำแข็ง (%)	ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (°Brix)
มะม่วงชุดควบคุม	81.31	21.99c	17.63a
มะม่วงแช่ในสารละลาย 1 ชั่วโมง 15 นาที	75.59	14.47b	23.07b
มะม่วงแช่ในสารละลาย 3 ชั่วโมง	70.15	12.18b	29.20c
มะม่วงแช่ในสารละลาย 12 ชั่วโมง	65.20	6.46a	32.30d

a,b,c,d ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันหมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

2.2 ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ในเนื้อมะม่วงหลังการละลายน้ำแข็งที่เตรียมจากเนื้อมะม่วงที่มีความชื้นต่างกันแสดงดัง Table 4.31 ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ในเนื้อมะม่วงเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาของการแช่ในสารละลายออสโมซิสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากเกิดการแพร่ของกรดที่อยู่ในสารละลายออสโมซิสเข้าไปในเนื้อมะม่วง

Table 4.31 Titratable acidity of thawed samples prepared from mango with different moisture contents

สิ่งทดลอง	ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (%)
มะม่วงชุดควบคุม	0.15a
มะม่วงแช่ในสารละลาย 1 ชั่วโมง 15 นาที	0.38b
มะม่วงแช่ในสารละลาย 3 ชั่วโมง	0.48c
มะม่วงแช่ในสารละลาย 12 ชั่วโมง	0.74d

a,b,c,d ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันหมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

2.3 ค่าสีของเนื้อมะม่วง ค่าสี L* ของเนื้อมะม่วงชุดควบคุม (ความชื้น 80%) และมะม่วงที่แช่ในสารละลายเป็นเวลา 12 ชั่วโมง (ความชื้น 65%) มีค่าไม่แตกต่างกัน และมีความสว่างมากกว่ามะม่วงที่มีความชื้น 70 และ 75% นั่นคือ มะม่วงหลังการละลายน้ำแข็งมีสีคล้ำลงเล็กน้อย มะม่วงชุดควบคุมและแช่ในสารละลาย 12 ชั่วโมง มีค่าสี a* สูงกว่าตัวอย่างอื่น นั่นคือมีความเป็นสีแดงมากขึ้น ($p < 0.05$) ส่วนค่า b* ของลันจีทุกสิ่งทดลองไม่มีความแตกต่าง

Table 4.32 L*, a* and b* values of thawed samples prepared from mango with different moisture contents

สิ่งทดลอง	L*	a*	b*
มะม่วงชุดควบคุม	53.98c	10.36b	31.92ns
มะม่วงแช่ในสารละลาย 1 ชั่วโมง 15 นาที	45.71ab	5.24a	26.86
มะม่วงแช่ในสารละลาย 3 ชั่วโมง	40.90a	5.56a	26.67
มะม่วงแช่ในสารละลาย 12 ชั่วโมง	49.70bc	9.21b	29.65

a,b,c ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันหมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

2.4 ความแน่นเนื้อของมะม่วงภายหลังการละลายน้ำแข็งที่เตรียมจากเนื้อมะม่วงที่ผ่านการแช่ในสารละลายออสโมติกจนมีความชื้นต่างๆกันแสดงดัง Table 4.33 จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ความแน่นเนื้อของมะม่วงหลังการละลายน้ำแข็งมีค่าน้อยกว่ามะม่วงก่อนแช่แข็ง ความแน่นเนื้อหลังละลายน้ำแข็งของมะม่วงที่ผ่านกระบวนการออสโมซิสมีค่าน้อยกว่าความแน่นเนื้อของมะม่วงชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และเมื่อแช่ในสารละลายนานขึ้น ความแน่นเนื้อยิ่งลดลง ซึ่งได้ผลเช่นเดียวกับการทดลองของลันจี Marani et al. (2007) รายงานว่า ความแน่นเนื้อของผลไม้ที่ผ่านกระบวนการออสโมซิสและตามด้วยการแช่แข็งหรือไม่ผ่านการแช่แข็งจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงขึ้นกับลักษณะเนื้อเยื่อของผลไม้และชนิดของสารละลายออสโมติก โดยพบว่ากีวี่ที่ผ่านการแช่ในสารละลายออสโมติก 4 ชนิด ได้แก่ สารละลายซูโครส (69°Brix) สารละลายกลูโคส (47°Brix) สารละลายฟรุคโตส (69°Brix) และสารละลายน้ำตาลที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง (69°Brix) มีความแน่นเนื้อน้อยกว่ากีวี่สดในทุกกรณีและมีค่าลดลงตามระยะเวลาของการออสโมซิส ส่วนกีวี่ที่ผ่านการออสโมซิสและการแช่แข็ง เมื่อวัดความแน่นเนื้อภายหลังการละลายน้ำแข็ง พบว่าความแน่นเนื้อของกีวี่ลดลงมากกว่า 80% เมื่อเปรียบเทียบกับกีวี่สด และทุกสิ่งทดลองมีความแน่นเนื้อหลังละลายน้ำแข็งใกล้เคียงกัน ซึ่งแตกต่างจากกรณีของลันจี ส่วนความแน่นเนื้อหลังการละลายน้ำแข็งของแอปเปิ้ลมีค่าลดลงเพียงเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับแอปเปิ้ลก่อนแช่แข็ง เนื่องจากมีความเหนียวเพิ่มขึ้น ในขณะที่ลูกแพร์ที่ผ่านการออสโมซิส เมื่อละลายน้ำแข็งแล้วมีความแน่นเนื้อลดลงประมาณ 60%-70% มากกว่ากรณีแอปเปิ้ลแต่ไม่มากเท่ากรณีของกีวี่ ส่วนกรณีของสตรอเบอร์รี่พบว่า การแช่ในสารละลายออสโมติก 2 ชั่วโมงทำให้ความแน่นเนื้อก่อนแช่แข็งลดลง หลังจากนั้นความแน่นเนื้อไม่แตกต่างกันและใกล้เคียงกับความแน่นเนื้อหลังการละลายน้ำแข็งของสตรอเบอร์รี่ จากการทดลองของ Marani et al. (2007) พบว่าความแน่นเนื้อหลังการละลายน้ำแข็งของผลไม้ทั้งที่ผ่านและไม่ผ่านกระบวนการออสโมติกมีค่าใกล้เคียงกัน ในขณะที่การทดลองของ Wu et al. (2009) ซึ่งศึกษาการดองน้ำออกจากมะเขือม่วงโดยการอบแห้งสุญญากาศจนความชื้น

ลดลงเหลือ 60% และ 80% ก่อนการแช่แข็งพบว่าตัวอย่างแช่แข็งมีความแน่นเนื้อหลังละลายน้ำแข็งน้อยกว่าตัวอย่างสด และมะเขือม่วงที่ผ่านการลดความชื้นมีความแน่นเนื้อหลังละลายน้ำแข็งสูงกว่ามะเขือม่วงที่ไม่ผ่านการลดความชื้น

Table 4.33 Firmness of thawed samples prepared from mango with different moisture contents

สิ่งทดลอง	ความแน่นเนื้อ (N)
มะม่วงชุดควบคุม	1.99d
มะม่วงแช่ในสารละลาย 1 ชั่วโมง 15 นาที	1.86c
มะม่วงแช่ในสารละลาย 3 ชั่วโมง	1.71b
มะม่วงแช่ในสารละลาย 12 ชั่วโมง	1.54a

a,b,c,d ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันหมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

2.5 การประเมินทางประสาทสัมผัส ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเนื้อมะม่วงหลังละลายน้ำแข็งที่เตรียมจากเนื้อมะม่วงที่ผ่านการแช่ในสารละลายออสโมติกจนมีความชื้นต่างๆกันแสดงดัง Table 4.34 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติแสดงให้เห็นว่าปริมาณความชื้นในเนื้อมะม่วงก่อนแช่แข็งมีผลต่อคุณลักษณะต่างๆทางประสาทสัมผัสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสทุกคุณลักษณะของเนื้อมะม่วงชุดควบคุมหลังการละลายน้ำแข็งมีค่าน้อยที่สุด คะแนนการยอมรับของค่าสี กลิ่น รสชาติ ลักษณะปรากฏ และความชอบโดยรวมของเนื้อมะม่วงที่ผ่านการแช่ในสารละลายออสโมติกที่เวลาต่างๆกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนคะแนนด้านลักษณะเนื้อสัมผัสพบว่า มะม่วงที่มีความชื้นต่ำกว่าจะได้รับการยอมรับมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งแตกต่างจากคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของลิ้นจี่ซึ่งพบว่าลิ้นจี่สดแช่แข็งได้รับการยอมรับด้านสี กลิ่น ลักษณะปรากฏมากกว่าลิ้นจี่ที่ผ่านการออสโมซิสก่อนแช่แข็ง และลิ้นจี่ที่ผ่านการออสโมซิสจนมีความชื้นประมาณ 75% จะได้รับการยอมรับสูงที่สุด ส่วนการทดลองของ Dermesonlouoglou et al. (2007) พบว่าคะแนนความชอบทางด้านสีหลังละลายน้ำแข็งของมะเขือเทศที่ผ่านและไม่ผ่านการออสโมซิสไม่แตกต่างกัน มะเขือเทศแช่แข็งที่ผ่านการออสโมซิสมีคะแนนความชอบทางด้านลักษณะเนื้อสัมผัสมากกว่าตัวอย่างควบคุม สำหรับคะแนนการยอมรับโดยรวมพบว่าไม่มีความแตกต่างกัน ยกเว้นมะเขือเทศที่ผ่านการแช่ในสารละลายมอลโตเดกซ์ตรินที่มีค่า DE สูง มีคะแนนการยอมรับโดยรวมสูงกว่าในขณะที่ Blanda et al. (2009) รายงานว่าคะแนนความชอบหลังละลายน้ำแข็งของสตรอเบอร์รี่ที่ผ่านการออสโมซิสและสตรอเบอร์รี่ควบคุมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกคุณลักษณะ ($p > 0.05$)

Tabl4 4.34 Sensory evaluation test scores of thawed samples prepared from mango with different moisture contents

คุณลักษณะ	สิ่งทดลอง			
	มะม่วงชุดควบคุม	มะม่วงแช่ในสารละลาย 1 ชั่วโมง 15 นาที	มะม่วงแช่ในสารละลาย 3 ชั่วโมง	มะม่วงแช่ในสารละลาย 12 ชั่วโมง
สี	5.95a	6.41b	6.48b	6.23b
กลิ่น	5.23a	6.03b	5.84b	5.85b
ลักษณะปรากฏ	6.07ns	6.21	6.37	6.20
ลักษณะเนื้อสัมผัส	5.57a	5.77a	6.26b	6.35b
รสชาติ	4.03a	5.89b	5.81b	6.01b
ความชอบโดยรวม	4.99a	6.16b	6.23b	6.31b

a,b ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันหมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ผลการทดลองตอนที่ 2 แสดงให้เห็นว่า มะม่วงที่แช่ในสารละลายออสโมติกเป็นเวลา 12 ชั่วโมง มีปริมาณของเหลวไหลออกจากผลิตภัณฑ์หลังการละลายน้ำแข็งน้อยที่สุด มีค่าสี L^* , a^* และ b^* ใกล้เคียงกับมะม่วงชุดควบคุม มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดและปริมาณกรดที่ไทเทรตได้สูงที่สุด เนื่องจากเกิดการแพร่ของสารออสโมซิสเข้าไปในมะม่วง และมีความแน่นเนื้อหลังละลายน้ำแข็งต่ำที่สุด เมื่อพิจารณาคะแนนความชอบในทุกลักษณะพบว่า มะม่วงแช่ในสารละลายออสโมซิสเป็นเวลา 3 และ 12 ชั่วโมงมีคะแนนความชอบทุกลักษณะไม่แตกต่างกันทางสถิติ ดังนั้นจึงใช้ผลของปริมาณของเหลวที่สูญเสียหลังการละลายน้ำแข็งและค่าสีของมะม่วงในการเลือกสภาวะที่เหมาะสม สำหรับการทดลองต่อไป โดยเวลาแช่มะม่วงในสารละลายออสโมซิสที่เหมาะสมคือ 12 ชั่วโมง โดยให้ความเข้มข้นก่อนแช่แข็งประมาณ 65%

3. การลดความชื้นของเนื้อมะม่วงโดยการอบแห้ง

การศึกษาการอบแห้งมะม่วงที่อุณหภูมิ 70°C ได้เส้นกราฟของการอบแห้งดัง Fig. 4.21 ในช่วงแรกของการอบแห้งความชื้นของเนื้อมะม่วงจะลดลงอย่างรวดเร็วจนถึงนาที่ที่ 220 หลังจากนั้นความชื้นของมะม่วงจะลดลงอย่างช้าๆ จากการทดลองที่ 4.2.2 มะม่วงที่ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดีที่สุดคือ มะม่วงที่มีปริมาณความชื้นประมาณ 65% จึงใช้ระดับความชื้นนี้ในการกำหนดเวลาอบแห้งของมะม่วงซึ่งเท่ากับ 160 นาที หรือ 2 ชั่วโมง 40 นาที ดัง Fig. 4.8 สำหรับศึกษาเปรียบเทียบกับ การลดความชื้นโดยการแช่ในสารละลายออสโมติก

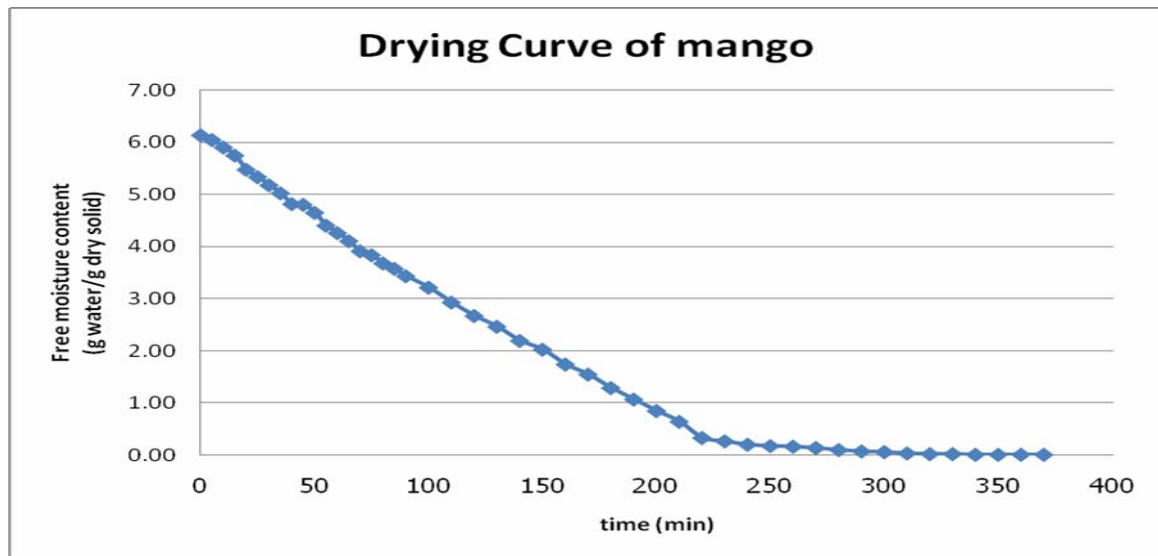


Figure 4.21: Moisture content in mango during hot air drying at 70°C

4. การเปรียบเทียบคุณภาพของเนื้อมะม่วงแช่แข็งที่ผ่านการดองน้ำออกบางส่วนด้วยการออสโมซิส และการอบแห้ง

การศึกษาผลของวิธีการลดความชื้นต่อคุณภาพของมะม่วงแช่แข็งได้ผลการทดลองดังนี้

4.1 ปริมาณของเหลวที่ไหลออกจากผลิตภัณฑ์ภายหลังการละลายน้ำแข็ง และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ของมะม่วงที่ผ่านการลดความชื้นโดยการออสโมซิสและการอบแห้งแสดงดัง Table 4.35 วิธีการลดความชื้นมีผลต่อปริมาณของเหลวที่ไหลออกจากมะม่วงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) มะม่วงที่ผ่านการลดความชื้นโดยการอบแห้งมีการสูญเสียของเหลวออกจากเนื้อเยื่อเนื้อที่น้อยที่สุด ซึ่งอาจเกิดเนื่องจากการอบแห้งทำให้ผิวหน้าของมะม่วงเกิดการหดตัวและแข็งมากขึ้น เมื่อนำไปแช่แข็งและละลายน้ำแข็งจึงทำให้น้ำออกมาน้อยกว่าตัวอย่างที่ผ่านการออสโมซิส Wu et al. (2009) รายงานว่าการอบแห้งมะม่วงแช่แข็งมีความชื้นประมาณ 60% และ 80% ก่อนแช่แข็ง ไม่ทำให้เกิดการสูญเสียของเหลว ส่วนผลของการออสโมซิสต่อการสูญเสียของเหลวขึ้นกับลักษณะเนื้อเยื่อของผลไม้ Marani et al. (2007) รายงานว่าสตรอเบอรี่ที่ผ่านการออสโมซิสก่อนแช่แข็ง มีการสูญเสียของเหลวหลังการละลายน้ำแข็งมากกว่าสตรอเบอรี่ชุดควบคุม Maestrelli et al. (2001) รายงานว่าการออสโมซิสก่อนการแช่แข็งของ muskmelon ไม่ทำให้เกิดการสูญเสียของเหลวน้อยลง ส่วนการอบแห้งก่อนแช่แข็งจะช่วยลดการสูญเสียของเหลวได้

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในมะม่วงที่ผ่านดองน้ำออกก่อนการแช่แข็งมีค่ามากกว่ามะม่วงชุดควบคุม เนื่องจากเกิดการแพร่ของของแข็งเข้าไปในเนื้อมะม่วงจึงส่งผลให้ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้เพิ่มขึ้น และเกิดการระเหยน้ำในกรณีของการอบแห้ง

Table 4.35 Drip loss and total soluble solids of thawed samples from osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen mango

สิ่งทดลอง	ปริมาณของเหลวที่ไหลออกจาก ผลิตภัณฑ์หลังการละลายน้ำแข็ง (%)	ปริมาณของแข็งที่ ละลายน้ำได้ (°Brix)
มะม่วงชุดควบคุม	20.48b	11.0a
มะม่วงที่ผ่านการออสโมซิส	42.57c	24.56c
มะม่วงที่ผ่านการอบแห้ง	3.14a	22.44b

a,b,c ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันหมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4.2 ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ มะม่วงที่ผ่านการลดความชื้นมีปริมาณกรดที่ไตเตรทได้มากกว่ามะม่วงชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) การอบแห้งก่อนแช่แข็งมีปริมาณกรดที่ไตเตรทได้แตกต่างจากมะม่วงที่ผ่านการออสโมซิสอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ดัง Table 4.36 การที่มะม่วงที่ผ่านการลดความชื้นมีปริมาณกรดมากกว่า เนื่องจากมีปริมาณน้ำซึ่งเป็นตัวทำละลายลดลง จึงทำให้ความเข้มข้นของกรดเพิ่มขึ้น ส่วนมะม่วงที่ผ่านการออสโมซิส ปริมาณกรดเพิ่มขึ้นเนื่องจากเกิดการแพร่ของน้ำออกจากมะม่วง และเกิดการแพร่ของกรดเข้าไปในเนื้อมะม่วง

Table 4.36 Titratable acidity of thawed samples from osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen mango

สิ่งทดลอง	ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (%)
มะม่วงชุดควบคุม	0.30a
มะม่วงที่ผ่านการออสโมซิส	0.62b
มะม่วงที่ผ่านการอบแห้ง	0.75b

a,b ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันหมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4.3 ค่าสีของเนื้อมะม่วงจากค่าสีของมะม่วงใน Table 4.37 พบว่า มะม่วงที่ผ่านการออสโมซิสและการอบแห้งก่อนการแช่แข็งมีค่า L^* ไม่แตกต่างจากมะม่วงชุดควบคุม ($p > 0.05$) มะม่วงที่ผ่านการอบแห้งหลังการละลายน้ำแข็งมีค่าสี a^* และ b^* ต่ำกว่ามะม่วงชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Marani et al (2007)

Table 4.37 L^* , a^* and b^* values of thawed samples from osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen mango

สิ่งทดลอง	L^*	a^*	b^*
มะม่วงชุดควบคุม	65.25ns	17.40b	34.72b
มะม่วงที่ผ่านการออสโมซิส	62.27	12.83ab	28.98ab
มะม่วงที่ผ่านการอบแห้ง	72.80	8.39a	25.16a

a,b,c ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันหมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

4.4 ความแน่นเนื้อหลังละลายน้ำแข็งของมะม่วงที่ผ่านการอบแห้งก่อนแช่แข็งมีค่ามากกว่าความแน่นเนื้อของมะม่วงสุตควบคุมและมะม่วงที่ผ่านการออสโมซิสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ดัง Table 4.38 นั่นคือ การอบแห้งก่อนแช่แข็งอาจช่วยลดการเสียหายของเนื้อเยื่อมะม่วงภายหลังการละลายน้ำแข็งซึ่งสอดคล้องกับการสูญเสียของเหลวหลังการละลายน้ำแข็งของมะม่วง ดัง Table 4.35 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Maestrelli et al (2001) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Marani et al (2007) และ Ramallo and Mascheroni (2010)

Table 4.38 Firmness of thawed samples from osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen mango

สิ่งทดลอง	ความแน่นเนื้อ (N)
มะม่วงสุตควบคุม	1.87a
มะม่วงที่ผ่านการออสโมซิส	1.78a
มะม่วงที่ผ่านการอบแห้ง	1.99b

ns หมายถึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

4.5 การประเมินทางประสาทสัมผัส คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสของเนื้อมะม่วงหลังการละลายน้ำแข็งแสดงดัง Table 4.39 คะแนนการยอมรับทางด้านสีและกลิ่นของมะม่วงสุตควบคุมและมะม่วงที่ผ่านการออสโมซิสมีค่าไม่แตกต่างกันและมีค่ามากกว่ามะม่วงที่ผ่านการอบแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มะม่วงที่ผ่านการออสโมซิสและการอบแห้งมีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏน้อยกว่ามะม่วงสุตควบคุม เนื่องจากตัวอย่างที่ผ่านการอบแห้งมีสีเข้มกว่าจึงทำให้มีการยอมรับต่ำกว่า ส่วนความชอบด้านลักษณะเนื้อสัมผัสและรสชาติ พบว่า มะม่วงที่ผ่านการอบแห้งมีคะแนนสูงกว่ามะม่วงสุตควบคุมและมะม่วงที่ผ่านการออสโมซิส มะม่วงที่ผ่านการอบแห้งมีคะแนนความชอบโดยรวมไม่แตกต่างจากมะม่วงสุตควบคุมและมีค่าสูงกว่ามะม่วงที่ผ่านการออสโมซิสอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

Table 4.39 Sensory evaluation test scores of thawed samples from osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen mango

คุณลักษณะ	มะม่วงสุตควบคุม	มะม่วงที่ผ่านการออสโมซิส	มะม่วงที่ผ่านการอบแห้ง
สี	6.92b	6.77b	5.43a
กลิ่น	6.04b	5.51ab	5.26a
ลักษณะปรากฏ	6.48b	5.32a	5.21a
ลักษณะเนื้อสัมผัส	5.21ab	4.69a	5.52b
รสชาติ	5.15a	5.07a	5.73b
ความชอบโดยรวม	5.81b	5.26a	5.65ab

a,b ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันหมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

Table 4.40 Drip loss of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen mango during storage

เวลา (สัปดาห์)	ปริมาณของเหลวที่ไหลออกจากผลิตภัณฑ์ภายหลังการละลายน้ำแข็ง (%)			
	มะม่วงแช่แข็งชุดควบคุม	มะม่วงที่ผ่านการออสโมซิส	มะม่วงที่ผ่านการอบแห้ง	ค่าเฉลี่ย
0	29.75	27.40	18.24	25.13 ab
2	29.96	26.92	17.28	24.72 a
4	29.86	27.16	17.76	24.93 bcd
6	29.86	27.16	17.76	24.93 de
8	29.96	28.43	18.23	25.54 bcde
10	29.93	28.87	18.40	25.73 cde
12	30.05	28.48	18.18	25.57 bcde
14	30.03	28.17	17.28	25.16 abc
16	31.46	29.23	18.81	26.50 f
18	30.84	29.13	18.36	26.11 ef
ค่าเฉลี่ย	30.17 C	28.09 B	18.03 A	

a,b,c,d,e,f ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันหมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

A,B,C ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันหมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

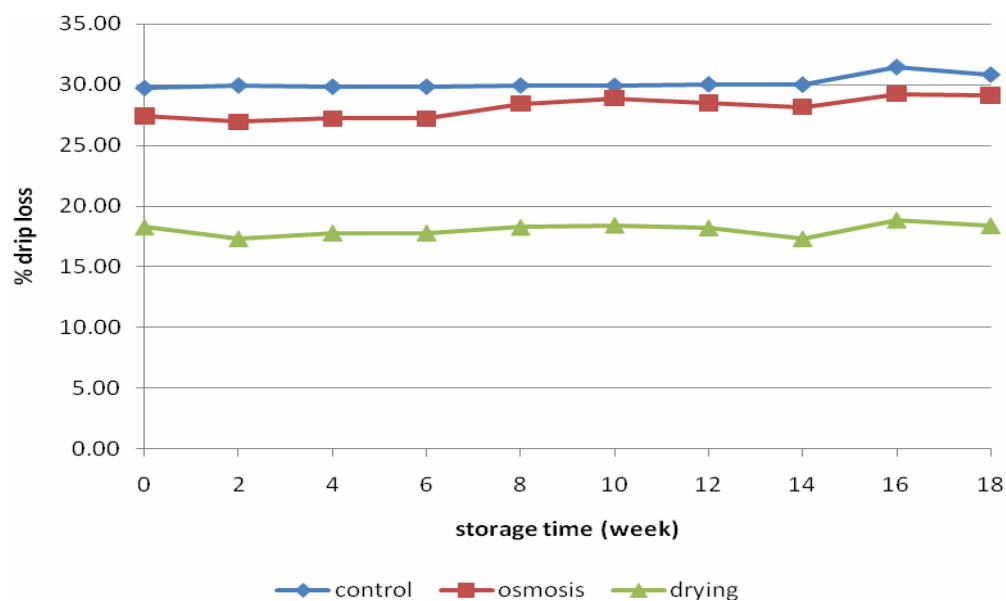


Figure 4.22: Drip loss of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen mango during storage

5. การเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของมะม่วงแช่แข็งระหว่างการเก็บรักษา

จากการทดลองที่ 4 นำมะม่วงแช่แข็งชุดควบคุม มะม่วงแช่แข็งที่ผ่านการออสโมซิส และมะม่วงแช่แข็งที่ผ่านการอบแห้งก่อนการแช่แข็งมาศึกษาการเปลี่ยนแปลงเมื่อเก็บเป็นเวลาต่างๆ กันนาน 18 สัปดาห์ โดยสุ่มตัวอย่างทุก 2 สัปดาห์ ได้ผลการทดลองดังนี้

5.1 ปริมาณของเหลวที่ไหลออกจากผลิตภัณฑ์ภายหลังการละลายน้ำแข็ง แสดงดัง Table 4.40 และ Fig 4.22 มะม่วงที่ผ่านการอบแห้งก่อนแช่แข็งมีการสูญเสียของเหลวน้อยที่สุด รองลงมาคือมะม่วงที่ผ่านการออสโมซิส ส่วนมะม่วงชุดควบคุมมีของเหลวสูญเสียมากที่สุด และการสูญเสียของเหลวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ซึ่งได้ผลการทดลองเช่นเดียวกันกับลิ้นจี่แช่แข็ง

5.2 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ของมะม่วงที่ผ่านการอบแห้งมีปริมาณน้อยกว่ามะม่วงที่ผ่านการออสโมซิส ($p < 0.05$) ดัง Table 4.41 และ Fig. 4.23 เนื่องมาจากการแช่ในสารละลายทำให้เกิดการสูญเสียน้ำ และในขณะเดียวกันตัวถูกละลายก็จะซึมเข้าไปในเนื้อมะม่วงทำให้มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้สูงกว่ามะม่วงที่ผ่านการอบแห้ง ซึ่งมีการระเหยนํ้าออกจากมะม่วงเพียงอย่างเดียว ผลการทดลองในมะม่วงที่ได้นี้ก็ให้ผลเช่นเดียวกันกับการทดลองในลิ้นจี่

Table 4.41 Total soluble solids of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen mango during storage

เวลา (สัปดาห์)	ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (%)			
	มะม่วงแช่แข็งชุดควบคุม	มะม่วงที่ผ่านการออสโมซิส	มะม่วงที่ผ่านการอบแห้ง	ค่าเฉลี่ย
0	10.71	27.25	21.89	19.95 b
2	10.91	24.54	21.89	19.11 a
4	10.81	25.90	21.89	19.53 b
6	10.81	25.90	21.89	19.53 b
8	11.03	27.31	21.89	20.08 b
10	10.89	27.28	21.93	20.03 b
12	10.90	27.21	21.90	20.00 b
14	10.57	27.78	21.84	20.06 b
16	11.01	27.17	21.96	20.05 b
18	10.70	27.22	21.91	19.94 b
ค่าเฉลี่ย	10.83 A	26.76 C	21.90 B	

a,b ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันหมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

A,B,C ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันหมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

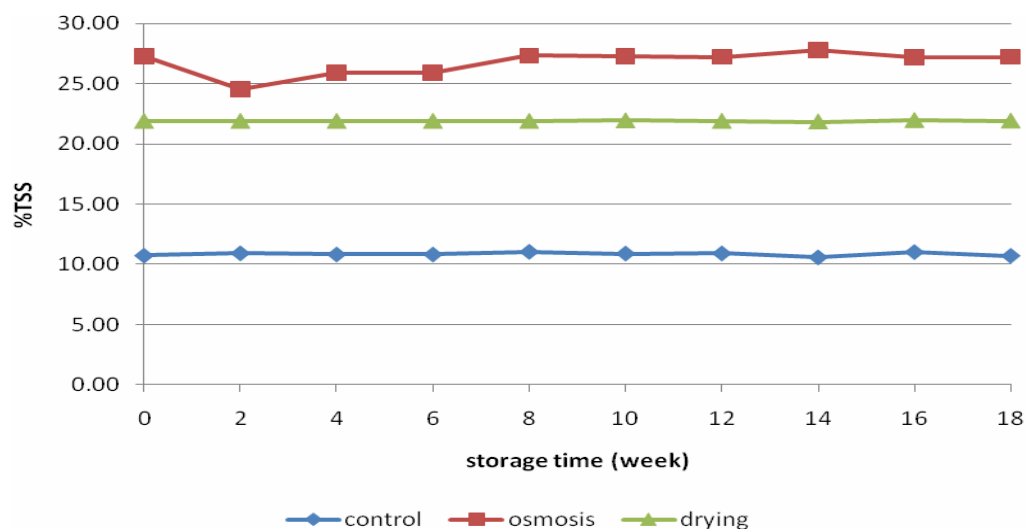


Figure 4.23: Total soluble solids of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen mango during storage

5.3 ปริมาณกรดที่ไทเตรทได้ มะม่วงที่ผ่านการดองน้ำออกบางส่วนก่อนการแช่แข็งมีปริมาณกรดที่ไทเตรทได้มากกว่ามะม่วงแช่แข็งชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดัง Table 4.42 และ Fig. 4.24 โดยมะม่วงที่ผ่านการออสโมซิสมีปริมาณกรดที่ไทเตรทได้มากกว่ามะม่วงที่ผ่านการอบแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งได้ผลการทดลองเช่นเดียวกับการศึกษาในลิ้นจี่แช่แข็ง และระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

Table 4.42 Titratable acidity of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen mango during storage

เวลา (สัปดาห์)	ปริมาณกรดที่ไทเตรทได้หลังการละลายน้ำแข็ง (%)			
	มะม่วงแช่แข็งชุดควบคุม	มะม่วงที่ผ่านการออสโมซิส	มะม่วงที่ผ่านการอบแห้ง	ค่าเฉลี่ย
0	0.41	0.86	0.72	0.66 ab
2	0.43	0.95	0.80	0.73 d
4	0.42	0.91	0.76	0.70 abc
6	0.42	0.91	0.76	0.70 bc
8	0.39	0.88	0.72	0.66 ab
10	0.44	0.87	0.74	0.68 abc
12	0.42	0.86	0.74	0.67 abc
14	0.43	0.86	0.75	0.68 abc
16	0.40	0.85	0.72	0.66 a
18	0.45	0.89	0.77	0.70 cd
ค่าเฉลี่ย	0.42 A	0.88 C	0.75 B	

a,b,c,d ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันหมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

A,B,C ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันหมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

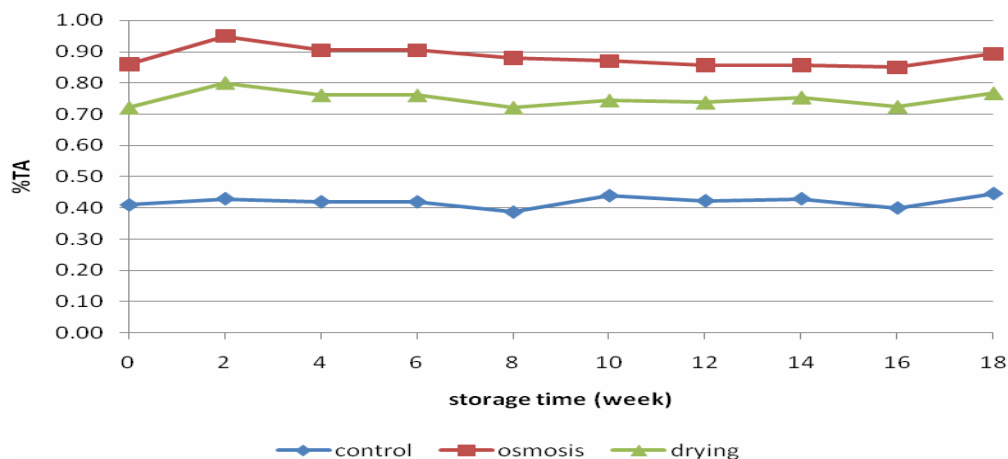


Figure 4.24: Titratable acidity of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen mango during storage

5.4 ค่าสีของเนื้อมะม่วงจาก Table 4.43 มะม่วงชุดควบคุมมีค่าสี L^* สูงที่สุด รองลงมาคือมะม่วงที่ผ่านการอบแห้งและการออสโมซิสตามลำดับ นั่นคือมะม่วงที่ผ่านการดองน้ำออกบางส่วนก่อนการแช่แข็งจะมีสีคล้ำลง เมื่อค่าสี L^* มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้นเมื่อเก็บรักษามะม่วงแช่แข็งเป็นเวลานานขึ้น (Fig. 4.26) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Maestrelli et al. (2001) ที่ศึกษาใน muskmelon ค่าสี a^* ของมะม่วงที่ผ่านการดองน้ำออกบางส่วนมีค่าลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับมะม่วงสด และมีค่าน้อยกว่ามะม่วงชุดควบคุม ดัง Table 4.44 และเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลาขึ้นค่าสี a^* มีแนวโน้มคงที่ ดัง Fig. 4.26 ส่วนค่าสี b^* ของมะม่วงที่ผ่านการออสโมซิสจะมีค่าสูงกว่ามะม่วงชุดควบคุมและมะม่วงที่ผ่านการอบแห้ง และการเก็บรักษาทำให้ค่าสี b^* เปลี่ยนแปลงเล็กน้อยดัง Fig. 4.27

5.5 ความแน่นเนื้อหลังละลายน้ำแข็งของมะม่วงทุกสิ่งทดลองแสดงดัง Table 4.46 มะม่วงอบแห้งก่อนแช่แข็งมีความแน่นเนื้อมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Maestrelli et al. (2001) และ Marani et al. (2007) ที่รายงานว่า การอบแห้งแล้วตามด้วยการแช่แข็งจะทำให้ผลไม้แช่แข็งมีความแน่นเนื้อหลังการละลายน้ำแข็งเพิ่มขึ้น และการเก็บรักษาทำให้ความแน่นเนื้อของมะม่วงเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยดัง Fig. 4.28

5.6 การประเมินทางประสาทสัมผัส คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสของเนื้อมะม่วงหลังละลายน้ำแข็งแสดงดัง Table 4.47 -4.52 มะม่วงชุดควบคุมมีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสทุกด้านในระดับชอบเล็กน้อย และมีค่ามากกว่ามะม่วงที่ผ่านการดองน้ำออกก่อนแช่แข็ง ซึ่งมีคะแนนความชอบในช่วงเฉยๆ ถึงไม่ค่อยชอบ และเมื่อเก็บรักษานานขึ้น คะแนนการยอมรับทางในแต่ละด้านมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ดัง Fig. 4.29-4.34) โดยมะม่วงที่ผ่านการอบแห้งมีคะแนนการยอมรับในแต่ละด้านมากกว่ามะม่วงที่ผ่านการออสโมซิส

จากผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของมะม่วงแช่แข็ง พบว่ามะม่วงที่ผ่านการดองน้ำออกบางส่วนก่อนการแช่แข็งมีการสูญเสียของเหลวออกจากเนื้อเยื่อ ค่าสี L^* และ a^* น้อยกว่ามะม่วงชุดควบคุม และมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ค่าสี b^* และความแน่นเนื้อสูงกว่ามะม่วงชุด

ควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งจะเห็นว่ามะม่วงที่ผ่านการดองน้ำออกบางส่วนก่อนการแช่แข็งมีคุณภาพด้านต่างๆ ดีกว่ามะม่วงชุดควบคุม ยกเว้นสีของมะม่วงที่มีสีคล้ำกว่าเล็กน้อย แต่เมื่อนำมาทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า มะม่วงที่ผ่านการดองน้ำออกก่อนการแช่แข็งกลับไม่ได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบเมื่อเปรียบเทียบกับมะม่วงชุดควบคุม อาจเกิดเนื่องจากผู้ทดสอบพิจารณาคุณลักษณะด้านสีและลักษณะปรากฏเป็นประเด็นหลักในการตัดสินใจ ชอบหรือไม่ชอบตัวอย่างดังกล่าว ประกอบกับผู้บริโภคสามารถบริโภคมะม่วงสดได้ตลอดเวลา จึงทำให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ผลไม้แช่แข็งมีค่าค่อนข้างต่ำ ซึ่งอาจแก้ไขโดยการบริโภคผลไม้แช่แข็งขณะที่ยังละลายน้ำแข็งไม่หมด เพื่อให้คะแนนการยอมรับดีขึ้น

Table 4.43 L* value of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen mango during storage

เวลา (สัปดาห์)	ค่าสี L*			
	มะม่วงแช่แข็งชุดควบคุม	มะม่วงที่ผ่านการออสโมซิส	มะม่วงที่ผ่านการอบแห้ง	ค่าเฉลี่ย
0	70.67	61.41	67.74	66.61 a
2	70.64	66.58	69.77	69.00 b
4	70.63	61.63	68.34	66.87 a
6	71.00	61.59	66.72	66.44 a
8	70.97	61.77	68.01	66.92 a
10	71.03	62.06	67.85	66.98 a
12	70.81	61.85	68.46	67.04 a
14	70.75	66.51	69.70	68.99 b
16	70.13	64.10	68.76	67.66 ab
18	70.47	64.18	68.17	67.61 ab
ค่าเฉลี่ย	70.71 C	63.17 A	68.35 B	

a,b ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันหมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

A,B,C ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันหมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

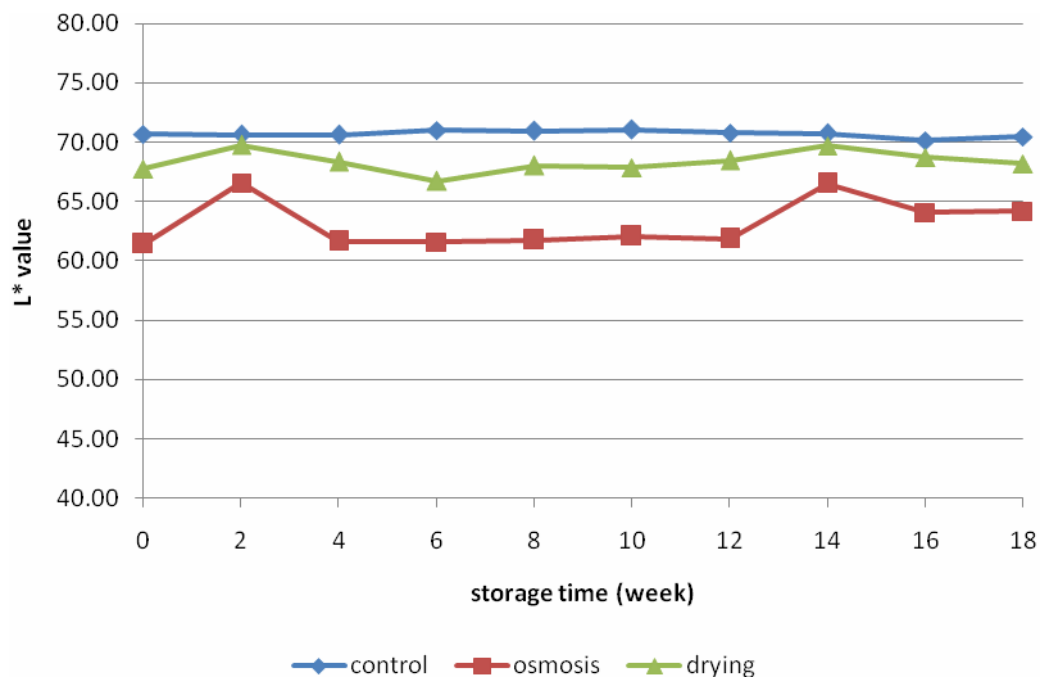


Figure 4.25: L* value of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen mango during storage

Table 4.44 a* value of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen mango during storage

เวลา (สัปดาห์)	ค่าสี a*			
	มะม่วงแช่แข็งชุดควบคุม	มะม่วงที่ผ่านการออสโมซิส	มะม่วงที่ผ่านการอบแห้ง	ค่าเฉลี่ย
0	19.24	10.42	9.85	13.17 a
2	21.47	12.21	10.33	14.67 b
4	19.36	10.70	10.07	13.38 a
6	19.37	10.69	9.62	13.23 a
8	19.48	10.38	10.09	13.32 a
10	19.24	10.39	9.96	13.20 a
12	19.42	10.82	10.19	13.48 a
14	21.93	12.17	10.22	14.77 b
16	19.46	10.98	10.56	13.66 a
18	19.36	10.70	9.77	13.28 a
ค่าเฉลี่ย	19.83 C	10.95 B	10.07 A	

a,b ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันหมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

A,B,C ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันหมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

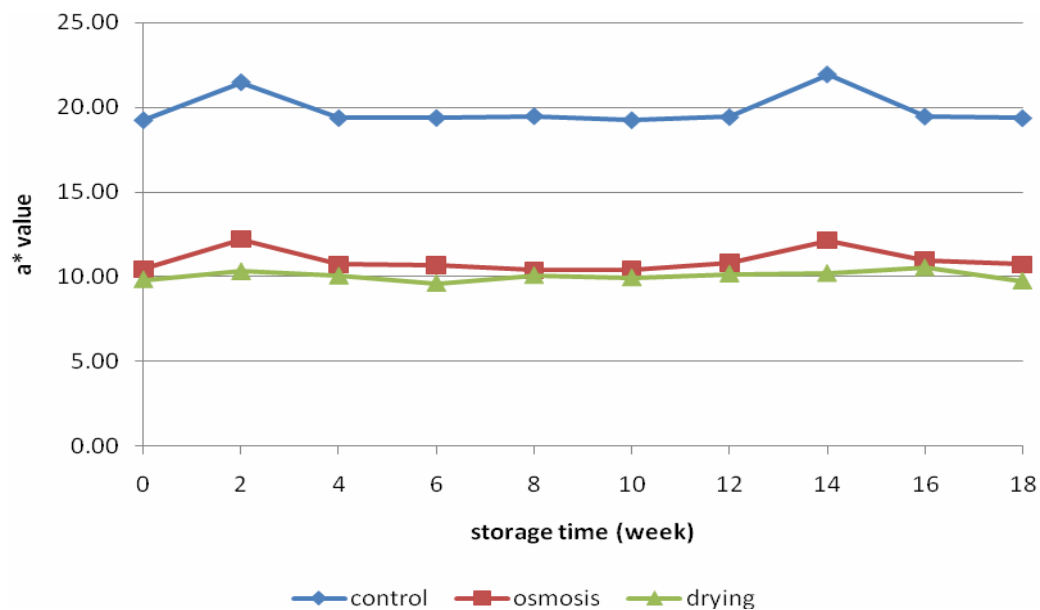


Figure 4.26: a* value of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen mango during storage

Table 4.45 b* value of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen mango during storage

เวลา (สัปดาห์)	ค่าสี b*			
	มะม่วงแช่แข็งหูดควบคุม	มะม่วงที่ผ่านการออสโมซิส	มะม่วงที่ผ่านการอบแห้ง	ค่าเฉลี่ย
0	26.19	29.73	21.01	25.64 a
2	27.13	30.66	21.92	26.57 ab
4	26.60	29.84	21.08	25.84 ab
6	26.25	29.75	21.05	25.68 ab
8	26.44	29.98	21.10	25.84 ab
10	26.46	30.01	21.35	25.94 ab
12	26.76	29.94	21.01	25.90 ab
14	26.95	30.77	22.11	26.61 b
16	30.22	33.39	30.04	31.22 c
18	26.11	29.80	21.49	25.80 ab
ค่าเฉลี่ย	26.91 B	30.39 C	22.22 A	

a,b,c ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันหมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

A,B,C ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันหมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

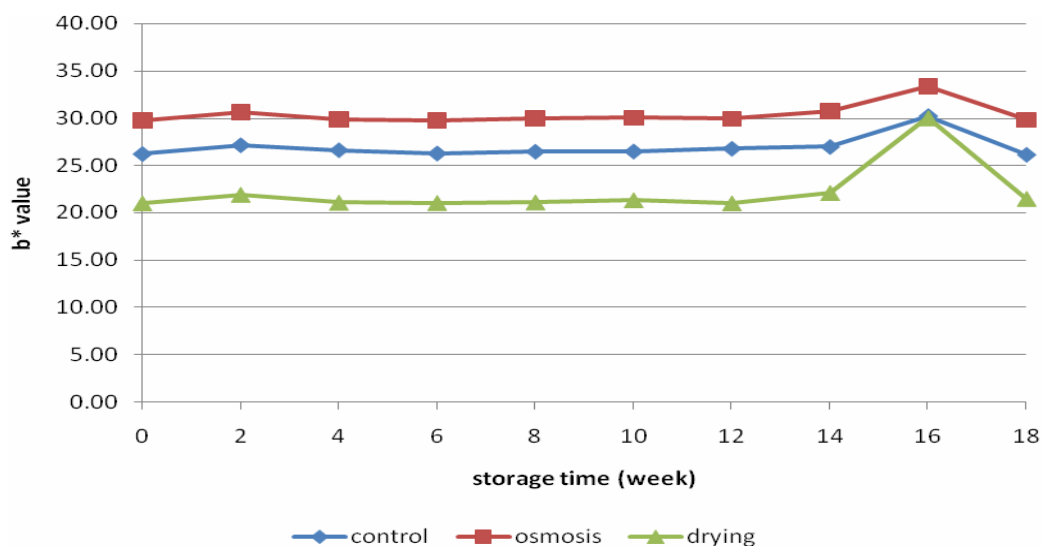


Figure 4.27: b* value of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen mango during storage

Table 4.46 Firmness of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen mango during storage

เวลา (สัปดาห์)	ความแน่นเนื้อหลังละลายน้ำแข็ง (N)			
	มะม่วงแช่แข็งชุดควบคุม	มะม่วงที่ผ่านการออสโมซิส	มะม่วงที่ผ่านการอบแห้ง	ค่าเฉลี่ย
0	1.89	1.86	1.92	1.89 b
2	1.85	1.74	1.90	1.83 a
4	1.87	1.80	1.91	1.86 a
6	1.87	1.80	1.91	1.86 a
8	1.86	1.71	1.98	1.85 a
10	1.92	1.82	2.02	1.92 cd
12	1.90	1.79	1.95	1.88 b
14	1.89	1.83	1.98	1.90 bc
16	1.98	1.84	2.00	1.94 c
18	1.92	1.82	2.01	1.92 c
ค่าเฉลี่ย	1.90 B	1.80 A	1.96 C	

a,b,c,d ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันหมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

A,B,C ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันหมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

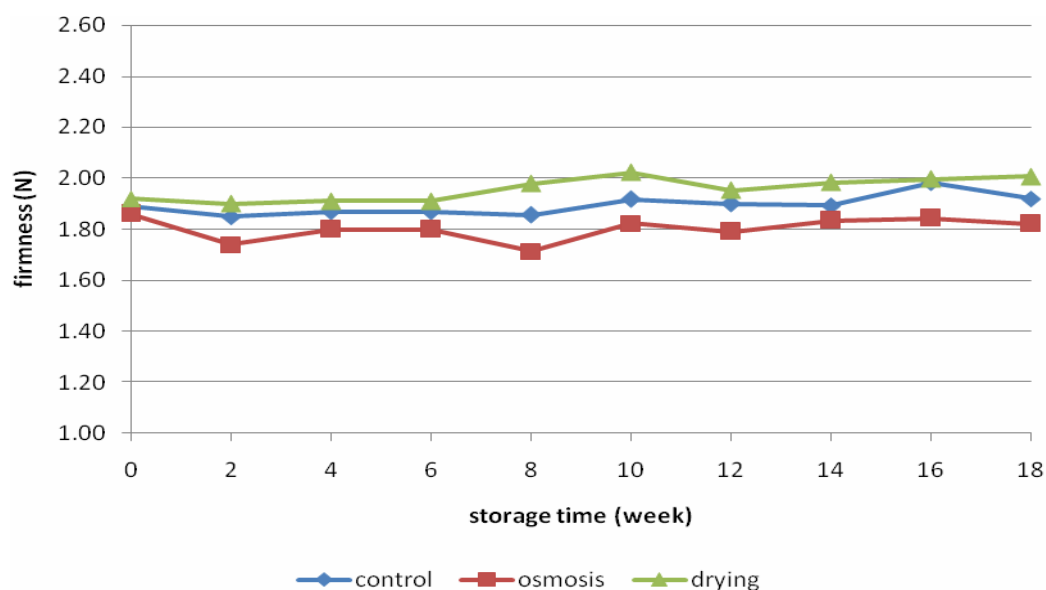


Figure 4.28: Firmness of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen mango during storage

Table 4.47 Color-liking score of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen mango during storage

เวลา (สัปดาห์)	คะแนนความชอบด้านสี		
	มะม่วงแช่แข็งชุดควบคุม	มะม่วงที่ผ่านการออสโมซิส	มะม่วงที่ผ่านการอบแห้ง
0	6.69	4.60	4.33
2	6.41	4.95	4.59
4	6.22	4.90	4.56
6	6.36	5.24	4.72
8	6.92	3.26	3.20
10	6.90	4.60	5.36
12	6.72	4.72	5.36
14	6.40	4.24	5.22
16	6.54	3.46	3.16
18	6.86	4.36	4.82

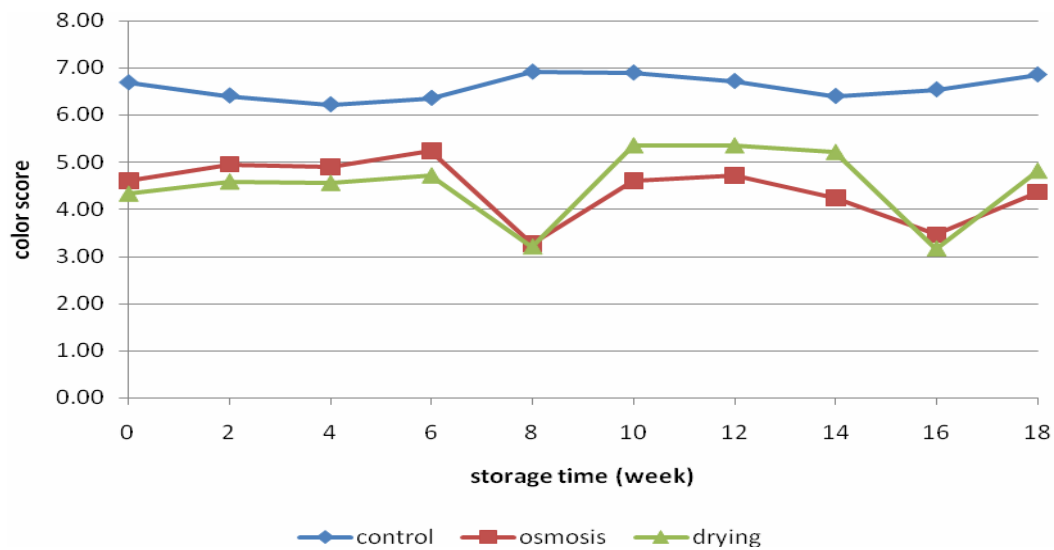


Figure 4.29: Color-liking score of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen mango during storage

Table 4.48 Flavor-liking score of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen mango during storage

เวลา (สัปดาห์)	คะแนนความชอบด้านกลิ่น		
	มะม่วงแช่แข็งชุดควบคุม	มะม่วงที่ผ่านการออสโมซิส	มะม่วงที่ผ่านการอบแห้ง
0	6.50	4.41	5.08
2	6.23	4.74	5.07
4	6.60	4.32	4.90
6	6.18	4.64	5.06
8	6.64	4.62	5.14
10	6.10	4.48	4.84
12	6.06	4.46	4.88
14	6.34	4.50	4.60
16	6.52	4.20	4.72
18	6.08	4.26	4.82

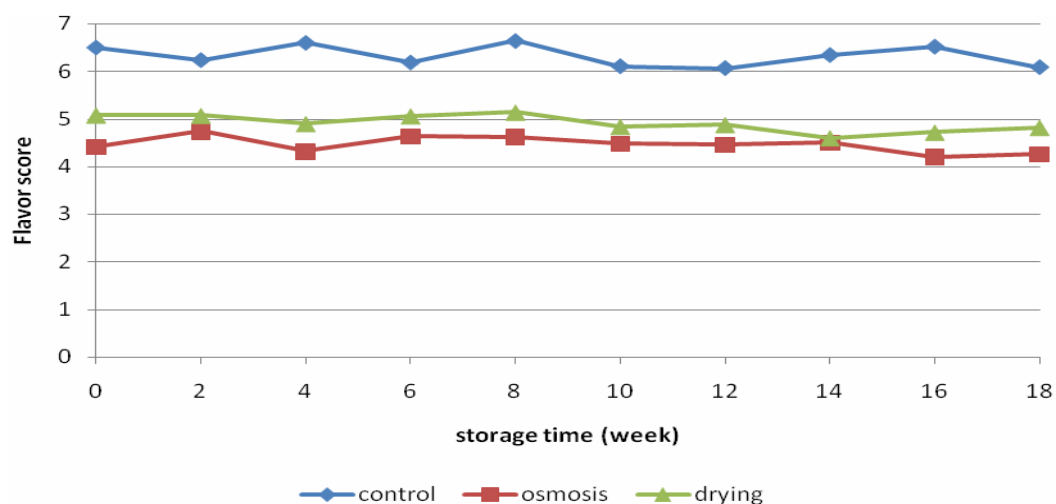


Figure 4.30: Flavor-liking score of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen mango during storage

Table 4.49 Appearance-liking score of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen mango during storage

เวลา (สัปดาห์)	คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ		
	มะม่วงแช่แข็งหุดควบคุม	มะม่วงที่ผ่านการออสโมซิส	มะม่วงที่ผ่านการอบแห้ง
0	6.85	3.68	4.71
2	6.49	4.27	4.78
4	6.74	3.50	4.30
6	6.46	3.98	4.24
8	6.80	3.42	4.94
10	6.70	3.58	4.92
12	6.70	3.62	4.82
14	6.74	3.62	4.44
16	6.86	3.48	4.40
18	6.68	3.16	4.30

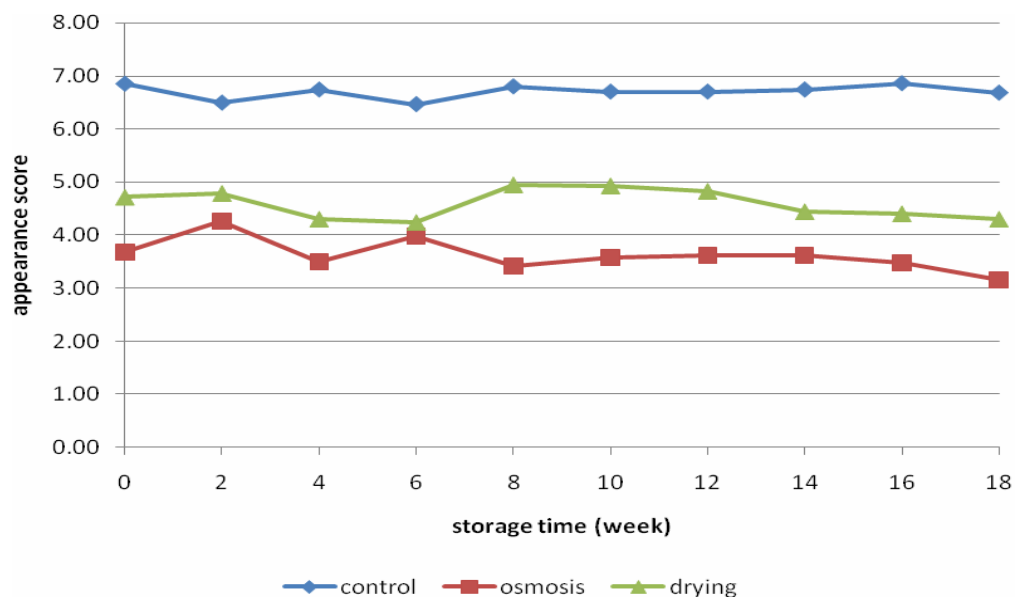


Figure 4.31: Appearance-liking score of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen mango during storage

Table 4.50 Firmness-liking score of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen mango during storage

เวลา (สัปดาห์)	คะแนนความชอบด้านลักษณะเนื้อสัมผัส		
	มะม่วงแช่แข็งชุดควบคุม	มะม่วงที่ผ่านการออสโมซิส	มะม่วงที่ผ่านการอบแห้ง
0	5.83	4.60	4.89
2	5.78	4.71	4.77
4	6.00	4.44	4.92
6	6.10	4.40	4.66
8	6.14	4.42	4.80
10	5.98	4.42	4.74
12	6.10	4.44	4.52
14	6.00	4.66	4.76
16	6.12	4.40	4.96
18	5.62	4.00	4.52

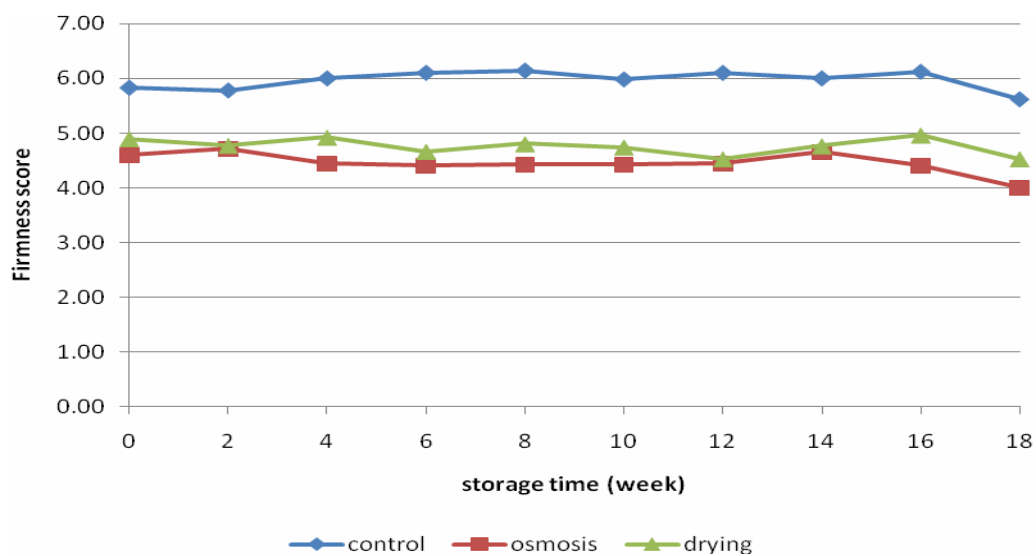


Figure 4.32: Firmness-liking score of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen mango during storage

Table 4.51 Taste-liking score of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen mango during storage

เวลา (สัปดาห์)	คะแนนความชอบด้านรสชาติ		
	มะม่วงแช่แข็งหุดควบคุม	มะม่วงที่ผ่านการออสโมซิส	มะม่วงที่ผ่านการอบแห้ง
0	6.10	5.16	5.77
2	5.87	5.27	5.33
4	5.82	4.56	5.74
6	5.76	4.66	5.30
8	5.94	4.60	5.76
10	6.00	4.52	5.50
12	6.00	4.54	5.52
14	6.22	4.80	5.52
16	6.20	5.14	5.58
18	5.66	4.26	5.24

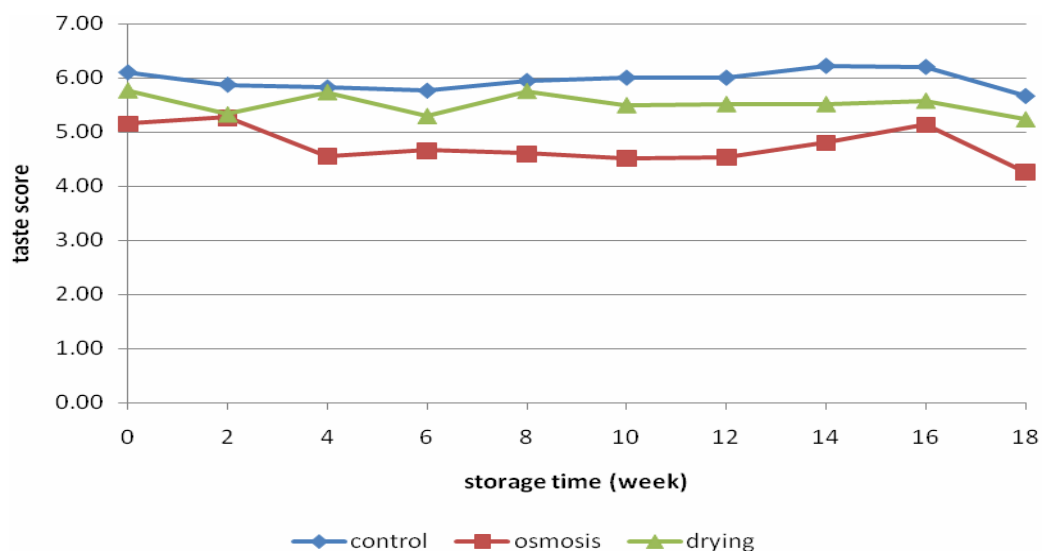


Figure 4.33: Taste-liking score of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen mango during storage

Table 4.52 Overall-liking score of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen mango during storage

เวลา (สัปดาห์)	คะแนนความชอบโดยรวม		
	มะม่วงแช่แข็งชุดควบคุม	มะม่วงที่ผ่านการออสโมซิส	มะม่วงที่ผ่านการอบแห้ง
0	6.79	4.09	5.12
2	6.16	4.25	4.77
4	6.44	3.90	5.36
6	6.20	4.16	4.82
8	6.60	4.04	5.30
10	6.34	4.16	5.26
12	6.08	4.04	4.92
14	6.76	4.30	5.12
16	6.84	3.98	3.98
18	6.32	4.20	5.30

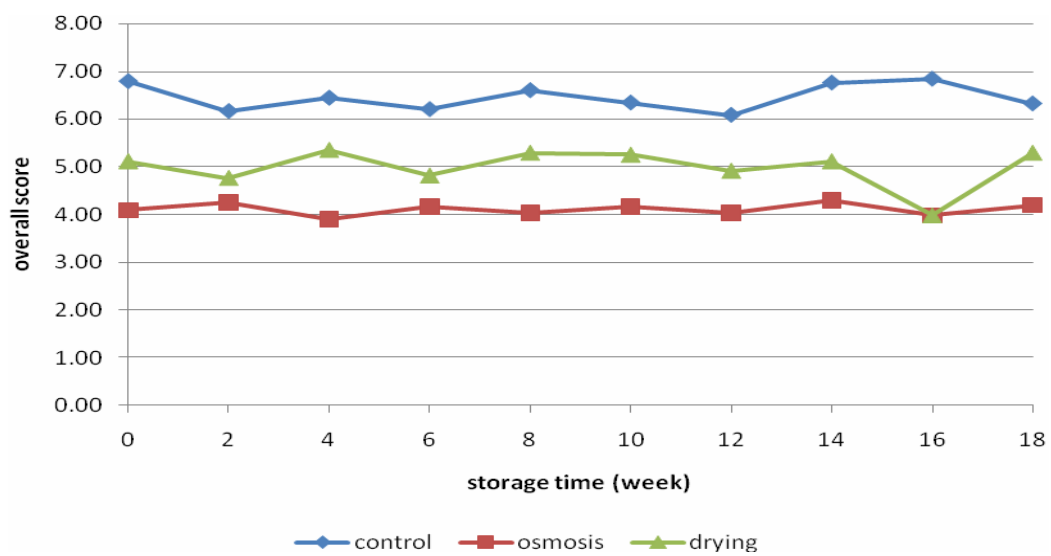


Figure 4.34: Overall-liking score of thawed samples from frozen, osmotic dehydrofrozen and hot-air dehydrofrozen mango during storage

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง

เปรียบเทียบปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในส่วนต่าง ๆ ของลำไย มะม่วง และลิ้นจี่ แบบสด และแปรรูป

ผลการศึกษาสารต้านอนุมูลอิสระในมะม่วง (พันธุ์น้ำดอกไม้ โชคอนันต์ และมหาชนก) ลำไย (เบ๊ยวเขียว อีตอ และสีชมพู) และลิ้นจี่ (ฮงฮวย กิมเจง และจักรพรรดิ) จากส่วนเนื้อ เปลือก และเมล็ด (รวมถึงเมล็ดในสำหรับกรณีมะม่วง) โดยใช้วิธีวิเคราะห์แบบ DPPH (ในรูปเทียบเท่ากรดแกลลิก สารแคเทชิน กรดเฟอรูลิก และกรดแอสคอร์บิก) ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด (ในรูปเทียบเท่ากรดแกลลิก และกรดเฟอรูลิก) ABTS (ในรูปของ TEAC และกรดแอสคอร์บิก) วิตามิน (ในรูปเทียบเท่าเบต้าแคโรทีนสำหรับวิตามินเอ และวิตามินซี) ทั้งนี้ระดับmaturity index (TSS/TA) ของผลไม้ทั้งสามชนิดอยู่ในช่วง 30 – 60, 54 – 94 และ 18 - 45 สำหรับมะม่วง ลำไย และลิ้นจี่ตามลำดับ พบว่าในภาพรวมเปลือกและเมล็ดของมะม่วงโดยเฉพาะสายพันธุ์น้ำดอกไม้มีสารต้านอนุมูลอิสระในปริมาณมากกว่ามะม่วงสายพันธุ์อื่นรวมถึงลำไยและลิ้นจี่ ทั้งนี้สารต้านอนุมูลอิสระที่พบมากในลิ้นจี่อยู่ในรูปของ TEAC ทั้งสามสายพันธุ์ โดยพบว่ามีความใกล้เคียงกันทั้งในส่วนเนื้อ เปลือก และเมล็ด ในขณะที่พบสารดังกล่าวมากในส่วนของเมล็ด ลำไยทุกสายพันธุ์ที่วิเคราะห์ นอกจากนี้เปลือกของลิ้นจี่สายพันธุ์กิมเจงยังมีปริมาณวิตามินเอ ในรูปของเบต้าแคโรทีนในระดับสูงที่สุด รองลงมาได้แก่เปลือกลำไย และเปลือกมะม่วงพบในปริมาณน้อยที่สุด ในแง่ของปริมาณวิตามินซีสำหรับลิ้นจี่และลำไยพบมากในส่วนของเนื้อ แต่ปริมาณวิตามินซีระดับสูงที่สุดของผลไม้ทั้งสามชนิดพบในเปลือกหุ้มเมล็ดของมะม่วงสายพันธุ์มหาชนก

จากผลการวิจัยนี้จะเห็นว่าสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญส่วนใหญ่ของผลไม้ทั้งสามมักกระจายตัวในส่วนที่ไม่นิยมนำมาบริโภค เช่น เปลือกและเมล็ด ดังนั้นจึงควรดำเนินการวิจัยขั้นต่อไปในการนำส่วนเหล่านี้มาใช้ประโยชน์สูงสุดเพื่อเพิ่มมูลค่าของผลผลิตทางการเกษตร เช่นในรูปของอาหารเสริมสุขภาพรวมถึงสารเติมแต่งเพื่อยืดอายุและรักษาคุณภาพของอาหาร

กระบวนการแปรรูปและการเก็บรักษามะม่วง ลิ้นจี่ และลำไยสดพร้อมบริโภค

ผลการศึกษาความเป็นไปได้ในการพัฒนากระบวนการผลิตผลไม้สดพร้อมบริโภคจาก ผลมะม่วง ลิ้นจี่ และลำไยพันธุ์ต่าง ๆ สามารถสรุปได้ดังนี้

สารละลายกรดเปอร์ออกซีอะซิดิก ความเข้มข้น 100 ppm สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดที่เปลือกของผลมะม่วงและลิ้นจี่ได้ดีกว่าสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ความเข้มข้น 200 ppm ในขณะที่ไม่พบความแตกต่างของการใช้สารละลายทั้งสองในการลดจำนวนจุลินทรีย์ที่เปลือกของลำไย

สารละลายกรดเปอร์ออกซีอะซิดิก ความเข้มข้น 50ppm สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดบนเนื้อผลไม้ที่ผ่านการตัดแต่งแล้วทั้งสามชนิดได้ดีกว่าสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ความเข้มข้น 50 ppm

ระยะเวลาสุกของมะม่วงที่เหมาะสมในการนำมาผลิตเป็นมะม่วงสุกหั่นชิ้นคือระยะการสุกที่ 1 (ปม 3 วัน) เนื่องจากเก็บรักษาได้นาน โดยคุณภาพไม่เปลี่ยนแปลงมากในระหว่างการเก็บรักษา

รูปแบบการหั่นชิ้นที่เหมาะสมสำหรับมะม่วง ควรหั่นชิ้นขนาดใหญ่ (สองชิ้นต่อผล) เนื่องจาก หากชิ้นมะม่วงมีขนาดเล็กจะทำให้อัตราการหายใจและการรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ เพิ่มขึ้น

สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 1% มีประสิทธิภาพในการปรับปรุงความแน่นเนื้อของเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นและเนื้อลิ้นจี่สดได้ แต่ไม่สามารถปรับปรุงความแน่นเนื้อของเนื้อลำไยสดได้

ระยะการสุกที่เหมาะสมต่อการผลิตเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นพร้อมบริโภค

การทดสอบวิธีการผลิตผลไม้สดพร้อมบริโภคสามชนิด ได้แก่ มะม่วงจำนวน 3 สายพันธุ์ ลิ้นจี่จำนวน 3 สายพันธุ์ และลำไยจำนวน 2 สายพันธุ์ อายุผลมะม่วงสุกที่เหมาะสมต่อการผลิตผลไม้สดพร้อมบริโภค เริ่มนับจากการบ่มผลมะม่วงดิบด้วยแคลเซียมคาร์ไบด์ (สัดส่วน 1 กรัม/ผลไม้ 1 กิโลกรัม) ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน เพื่อวัตถุประสงค์ในการทำลายเชื้อปนเปื้อนที่เปลือกผลไม้ จึงทดลองใช้กรด peroxyacetic เข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ระดับ pH 3.2 – 3.4 และพบว่ากรดดังกล่าวสามารถลดจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดที่ต้องการใช้ออกซิเจนในการเจริญเติบโต บนผิวผลมะม่วงและผลลิ้นจี่ ได้ในระดับที่สูงกว่าการใช้ sodium hypochlorite เข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่ไม่พบว่ามีผลแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อจำนวนเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดที่ต้องการใช้ออกซิเจนในการเจริญเติบโต เมื่อดำเนินการทดสอบกับเปลือกลำไย การใช้กรด peroxyacetic เข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตรเป็นเวลา 1 นาทีสามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ที่เนื้อมะม่วง ลิ้นจี่ และลำไย พร้อมบริโภคได้อย่างมีประสิทธิภาพ การแช่เนื้อผลไม้ในสารละลาย calcium chloride เข้มข้น 1% ช่วยเพิ่มความแน่นเนื้อของชิ้นเนื้อมะม่วงและลิ้นจี่ แต่ไม่พบในกรณีของเนื้อลำไย อายุการเก็บรักษาของผลมะม่วง ลิ้นจี่ และลำไยพร้อมบริโภค ที่บรรจุในภาชนะ polyethylene clamshell และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 + 1 องศาเซลเซียส อยู่ที่ 5 – 6 วัน

พัฒนากระบวนการอบแห้งมะม่วง และลิ้นจี่โดยไม่ใช้สารประกอบของซัลเฟอร์

ผลจากการศึกษาเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์ที่ผ่านการแช่ในสารละลาย 9 ชุดการทดลองและชุดควบคุมที่ไม่ผ่านการแช่สารละลาย พบว่าเนื้อมะม่วงสุกที่ผ่านการแช่ในสารละลายผสมระหว่าง 4-เฮกซิลเรโซซินอล ความเข้มข้น 0.001 โมลาร์ โพแทสเซียมซอร์เบท ความเข้มข้น 0.05 โมลาร์ และไอโซแอสคอร์บิก ความเข้มข้น 0.5 โมลาร์ และเนื้อมะม่วงสุกที่ผ่านการแช่ในสารละลายผสมระหว่างกรดแอสคอร์บิก ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ และโพแทสเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ จะมีค่าสี L^* และ b^* เพิ่มขึ้น และมีค่า a^* ลดลงเมื่อเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่ผ่านการแช่สารละลาย และสามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสและโพลีฟีนอลออกซิเดสได้ดีที่สุด

ผลจากการศึกษาของเนื้อลิ้นจี่พันธุ์ฮวงฮวยที่ผ่านการแช่ในสารละลายทั้ง 6 ชุดการทดลอง และชุดควบคุมที่ไม่ผ่านการแช่สารละลาย พบว่าเนื้อลิ้นจี่พันธุ์ฮวงฮวยที่ผ่านการแช่ในสารละลายผสมระหว่าง 0.5 เปอร์เซ็นต์ คาราจีแนน และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ กรดซิตริก พบว่าจะมีค่าสี L^* สูงสุด และสามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสและโพลีฟีนอลออกซิเดสได้ดีที่สุด และ เนื้อลิ้นจี่พันธุ์ฮวงฮวยที่ผ่านการแช่ในสารละลายผสมระหว่าง 10 เปอร์เซ็นต์ มอลโตเดกซ์ตริน และ 0.2 เปอร์เซ็นต์ กรดซิตริก จะมีค่าสี a^* ต่ำสุด และสามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสได้ดีที่สุดเช่นเดียวกับชุดการทดลองที่ผ่านการแช่ในสารละลายผสมระหว่าง 0.5 เปอร์เซ็นต์ คาราจีแนน และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ กรดซิตริก

ผลจากการศึกษาวิธีการแช่ในสารละลายทั้ง 3 วิธี พบว่าการแช่เนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชค-อนันต์ในสารละลายผสมระหว่าง 4-เฮกซิลเรโซซินอล ความเข้มข้น 0.001 โมลาร์ โพแทสเซียมซอร์เบท ความเข้มข้น 0.05 โมลาร์ และไอโซแอสคอร์บิก ความเข้มข้น 0.5 โมลาร์ ภายใต้สภาวะสุญญากาศ 20 นาที ร่วมกับสภาวะปกติ 2 นาที ก่อนนำไปอบแห้ง จะมีค่าสี L^* และ b^* เพิ่มขึ้น และสามารถลดกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสและเปอร์ออกซิเดสได้มากที่สุด

ผลจากการศึกษาวิธีการแช่ในสารละลายทั้ง 3 วิธี พบว่าการแช่เนื้อลิ้นจี่พันธุ์ฮวงฮวยในสารละลายผสมระหว่าง 0.5 เปอร์เซ็นต์ คาราจีแนน และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ กรดซิตริก ภายใต้สภาวะสุญญากาศ 20 นาที ร่วมกับสภาวะปกติ 2 นาที ก่อนนำไปอบแห้ง สามารถลดกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสและเปอร์ออกซิเดสได้มากที่สุด

ผลจากการศึกษากระบวนการทำแห้งที่เหมาะสม พบว่าระยะเวลาที่เหมาะสมในการอบแห้งเนื้อมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ด้วยเตาอบลมร้อนคือ อบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง หลังจากนั้นลดอุณหภูมิในการอบเป็น 60 องศาเซลเซียส นาน 13 ชั่วโมง

ผลจากการศึกษาหาปริมาณความเข้มข้นของสารที่มีศักยภาพในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลที่เหมาะสม พบว่าเนื้อมะม่วงอบแห้งที่ผ่านการแช่ในสารละลายผสมระหว่าง 4-เฮกซิลเรโซซินอล ความเข้มข้น 0.01 เปอร์เซ็นต์ ไอโซแอสคอร์บิก ความเข้มข้น 9.0 เปอร์เซ็นต์ และโพแทสเซียม-ซอร์เบท ความเข้มข้น 0.85 เปอร์เซ็นต์ ภายใต้สภาวะสุญญากาศ 20 นาที ร่วมกับสภาวะปกติ 2 นาที จะมีค่าสี L^* , b^* มากที่สุด และมีค่าสี a^* น้อยที่สุด และมีค่าใกล้เคียงกับเนื้อมะม่วงอบแห้งที่ผ่านการแช่ในสารละลายโซเดียมไฮโดรเจนซัลไฟต์ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ (ชุดควบคุม) และสามารถลดกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสและเปอร์ออกซิเดสได้มากที่สุด

การเปลี่ยนแปลงเนื้อมะม่วงอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิการเก็บรักษา 4, 25 และ 35 องศาเซลเซียส พบว่าค่าสี L^* , a^* และ b^* ของเนื้อมะม่วงอบแห้งพันธุ์โชคอนันต์ชุดควบคุมและชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และค่ากิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส และเปอร์ออกซิเดสในเนื้อมะม่วงอบแห้งชุดควบคุมจะมีค่ามากกว่าเนื้อมะม่วงอบแห้งชุดการทดลองอย่างมีนัยสำคัญ และไม่พบกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์-ออกซิเดสของเนื้อมะม่วงอบแห้งในชุดการทดลองตลอดอายุการเก็บรักษาเป็นเวลา 16 สัปดาห์สำหรับปริมาณน้ำตาลรีดิวซิง ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ปริมาณความชื้น และกิจกรรมของน้ำ ของเนื้อมะม่วงอบแห้งชุดควบคุมและชุดการทดลองมีค่าลดลง ส่วนค่าพีเอชพบว่ามีเปลี่ยนแปลงขึ้นลงเล็กน้อยไม่แตกต่างกันในระหว่างการเก็บรักษา ในด้านปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราของเนื้อมะม่วงอบแห้งพันธุ์โชคอนันต์ชุดควบคุม และชุดการทดลองเมื่อเริ่มต้นและภายหลังการเก็บรักษา พบว่ามีค่าต่ำกว่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ อุตสาหกรรมสำหรับผลไม้แห้งจึงไม่เกิดการเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์

ผลการพิจารณาทางด้านประสาทสัมผัสของเนื้อมะม่วงอบแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิการเก็บรักษา 4, 25 และ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 สัปดาห์ พบว่าคะแนนที่มีต่อค่าสี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม มีค่าลดลง แปรผันตามอุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บรักษา นั่นคืออุณหภูมิยิ่งสูง ระยะเวลาในการเก็บยิ่งนาน คะแนนที่ได้ยิ่งลดลง เมื่อพิจารณาคะแนนที่ได้ในทุกปัจจัยจะพบว่า การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จะมีคะแนนสูงกว่าอุณหภูมิอื่น สำหรับสารละลายที่ใช้แช่คือ สารละลายผสมระหว่าง 4-เฮกซิลเรโซซินอล ความเข้มข้น

0.01 เปอร์เซ็นต์ ไอโซแอสคอร์บิก ความเข้มข้น 9.0 เปอร์เซ็นต์ และโพแทสเซียมซอร์เบท ความเข้มข้น 0.85 เปอร์เซ็นต์ จะให้ผลิตภัณฑ์ที่มีคะแนนการยอมรับในทุกปัจจัยใกล้เคียงกับชุดที่แอสซาลายโซเดียมไฮโดรเจนซัลไฟด์ ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ (ชุดควบคุม) หลังเก็บรักษาเป็นเวลา 16 สัปดาห์

ข้อเสนอแนะ

1. การเลือกผลมะม่วงที่ใช้เป็นวัตถุดิบควรเลือกกระยะที่มีความแก่จัดทางการค้า ซึ่งมีความสำคัญต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากถ้ามะม่วงยังอ่อนอยู่เมื่อนำมาแปรรูปจะทำให้มีรสชาติจืด ดังนั้นความสม่ำเสมอของวัตถุดิบจึงมีความสำคัญต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์
2. ควรมีการศึกษาความสามารถในการเป็นสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลเปรียบเทียบระหว่าง มะม่วงพันธุ์โชคอนันต์กับมะม่วงพันธุ์อื่นๆ
3. ควรมีการศึกษาวิธีการอบแห้งวิธีการอื่น เช่น การอบแห้งแบบสุญญากาศ เพื่อลดการเสื่อมเสียคุณภาพทางด้านสี และลดระยะเวลาในการอบแห้ง

กระบวนการผลิตมะม่วง และลีน้จืดอบแห้งชนิดหวานน้อย

มะม่วง

จากการวิเคราะห์หิมะม่วงอบแห้ง ($Aw \approx 0.6$) ภายหลังจากเก็บรักษาพบว่า การทำ pre-treatment โดยการแช่สารละลายต่างๆ ส่งผลต่อการลดลงของปริมาณความชื้นและ ค่า AW ของมะม่วง โดยการทำ pre-treatment ด้วยสารละลายส่งผลให้ค่าความสว่างเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะตัวอย่างที่แช่ glycerol 10 % พบว่า เมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้องมีการเปลี่ยนแปลงเป็นสีน้ำตาลเล็กน้อยเมื่อเทียบกับ treatment อื่นๆ นอกจากนี้จากการศึกษาผลของการลวกพบว่า การลวกส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีความชื้นสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีการลวกเล็กน้อย และมีค่าความสว่างเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับสภาวะที่ไม่มีการลวก

จากการวิเคราะห์หิมะม่วงอบแห้งภายหลังจากเก็บรักษาพบว่า การทำ pre-treatment โดยการแช่สารละลายต่างๆ ทำให้ปริมาณความชื้นและ ค่า AW ของมะม่วงอบแห้งลดลง เมื่อวิเคราะห์ค่า DB และปริมาณ HMF พบว่าตัวอย่างที่ผ่านการลวกและไม่ลวกแล้วนำไปแช่ด้วยสารละลาย trehalose จะมีค่า DB และปริมาณ HMF ต่ำกว่าตัวอย่างอื่นๆ โดยการทำ pre-treatment ด้วยสารละลายส่งผลให้ค่าความสว่างเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ตัวอย่างที่แช่สารละลายออสโมติก พบว่า เมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้องมีการเปลี่ยนแปลงเป็นสีน้ำตาลเล็กน้อยเมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม

นอกจากนี้จากการศึกษาผลของการลวกพบว่า การลวกส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ มีค่าความสว่างเพิ่มขึ้น มีค่า DB และปริมาณ HMF ลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับสภาวะที่ไม่มีการลวก ตัวอย่างมะม่วงที่ผ่านการแช่ด้วยสารละลาย glycerol 10% แล้วผ่านการลวกมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งแบคทีเรีย ยีสต์ และรา ต่ำกว่าตัวอย่างที่ไม่ผ่านการลวก และตัวอย่างควบคุม

ลันจี

กระบวนการทำ pre-treatment ก่อนการอบแห้งส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์หลังการอบแห้ง โดยค่า %MC และ AW ของตัวอย่างที่แช่ในสารละลายออสโมติกของ sucrose ร่วมกับ glycerol และ trehalose จะมีค่าค่อนข้างสูงกว่าลันจีที่แช่ในกรด และสภาวะควบคุม อย่างไรก็ตามการทำ pre-treatment ด้วย glycerol และ trehalose จะช่วยปรับปรุงและรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์อบแห้งในด้านของสีระหว่างการเก็บรักษามากที่สุด เนื่องจากสารดังกล่าวมีความสามารถในการช่วยชะลอหรือลดการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล โดยที่ไม่ทำให้ total phenolic content ลดลง ดังนั้น glycerol และ trehalose จึงมีความเป็นไปได้สูงที่จะสามารถนำมาใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพมากขึ้น และมีราคาต้นทุนที่สมเหตุสมผลกับการนำมาประยุกต์ใช้

นอกจากนี้ในส่วนของการศึกษาสภาวะในการอบแห้งพบว่าอุณหภูมิในการอบแห้งไม่ส่งผลต่อค่า %MC และ AW ของลันจีหลังการอบแห้ง เนื่องจากระยะเวลาที่ใช้ในการอบไม่เท่ากัน การอบแห้งที่อุณหภูมิสูงส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสีในทุกด้าน รวมถึงส่งผลให้ค่า DB และ HMF เพิ่มขึ้น ในขณะที่กิจกรรมของเอนไซม์ PPO ลดลง โดยที่ปริมาณ total phenolic ไม่เปลี่ยนแปลง อย่างไรก็ตามการทำ step-wise ที่ 80°C-70°C มีประสิทธิภาพในการช่วยรักษาคุณภาพด้านสีของผลิตภัณฑ์ได้ดีเมื่อเปรียบเทียบกับกรอบที่อุณหภูมิสูง และไม่ใช้เวลาในการอบที่นานเกินไปเมื่อเปรียบเทียบกับกรอบที่อุณหภูมิต่ำ

การทำผลิตภัณฑ์ มะม่วง ลันจี และลำไยผง โดยใช้เทคนิคลดขนาดที่อุณหภูมิต่ำมาก

ผลการศึกษาการใช้เทคนิคลดขนาดที่อุณหภูมิต่ำมากรวมกับการทำแห้งเนื้อผลไม้สามชนิด (มะม่วงสายพันธุ์โชคอนันต์, ลันจีสายพันธุ์ฮงฮวย และลำไยสายพันธุ์อีตอ) จำนวน 3 วิธีการ แล้วทำการวิเคราะห์ค่าสี L a b ค่า aw ค่าปริมาณความชื้น ค่ากิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ peroxidase และ polyphenol oxidase รวมถึงขนาดและการกระจายตัวของผงเนื้อผลไม้ที่ได้ พบว่าวิธีการที่ (1) นำเนื้อผลไม้แต่ละชนิดไปแช่ในโตรเจนเหลวเป็นเวลา 2 นาที ก่อนที่จะ (2) นำตัวอย่างที่ได้ไปบดในเครื่องบด hammer mill ที่มีการเติมไนโตรเจนเหลวอย่างต่อเนื่อง จากนั้น (3) นำตัวอย่างที่ได้ไปทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งเป็นเวลา 48 ชั่วโมง แล้วจึงนำไปบดในเครื่องบด hammer mill ที่มีการเติมไนโตรเจนเหลวอย่างต่อเนื่องอีกครั้งหนึ่ง จนกระทั่งได้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงรูปลักษณะเป็นวิธีที่มีความเหมาะสมที่สุด เนื่องจากทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ผงเนื้อผลไม้ทั้งสามชนิดที่ไม่จับกลุ่มกันเป็นก้อน โดยเฉพาะผงเนื้อลันจีที่ได้จากวิธีการนี้จะมีการกระจายตัวของขนาดผงอนุภาคที่ค่อนข้างสม่ำเสมอว่าการลดขนาดด้วยวิธีการอื่น และทำให้ได้สัดส่วนโดยมวล ของผงอนุภาคในช่วงที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่ามีค่าความสว่างในระดับที่ค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับเนื้อผลไม้สด มีค่า aw ในระดับที่ต่ำกว่า 0.6 ทำให้เก็บผงผลิตภัณฑ์ได้นานปราศจากการเจริญของจุลินทรีย์

การพัฒนากระบวนการแช่แข็งเนื้อมะม่วงและลิ้นจี่

อัตราการสูญเสียน้ำหนัก การลดลงของปริมาณความชื้น การเพิ่มขึ้นของปริมาณของแข็งทั้งหมดและปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในลิ้นจี่และมะม่วงจะมีค่ามากในช่วง 2 ชั่วโมงแรกของกระบวนการออสโมซิส จากนั้นอัตราการลดลงจะช้าลง และคงที่ในที่สุด

การสูญเสียน้ำหนัก การลดลงของปริมาณความชื้น การเพิ่มขึ้นของปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ และค่าสีของมะม่วงระหว่างการออสโมซิสมีลักษณะเช่นเดียวกับลิ้นจี่

กระบวนการออสโมติกและปริมาณความชื้นในลิ้นจี่และมะม่วงก่อนแช่แข็งมีผลต่อคุณภาพของลิ้นจี่หลังการละลายน้ำแข็งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยเฉพาะอย่างยิ่งการสูญเสียน้ำหนักและความแน่นเนื้อหลังการละลายน้ำแข็ง การออสโมซิสและการลดปริมาณความชื้นในลิ้นจี่และมะม่วงก่อนแช่แข็งทำให้ปริมาณของเหลวที่ไหลออกจากผลิตภัณฑ์หลังการละลายน้ำแข็งลดลงอย่างมาก การออสโมซิสทำให้ความแน่นเนื้อของลิ้นจี่ก่อนแช่แข็งลดลง ส่วนการอบแห้งทำให้ความแน่นเนื้อของมะม่วงเพิ่มขึ้น และเมื่อละลายน้ำแข็งแล้วความแน่นเนื้อลิ้นจี่ออสโมซิสจะต่างจากลิ้นจี่ที่ไม่ผ่านการออสโมซิสไม่มาก ส่วนมะม่วงที่ผ่านการอบแห้งจะมีความแน่นเนื้อมากกว่ามะม่วงชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ

การดึงน้ำออกจากผลไม้ก่อนการแช่แข็งโดยการออสโมซิสและการอบแห้งช่วยให้คุณภาพของลิ้นจี่และมะม่วงภายหลังการละลายน้ำแข็งดีขึ้น โดยลิ้นจี่ที่ผ่านการออสโมซิส 1 ชั่วโมง 30 นาทีก่อนการแช่แข็ง ซึ่งมีความชื้นประมาณ 75% มีคุณภาพทางกายภาพและเคมีดีกว่าชุดควบคุม และได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสสูงที่สุด ส่วนมะม่วงที่ผ่านการอบแห้งก่อนการแช่แข็งจนมีความชื้น 65% มีคุณภาพทางกายภาพและเคมีดีกว่ามะม่วงชุดควบคุม แต่มีผลการยอมรับทางประสาทสัมผัสต่ำกว่ามะม่วงชุดควบคุม

คุณภาพทางกายภาพ เคมี และทางประสาทสัมผัสของลิ้นจี่และมะม่วงแช่แข็งมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส

ข้อเสนอแนะ

1. การลดความชื้นโดยการออสโมซิสเป็นกระบวนการที่ใช้เวลานาน จึงควรใช้เทคนิคอื่นร่วมด้วยเพื่อลดระยะเวลาการแช่ในสารละลาย เช่น การใช้สุญญากาศร่วมกับการออสโมซิส
2. ควรรับประทานผลไม้แช่แข็งในลักษณะเดียวกับการรับประทานไอศกรีม โดยการให้น้ำแข็งละลายเพียงบางส่วนเท่านั้น เพื่อให้มีการยอมรับทางด้านลักษณะปรากฏและเนื้อสัมผัสดีขึ้น

เอกสารอ้างอิง

กาญจนา เกียรติมนิรัตน์. 2543. มะม่วงเพื่อการส่งออก. วารสารเคหเกษตร. 24(4) : 76-80.

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2548.

<http://www.doae.go.th/plant/lychee.htm> (accessed 13/08/05)

<http://www.doae.go.th/plant/mango.htm> (accessed 13/08/05)

กรมวิชาการเกษตร. 2552. ลิ้นจี่. (ระบบออนไลน์) แหล่ง: <http://it.doa.go.th/vichakan/news.php?newsid=38>. (เข้าถึงเมื่อ 19 ตุลาคม 2552).

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข. 2547. เกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: <http://www.dmsc.moph.go.th/webroot/RQSF/indexMain.htm> (27 กันยายน 2551).

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2548.

<http://www.moac.go.th/builder/fruit/index.php?page=463&clicksub=463> (accessed 13/08/05)

<http://www.moac.go.th/builder/fruit/index.php?page=467&clicksub=467> (accessed 13/08/05)

กฤติยา เชื้อนเพชร. 2546. ผลของสารด้านการเกิดสีน้ำตาลต่อพลับทั้งแห้ง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

จักรกฤษณ์ อินทวัฒน์. 2546. ผลของแคลเซียมคาร์ไบด์ต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมี ระหว่างการสุกของมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์และมหาชนก. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

จันทร์สุดา จงสวัสดิ์และนิธิยา รัตนปนนท์. คุณภาพและอายุการเก็บรักษาของผลไม้สดพร้อมบริโภค (มะละกอสุก ฝรั่ง และแคนตาลูป). 2538. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 148 หน้า.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2538. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ. นครปฐม.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2546. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร. 396 หน้า.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2549. ชีววิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและการหายใจของพืช. พิมพ์ครั้งที่ 1. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ฐานความรู้ด้านพืช กรมวิชาการเกษตร. 2548.

http://www.doa.go.th/data-agri/02_LOCAL/oard4/mango_indus/main.html (accessed 13/08/05)

http://www.doa.go.th/data-agri/02_LOCAL/oard1/linchii/main.html (accessed 13/08/05)

ณัฐยา คนเชื้อ. 2546. การพัฒนากระบวนการผลิตมะม่วงแก้วอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ แบบอุโมงค์ และเครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศ วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

- ณภัทร บัวคลี่คล้าย. 2550. ผลของสารเคลือบผิวและอุณหภูมิต่ออายุการเก็บรักษาชมพูพันธุ์ทับทิมจันทร์. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.
- ดาวเรือง ศรีกอก. 2530. ดัชนีการเก็บเกี่ยวและการเก็บรักษาผลลำไยพันธุ์ดอ (Euphoria longana Lam. cv. Daw) วิทยานิพนธ์ปริญญาโทสาขาชีววิทยามหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 156 น.
- दनัย บุญยเกียรติ และนริยา รัตนานนท์. 2548. การปฏิบัติการภายหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ. 146 น.
- ดวงตรา กษานติกุล. 2526. การศึกษาการเจริญเติบโต การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีและดัชนีการเก็บเกี่ยวของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร.
- เดช ทิวทอง. 2542. มะม่วงมหาชนก. เอกสารแผ่นพับเผยแพร่. บริษัทสวนส้มวังน้ำลึกจำกัด. ลำพูน.
- เทิดพงษ์ เจริญ. 2546. การวิเคราะห์พารามิเตอร์ในการอบแห้งมะม่วง. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ธีราพร ไชยวรรณ. 2536. การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ-เคมีระหว่างการสุกของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ หนึ่งกลางวันและแรด. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัย เชียงใหม่.
- นิตยา อักษรเนียม. 2548. ตลาดมะม่วงคุณภาพไทยในญี่ปุ่น.เคหการเกษตร. 29 (9):2-9.
- นริยา รัตนานนท์ และดนัย บุญยเกียรติ. 2533. “มะม่วง” ใน วิทยาการหลังเก็บเกี่ยวผักและผลไม้เศรษฐกิจ. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.
- นริยา รัตนานนท์ จันทรสุดา จงสวัสดิ์ และ สรวรสุดา ไชยทิพย์. การศึกษา คุณภาพทางเคมีและทางจุลินทรีย์ในผลไม้สดพร้อมบริโภคที่วางจำหน่ายในจังหวัดเชียงใหม่. 2538. รายงานฉบับสมบูรณ์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 81 หน้า.
- นริยา รัตนานนท์. 2544. หลักการแปรรูปอาหารเบื้องต้น.โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.148 น.
- นिरาศ กิ่งเวที. 2546. การใช้สารดูดความชื้นในการปรับปรุงคุณภาพสับปะรด แช่อิ่มอบแห้ง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์การอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- นพดล จรัสสมุทร, พาวิน มโนชัย, นพมณี โทบุญญานนท์, ธีรเดช จันทรชิต, วินัย วิริยะอลงกรณ์ และ พิชัย สมบูรณ์วงศ์. 2543. การผลิตลิ้นจี่. โครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตลำไยและลิ้นจี่ มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่.
- นภกานต์ แดงสุวรรณ. 2547. กิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสและโพลีฟีนอลออกซิเดสระหว่างการเก็บรักษาเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์โชคอนันต์แช่เยือกแข็ง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- บุญส่ง กุณกุล. 2543. อิทธิพลของระยะความแก่ต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมีของผลลิ้นจี่แช่ แช้ง วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- ประสาร สวัสดิ์ชิตัง. 2538. การเกิดสีน้ำตาลของอาหารและการควบคุมป้องกัน. วารสารอาหาร. 25(3) : 160-169.
- พัชรกานต์ บัวนาค. 2546. คุณภาพของกล้วยน้ำว้าอบด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์และ เครื่องอบแห้งลมร้อนแบบถาดหมุน.วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

- พันธุ์ไม้ดอกหอม. 2542. http://www.panmai.com/Direction/Tree_S_1.htm (accessed 13/08/05)
- พาวิน มะโนชัย. 2543. ลำไย. สาขาไม้ผล ภาควิชาพืชสวน คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่. 155 น.
- พรรณนิภา ชุมศรี. 2536. การสกัดแยกและตรวจวิเคราะห์สาระสำคัญจากเนื้อเยื่อพืชสมุนไพร. ใน อ้อมบุญ ล้วนรัตน์ (บก.), การสกัดและตรวจสอบสาระสำคัญจากผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ (หน้า 215-219), กรุงเทพฯ: ภาควิชาเภสัชวินิจฉัย คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.
- ไพโรจน์ วิริยาริ. 2535. การวางแผนและการวิเคราะห์ทางด้านประสาทสัมผัส. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ไพโรจน์ วิริยาริ, ลักษณะ รุ่งนไกรกานต์, และณัฏยา คนชื่อ. 2544. การพัฒนากระบวนการผลิตมะม่วงแก้วอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์และเครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศ (ระยะที่ 1). รายงานฉบับสมบูรณ์. คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- มนทาทิพย์ ยุ่นฉลาด. 2539. กรดแอสคอร์บิก และกรดอิทธิรอปิก/แอนติออกซิแดนท์. วารสารอาหาร. 26(1) : 7-13.
- มลิวรรณ กิจชัยเจริญ และแสงแก้ว คำกวน. วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวพืชสวน [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: <http://www.nan.rmutl.ac.th/webnew/read/sangkaew/5.pdf> (1 กุมภาพันธ์ 2552)
- ภัทรมาศ กาญจนบัตร. 2547. กิจกรรมเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส โพลีฟีนอลออกซิเดสและปริมาณแคโรทีนอยด์ระหว่างการเก็บรักษาแบบแช่เยือกแข็งของเนื้อมะม่วงพันธุ์มหาชนก วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- รัตนา ไชยมูล. 2551. การแปรรูปลำไยในน้ำเชื่อมด้วยกระบวนการความดันสูงยิ่งและการพลาสมาเจือไร. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- รัตนา อัดตปัญญา, พิไลรัก บุญใหญ่, เรณู ปิ่นทอง และประเสริฐ ฤกษ์เกรียงไกร. 2541. การเลือกใช้เทคโนโลยีและเครื่องจักรในการผลิตผักและผลไม้อบแห้งระดับอุตสาหกรรม: ฉบับสมบูรณ์หลักสูตรฝึกอบรม ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- รัตนา อัดตปัญญา วัฒนา เอื้อตรงจิตต์ และนิธิยา รัตนานนท์ 2548. การศึกษาพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อลิ้นจี่แช่อบแห้งเสนอผลงานภาคโปสเตอร์ในการประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติครั้งที่ 5 วันที่ 26-29 เมษายน ณ โรงแรมเวลคัมจอมเทียนบีช พัทยา ชลบุรี และในวารสารวิทยาศาสตร์เกษตรฉบับพิเศษ (กำลังตีพิมพ์)
- รัชฎา ตั้งวงศ์ไชย และณัฐศรี ศรีบูรณศร. 2548. ผลไม้ตัดแต่งและการปรับปรุงคุณภาพโดยใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์. วารสารอาหาร 35(2): 115-118.
- รุจิภรณ์ พัฒนจันทร์. 2546. ปริมาณแคโรทีนอยด์ในเนื้อมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ระหว่างการสุกและการเก็บรักษาแบบแช่เยือกแข็ง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- รายริน เพชรสลักแก้ว. 2547. แวะชมสวนมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองส่งนอกที่แปดริ้ว. วารสารเทคโนโลยีชาวบ้าน. 16 (329): 38-40.

- ศิริวรรณ สุทธิจิตต์. 2527. เอกสารประกอบการสอนกระบวนวิชาเภสัชชั้นสูง 2. ภาควิชาเภสัชเวท. คณะเภสัชศาสตร์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่: เชียงใหม่.
- ศิวาพร ศิวเวช. 2535. วัตถุดิบในอาหาร. ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. นครปฐม.
- ศศิธร มั่นเจริญ, เสาวภาคย์ ชีราทร, ภาติยา ภาสกันท์, มัณยา หมาดหล้า และดวงใจ นาคะปรีชา. 2549. “การทดลองด้วยขวดแยม” วิธีการแยกสารสำหรับการหาปริมาณเอธานอลในตัวอย่างยา. การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ครั้งที่ 32 “วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อเศรษฐกิจพอเพียง”, วันที่ 10-12 ตุลาคม 2549, ศูนย์การประชุมแห่งชาติสิริกิติ์ กรุงเทพมหานคร.
- [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: <http://www.ilmahidol.ac.th/th/index.php> (22 กันยายน 2551).
- สินีนารถ สันติธีรากุล. 2541. การเปลี่ยนแปลงของสารระเหยให้กลิ่นในมะม่วงระหว่างกระบวนการสุก. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- สุกันยา ชิตตระกูล. 2539. ผลของการใช้อุณหภูมิที่มีผลต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สุคนธ์ชื่น ศรีงาม และวรรณวิบูลย์ กาญจนบุญชู. 2543. “คุณภาพและการควบคุมคุณภาพอาหารโดยการตรวจสอบ” ใน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- สุมาลี เหลืองสกุล. 2541. จุลชีววิทยาทางอาหาร. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. กรุงเทพฯ. 246 น.
- สายสนม ประดิษฐ์ดวง. 2546. การถนอมรักษาอาหารด้วยสารเคมี. ใน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- สายชล เกตุษา. 2528. สรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. ภาควิชาพืชสวนคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร. 364 หน้า.
- สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข. 2527. ประกาศสาธารณสุขฉบับที่ 84. สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2532. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ผลไม้แห้ง (มอก. 919-2532). สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ.
- เสาวภา ไชยวงศ์. 2547. ความแตกต่างทางสรีรวิทยาและคุณภาพของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้และดอกไม้สีทองระหว่างการเก็บรักษา. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์.
- สรวงสุดา ไชยทิพย์และนิธิยา รัตนพานนท์. ผลของอุณหภูมิและสารเคลือบผิวที่บริโภคได้ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของสับปะรดสดพร้อมบริโภค. 2539. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 98 หน้า.
- วชิรญา เหลียวตระกูล. 2548. ผลของแคลเซียมคลอไรด์และกรดซิตริกต่อกิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอล ออกซิเดส และเปอร์ออกซิเดสในเนื้อมะม่วงสุก 4 สายพันธุ์. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

- วิเนต เล็กวิจิตรธาดา, ศราวุธ ส่งภากรณ์รัตน์, อภิลักษณ์ อภิวัฒน์ และ ชนิษฐา ธนาณรงค์. 2550. แนวทางการลดปริมาณการใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และโปแตสเซียมซอร์เบตในผลิตภัณฑ์มะม่วงกวน. ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อมรศรี ตัญระพินค์. 2547. วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์มะม่วงไทยเพื่อเพิ่มมูลค่า ความร่วมมือเพื่อเกษตรกร. วารสารเทคโนโลยีชาวบ้าน. 18 (334): 78.
- อรุณทัย ขาววา และ ธนะชัย พันธุ์เกษมสุข Effect of ozone on litchi shelf life. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- อรุณทัย ขาววา. 2546. ผลของโอโซนต่ออายุการเก็บรักษาลิ้นจี่. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาวิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- อนันต์ ดำรงสุข. 2547. ลิ้นจี่. กรุงเทพฯ อักษรสยามการพิมพ์.
- อ่อนรวี รัตนพันธุ์. 2533. หลักการทำแห้งผลไม้ด้วยวิธีออสโมติก. อาหาร 20(4): 240-245.
- AOAC. 2000. Official Methods of Analysis of AOAC International. (16th ed.). Arlington, VA: Association of Official Analysis Chemists.
- AOAC. 2002. Official Methods of Analysis of AOAC International. (17th ed.). Arlington, VA: Association of Official Analysis Chemists.
- Abbott, A. and. Harker, F. R. 2003. Texture. Mt. Albert Research Centre, Auckland, New Zealand [Online]. Available <http://usna.usda.gov/hb66/021texture.pdf>. (accessed 21/05/03)
- Adaptorvterprise Inc. 2005. http://www.viatical.com.tw/fruit_powders.htm (accessed 13/08/05)
- Agar, I.T., R. Massantini, B. Hess-Pierce, and A.A. Kader. 1999. Post harvest CO₂ and ethylene production and quality maintenance of fresh-cut kiwifruit slices. Journal of Food Science. 64(3): 433-440.
- Agnelli, M.E., Marani, C. M., & Mascheroni, R. H. 2005. Modelling of heat and mass transfer during (osmo) dehydrofreezing of fruits. Journal of Food Engineering, 69 415-424.
- Aguayo, E., R. Jansasithorn and A.A. Kader. 2006. Combined effects of 1-methylcyclopropene, calcium chloride dip, and/or atmospheric modification on quality changes in fresh-cut strawberries. Postharvest Biology and Technology. 40:269-278.
- Aktas T, Fujii S, Kawano Y, Yamamoto S (2007) Trans IChemE 85(C3): 178-183
- Allende, A., J. McEvoy, Y. Tao, and Y. Luo. 2008. Antimicrobial effect of acidified sodium chlorite, sodium chlorite, sodium hypochlorite, and citric acid on Escherichia coli O157:H7 and natural microflora of fresh-cut cilantro. [online]. Available: www.sciencedirect.com (September 4, 2008).
- Alternative methods of processing mangoes. Indian Food Packer 30: 56-62. Bangkok Juice. 2005. Ramkhamkang Rd, Haumark, Bangkok, Bangkok.
- Alzamora S.M., Fito, P., López-Malo, A., Tapia, M.S. and Parada-Arias, E. 2000. "Minimally processed fruit using vacuum impregnation, natural antimicrobial addition and/or high hydrostatic pressure

- techniques". In Minimally Processed Fruits and Vegetables. Fundamental Aspects and Applications. Eds. S.M. Alzamora, M.S. Tapia and A. López Malo. Aspen Publishers, Inc., Gaithersburg, MD, U.S.A., pp. 293-315.
- Ammu, K., Radhakrishna, K., Subramanian, V., Sharma, T.R., and Nath, H. 1978. Storage behaviour of freeze dried fruit juice powders. *Journal of Food Technology* 12: 541-554.
- APHA. 2001. Compendium of methods for the microbiological examination of foods. 4th ed., P.D.Frances and I.Keith (ed.). American Public Health Association., Washington, D.C.
- Arogbu, S.S., Ajiboye, O.L, Ugboko, L.A., Essienette, S.Y. and Afolabi, P.O. 1998. Properties of polyphenol oxidase in mango (*Mangifera indica*) kernel. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 77(4): 459-462.
- Arogbu, S.S. 2000. Mango (*Mangifera India* L.) Kernel : Chromatographic analysis of the tannin, and stability study of the associated polyphenol oxidase activity. *J.Food Com. Anal.* 13 : 1-6.
- Arruda, S.F., Souza, E.M.T., Siqueira, E.M.A. 2005. Carotenoids from malanga (*Xanthosoma sagittifolium*) leaves protect cells against oxidative stress in rats. *International Journal for Vitamin & Nutrition Research* 75: 161-168.
- Arthachinta, C. 2000. Keynote address - Mango research in Thailand. *Acta Horticulturae*. 509: 33-36.
- Attabhunyo, R., Pongsombut, B. and Rattanapanone, N. 2003. Storage of dried lychee fruit in various packages. Poster to be presented in the Second International Symposium on Lychee, Longan, Rambutan and Other Sapindaceae Plants. 25-28 August, Lotus Pang Saun Kaew Hotel, Chiang Mai, Thailand.
- Balakrishnan, M., Thirupathi, V. and Devadas, C.T. 2001. Role of Food Additives in Food Processing-An Overview. *Beverage and Food World*.
- Baldry, J., Breaq, G.R., Caygill, J.C., Cooke, R.D., Ferber, C.E.M., Kanagasabapathy, L. 1976.
- Bangkok Juice. 2005. Ramkhamkang Rd, Haumark, Bangkok, Bangkok.
- <http://www.bangkokjuice.com/>
- http://www.busytrade.com/company_home/company_home.php?memid=bangkokjuice&show=gywm
- (accessed 12 August 2005)
- Barbosa Guerra, N., Almeida Melo, E.de, Mancini Filho, J. 2005. Antioxidant compounds from coriander (*Coriandrum sativum* L.) etheric extract. *Journal of Food Composition Analysis*, 18: 193-199.
- Beltran, D., M.V. Selma, J.A. Tudela and M.I. Gil. 2005. Effect of different sanitizers on microbial and sensory quality of fresh-cut potato strips stored under modified atmosphere or vacuum packaging. *Postharvest Biology and Technology*. 37: 37-46.

- Bergmeyer, H.U. 1974. Methods of Enzymatic Analysis, Vol. 1 (2nd edn). Verlag Chemie, Weinheim/Academic Press, New York, pp. 494-495.
- Beta, T., Nam, S., Dexter, J.E. and Sapirstein, H.D. 2005. Phenolic content and antioxidant activity of pearled wheat and roller-milled fractions. *Cereal Chemistry*. 82: 390-393.
- Bharat Group. 1997. Natural Fruit Powder. <http://www.bharatgroup.com/drytech/products.htm> (accessed 13/08/05)
- Biswal, R. N., Bozogmehr, K., Tompkins, F. D., & Liu, X. 1991. Osmotic concentration of green beans prior to freezing. *Journal of Food Science*, 56(4), 1008-1011.
- Blanda, G., Cerretani, L., Cardinali, A., Barbieri, S., Bendini, A. and Lercker, G. 2009. Osmotic dehydrofreezing of strawberries: Polyphenolic content, volatile profile and consumer acceptance. *LWT-Food Science and Technology*, 42: 30-36.
- Blue California. 2005. <http://www.npicenter.com/listings/CompProducts.aspx?companyId=22873> (accessed 13/08/05)
- Bolin, H.R. and Steele, R.J. 1987. Nonenzymatic browning in dried apples during storage. *J. Food Sci.*, 52 : 1654.
- Bolin, H.R. and Huxsoll, C.C. 1989. Storage stability of minimally processed fruit. *J. Food Proc. Preserve*. 13:281-292. Bombay Limited. 2005.
- Boonyakiat, D., Rattanapanone, N. and Phatchaiyo, T. 2001. Control of penicillium sp. in tangerine fruit using ethanol vapour. *Proceeding of the 20th ASEAN/2nd APEC Seminar on Postharvest Technology : quality management and market access*.
- Boonyakiat, D., Rattanapanone, N. and Phatchaiyo, T. 2001. Control of penicillium sp. in tangerine fruit using ethanol vapour. *Proceeding of the 20th ASEAN/2nd APEC Seminar on Postharvest Technology : quality management and market access*.
- Borenstein, B. 1965. The comparative properties of ascorbic acid and erythorbic acid. *Food Technol.*, 19 : 1719-1724.
- Brackett, R. E. 1993. Microbiological spoilage and pathogens in minimally processed refrigerated fruits and vegetables, p. 269–312. In R. Wiley (ed.), *Minimally processed refrigerated fruits and vegetables*. Chapman & Hall, New York, N.Y.
- Brand-Williams, W, Cuvelier, M. E. and Berset, C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Food Sci. Technol*. 28: 25-30.
- Buta, J.G., Moline, H., Spaulding, D. and Wang, C.Y. 1999. Extending storage life of fresh-cut apples using natural products and their derivatives. *J. Agric. Food Chem.*, 47 : 1-6.

- Buta, J.G. and Abbott, J. 2000. Browning inhibition of three cultivars of fresh-cut pears. *HortScience*., 35 : 1111-1113.
- Capecka, E., Mareczek, A. and Leja, M. 2005. Antioxidant activity of fresh and dry herbs of some Lamiaceae species. *Food Chemistry*, 93: 223-226.
- Castrillo, M., Kruger, N.J. and Whatley, F.R. 1992. Sucrose metabolism in mango fruit during ripening. *Plant Sci. (limerick)*., 84 : 45-51.
- Centerforce Australia. 2005. <http://health.centreforce.com/health/cfbulk.html> (accessed 13/08/05)
- Chambin, O., Jannin, V., Champion, D., Chevalier, C., Rochat-Gonthier, M.H., and Pourcelot, Y. 2004. Influence of cryogenic grinding on properties of a self-emulsifying formulation. *International Journal of Pharmacy* 278: 79-89.
- Chanwitheesak, A., Teerawutgurag, A. and Rakariyatham, N. 2004. Screening of antioxidant activity and antioxidant compounds of some edible plants of Thailand. *Journal of Food Chemistry*. 92: 491-497.
- Chen, L., Mehta, A., Berenbaum, M., Zangerl, A.R. and Engeseth, N.J. 2000. Honeys from different floral sources as inhibitors of enzymatic browning in fruit and vegetable homogenates. *J. Agric Food Chem.*, 48 : 4997-5000.
- Chen, P.M., Varga D.M. and Seavert C.F. 2003. Developing a value-added fresh-cut 'D'Anjou' pear product. *Hortehnology*., 13(2) : 314-320.
- Chen, J.P., Tai, C.Y. and Chen, B.H. 2007. Effects of different drying treatments on the stability of carotenoids in Taiwanese mango (*Mangifera India L.*). *Food Chem.*, 100 : 1005-1010.
- Chenlo, F., Moreira, R. Fernandez-Herrero, C. and Vazquez, G. 2006. Mass transfer during osmotic dehydration of chestnut using sodium chloride solutions. *Journal of Food Engineering*. 73: 164-173.
- Chenlo F., Moreira R., Ferná'ndez-Herrero C. and Va'zquez G. 2007. Osmotic dehydration of chestnut with sucrose: mass transfer processes and global kinetics modeling. *Journal of Food Engineering*. 78: 765-774.
- Chiralt, A., Fito, P., Andres, A., Barat, J.M., Martinez-Monzo, J. and Martinez-Navarrete, N. 1999. Vacuum impregnation : A tool in minimally processing of foods. In *Processing food : quality optimization and process assessment*. Oliveira, F.A.R. and Oliveria, J.C., Eds. Boca Raton, Fla : CRC Press.
- Chiralt, A., Martínez-Navarrete, N., Martínez-Monz, J., Talens, P., Moraga, G., Ayala, A., & Fito, P. 2001. Changes in mechanical properties throughout osmotic processes. Cryoprotectant effect. *Journal of Food Engineering*, 49, 129-135.
- Christian, J.H.B. 2000. Drying and Reduction of Water Activity. In: *The Microbiological Safety and Quality of Food*, Vol.1. Springer, New York, Chapter 7.

- Clark, J.P. 2005. Process engineering: particle size reduction techniques and equipment. <http://www.chemicalprocessing.com/articles/2005/399.html> (accessed 12/08/05)
- Chonhenchob, V. 2001. Characterization of polyphenoloxidase from mango. [Online]. Available <http://www.phtnet.org/research/Search.asp>. (accessed 11/09/01)
- Code of Federal Regulations [CFR]. (2007). Title 21, Part 173.315. Secondary Direct Food Additives Permitted in Food for Human Consumption: Chemicals used in washing or to assist in the peeling of fruits and vegetables. Chlorine dioxide. Available at <http://frwebgate3.access.gpo.gov/cgi-bin>.
- Crawley, H. 1993. Natural occurrence of vitamins in food. In *The Technology of Vitamins in Food*. (Ottaway, P.B., Ed.), Chapman and Hall Inc., London. pp. 19-40.
- Crowe JH, Whittam MA, Chapman D, Crowe LM (1984) *Biochim Biophys Acta* 769: 151-159
- Cruze, M. and García, H.S. 2002. Chapter XX Mango: Post-harvest operations. In: *Information Network on Postharvest Operation*. AGSI/FAO [Online]. Available http://www.fao.org/inpho/content/compnd/text/Ch20sec1_6.htm. (accessed 05/06/02)
- Curtis, P.A., Keener, K.M., Anderson, K.E., and Foegeding, J.B. 2004. Determination of Cooling Rates and Carbon Dioxide Uptake in Eggs. *Poultry Science* 83: 5-14. <http://www.thepoultrysite.com/FeaturedArticle/FATopic.asp?AREA=Incubation&Display=107> (accessed 13/08/05)
- Das, H. and Jaya, S. 2000. Production of mango juice powder using vacuum puff drying process. <http://askchem.com/rchprjdetails.asp?rchcode=I027> (accessed 11 August 2005)
- Dawson, C.R. and Magee, R.J. 1955. *Methods in Enzymology* II, pp. 817 – 821.
- Dean, R. 1994. Cold, Hard Facts. *Food Product Design*. <http://www.foodproductdesign.com/archive/1994/1194PE.html> (accessed 13/08/05)
- Del Aguila, J.S., F.F. Sasaki, L.S. Heiffig, E.M.M. Ortega, A.P. Jacomino, and R.A. Kluge. 2006. Fresh-cut radish using different cut types and storage temperatures. *Postharvest Biology and Technology*. 40: 149-154.
- De Oliveira Lima, L.C. Chitara, A.B. Chitara, M.I.F. and Silva E.B. 1999. Enzymatic activities changes in spongy tissue : A physiology ripening disorder of “Tommy Atkins” mango. *Acta. Hort.*, 485 : 255-258.
- Dermesonlouoglou, E. K., Giannakourou, M. C. and Taoukis, P. 2007. Stability of dehydrofreezing tomatoes pretreated with alternative osmotic solutes. *Journal of Food Engineering*, 78: 272-280.
- Dermesonlouoglou, E. K., Giannakourou, M. C. and Taoukis, P. 2008. Kinetic study of the effect of the osmotic dehydration pre-treatment to the shelf life of frozen cucuber. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 9: 542-549.

- DeRoeever, C. 1998. Microbiological safety evaluations and recommendation on fresh produce. *Food Control*.9(6) : 321-347.
- Dong, J., Wrolstad, R.E. and Sugar, D. 2000. Extending shelf life of fresh-cut pears. *J. Food Sci.*, 65(1) : 181-186.
- Doymaz, I. 2005. Drying behaviour of green beans. *J. Food. Engineering.*, 69 : 161-165.
- Doymaz, I., Tugrul, N. and Pala, M. 2006. Drying characteristics of dill and parsley leave. *J. Food Engineering.*, 77 : 559-565.
- Ducamp-Collin, M.-N., Lebrun, M., Ramarson, H. and Self, G. 2007. Anthocyanins and anthocyanin-degrading enzymes in Kwai May and Wai Chee cultivars of litchis grown in Reunion Island and Spain. *Fruits* 62: 353 – 359.
- Dudley, E.D. and Hotchkiss, J.H. 1989. Cysteineas an inhibitor of polyphenoloxidase. *J. Food Biochem.* 13:65-75
- Durigan, J.F., B.H. Mattiuz, M.A. Lima, R.D.V. Epiphanio and C.I. Biscegli. 2005. Minimally Process Guava *Fruits* (*Psidium guajava* L.). *Proceedings of the Fifth International Postharvest Symposium*. 3: 1953-1960.
- Eren, I., Kaymak-Ertekin, F. 2007. Optimization of osmotic dehydration of potato using response surface methodology. *Journal of Food Engineering*, 79(1): 344-352.
- Estrada-Flores, S. 2002. Novel Cryogenic Technologies for the Freezing of Food Products. *The Official Journal of AIRAH*. <http://www.airah.org.au/downloads/2002-07-01.pdf> (accessed 13/08/05)
- Evans, E., Degner, R., and Morgan, K. 2004. Six Ways to Improve the Profitability of Lychee in South Florida. University of Florida. <http://edis.ifas.ufl.edu/FE497> (accessed 13 August 2005)
- FAOSTAT data. 2004. <http://faostat.fao.org> last updated February
- FDA. 1986. Sulfiting agents; Revocation of GRAS status for use on fruits and vegetables intended to be served or sold raw to consumers. *Food and Drug Admin. Fed. Reg.* 51:25021-25026.
- FDA. 1987. Sulfiting agents; Proposal to revoke GRAS status for use on “fresh” potatoes served or sold unpackaged and unlebeled to consumers. *Food and Drug Admin., Fed. Reg.* 52: 46968 - 46978.
- Fellenz, D.C. and Moppett, F.K. 1991. Browning agent enhances visual appeal of microwaved foods. *Food technol.* 45(6): 111.
- Fernandes FAN, Gallão MI, Rodrigues S (2008) *Lebensm Wiss Technol* 41: 604-610
- Flurkey, W.H. and Jen, J.J. 1978. Peroxidase and polyphenoloxidase activities in developing peaches. *J. Food Sci.*, 43 : 1826-1831.

- Fito, P. and Chiralt, A. 1994. An Update on Vacuum Osmotic Dehydration. In Food Preservation by Moisture Control : Fundamentals and Applications, (Barbosa-Canovas, G.V. and Welti-Chanes, J., eds.), Technomic Pub. Co., Lancaster, PA. pp. 351-372.
- Friedman, M. and Molnar-perl, I. 1990. Inhibition of browning by sulfur amino acids. I. Heated amino acid-glucose systems. J.Agric. Food Chem. 38: 1642-1647.
- FSTA (Food Science and Technology Abstracts). 2005. <http://www.ovid.com/site/index.jsp> (accessed 12/08/05)
- Fuchs, Y., Zauberman, G., Romen, R., Rot, I., Weksler, A. and Akerman, M. 1993. The physiological basis of litchi fruit pericarp color retention. Acta Hort., 343, 29-33.
- Gao, X., Bjork, L., Trajkovski, V. and Uggla, M. 2000. Evaluation of antioxidant activities of rosehip ethanol extracts in different test systems. Journal of Science in Food Agriculture. 80: 2021-2027.
- García-Redón, E., Fito, P., Salazar, D. and Chiralt, A. 1994. Vacuum Osmotic Dehydration of Apricot (*Prunus armeniaca* cv. canino). Proceeding of posters: ISOPOW practicum II. Univ. de las Américas.
- Gerrote, R. L., & Bertone, R. A. 1989. Osmotic concentration at low temperature of frozen strawberry halves. Effect of glycerol, glucose, and sucrose solution on exudates loss during thawing. Food Science and Technology, 22, 264-267.
- Gil, M. I., Tomas-Barberan, F. A., Hess-Pierce, B., Holeroft, D. M. and Kader, A. A. 2000. Antioxidant activity of pomegranate juice and its relationship with phenolic composition and processing. J. Agric. Food Chem. 48 : 4581-4589.
- Gilbert, R.J., J. de Louvois, T. Donovan, K. Nye, C.D. Ribeiro and J. Richards. 2000. Guidelines for the microbiological quality of some ready-to-eat foods sampled at the point of sale. Communicable disease and public health. 3 (3) : 163-167.
- Giraldo G, Talens P, Fito P, Chiralt A (2003) J Food Eng 58: 33-43
- Giuntini, D., Graziani, G., Lercari, B., Fogliano, V., Soldatini, G. F., and Ranieri, A. 2005. Changes in carotenoid and ascorbic acid contents in fruits of different tomato genotypes related to the depletion of UV-B radiation. Journal of Agricultural & Food Chemistry 53: 3174-3181.
- Gomez-Lopez, V.M. 2002. Some biochemical properties of polyphenol oxidase from two varieties of avocado. Food Chemistry. 77: 163-169.
- Gonzalez-Aguilar, G.A., S. Ruiz-Cruz, R. Cruz-Valenzuela, A. Rodriguez-Felix, and C.Y. Wang. 2004. Physiological and quality changes of fresh-cut pineapple treated with antibrowning agents. LWT-Food Science and Technology. 37: 369-376.
- Gonzalez-Aguilar, G.A., Wang, C.Y. and Buta, J.G. 2000. Maintaining quality of fresh-cut mangoes using antibrowning agent and modified atmosphere packaging. J. Agric Food Chem., 48 : 4204-4208.

- Goodwin, C.O. and morris, J.R. 1991. Effect of ultrafiltration on wine quality and browning. *Am. J. Enol. Viticulture* 42:347-353.
- Gordon, M.H. 2001. Measuring antioxidant activity. In: *Antioxidants in Food: Practical applications*. J. Pokorny, N. Yanishlieva and M. Gordon. (eds). pp. 71-86. CRC Press. Cambridge.
- Gorny, J.R., R.A. Cifuentes, B. Hess-pierce, and A.A. Kader. 2000. Quality changes in fresh-cut pear slides as affected by cultivar, ripeness stage, fruit size, and storage regime. *Journal of Food science*. 65(3): 541-544.
- Gorny, J.R., Hess-Pierce, B., Cifuentes, R.A. and Kader, A.A. 2002. Quality changes in fresh-cut pear slices as affected by controlled atmosphere and chemical preservatives. *Postharvest Biology and Technology*., 24 : 271-278.
- Gouveia, S.T., Lopes, G.S., Fatibello-Filho, O., Nogueira, A.R.A., Nobrega, J.A. 2002. Homogenization of breakfast cereals using cryogenic grinding. *Journal of Food Engineering* 51: 59-63.
- Grant, G.T., Morris, E.R., Rees, D.A., Smith, P.J.C. and Thom, D. 1973. Biological interactions between polysaccharides and divalent cations: the egg-box model. *FEBS Lett.* 32: 195–198.
- Guadagni, D.G., Sorber, D.G. and Wilbur, J.S. 1949. Enzymatic Oxidation Of Phenolic Compounds In Frozen Peaches. *Food Technol.*, 3 : 359.
- Gülçin, I., A, B.G, Beydemir, C., Elmasta, M. and Küfreviölu, Ö.I. 2003. Comparison of antioxidant activity of clove (*Eugenia caryophyllata* Thunb) buds and lavender (*Lavandula stoechas* L.). *Journal of Food Chemistry*. 87: 393-400.
- Gunes, G., C.B., Watkins, and J.H., Hotchkiss. 2001. Physiological responses of fresh-cut apple slices under high CO₂ and low O₂ partial pressures. *Postharvest Biology and Technology*. 22: 197–204.
- Hall, G.C. 1989. Refrigerated, frozen and dehydrofrozen apples. In "Processed Apple Products," ed.D.D. Downing, pp. 239-256. AVI-Van Nostrand Reinhold, New York.
- Hegenbart, S. 2001. Squeezing Out Opportunities for Citrus Ingredients. *Food Product Design*. <http://www.foodproductdesign.com/archive/2001/0901ap.html> (accessed 13/08/05)
- Heng, K., Guilbert, S. and CUQ, J.L. 1990. Osmotic dehydration of papaya : Influence of process variable on the product quality. *Science des Aliments*., 10 : 831-848.
- Hick, K.B., Haines, R.M., Tong, C.B.S., Sapers, G.M., Atawy, Y.E., Irwin, P.L. and Seib, P.A. 1996. Inhibition of enzymatic browning in fresh and vegetable juices by soluble and insoluble forms of β -cyclodextrin alone or in combination with phosphatase. *J. Agric Food Chem.*, 44 : 2591-2594.
- Hobbs, G. 1986. Ecology of food microorganism. *Microbiol. Ecol.* 12: 15-30.
- Holcroft, D.M. and Mitcham, E.J. 1996. Postharvest physiology and handling of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.). *Posthavest Biol. Technol.*, 9: 265-281.

- Holcroft, D.M., Lin, H. and Ketsa, S. 2005. "Harvesting and Storage" in Litchi and Longan Botany, Production and Uses. CABI Publishing, London. pp. 273-295.
- Hong, J.H., and Gross, K.C. 1998. Surface sterilization of whole tomato fruit with sodium hypochlorite influences subsequent postharvest behavior of fresh-cut slices. *Postharvest Biol. Technol.* 13: 51-58.
- Hsu, A.F., Shien, J.J., Bills, D.D., and White, K. 1988. Inhibition of mushroom polyphenoloxidase by ascorbic acid derivatives. *J. Food Science.* 53(3):765.
- http://www.min.pcarrd.dost.gov.ph/r&d/improved_raw_material_handling.html (accessed 11/08/05)
- <http://setup.dost.gov.ph/commerce.php?view=124> (accessed 11/08/05)
- <http://www.up.edu.ph/forum/2002/Feb02/balita.html> (accessed 11/08/05)
- <http://www.ipophil.gov.ph> (accessed 11/08/05)
- Huang, D., Ou, B. and Prior, R.L. 2005. The chemistry behind antioxidant capacity assays. *J. Agri. Food Chem.* 53: 1841-1856.
- Huxsoll, C.C., Bolin, H.R., and King, A.D. Jr. 1989. Physicochemical changes and treatments for lightly processed fruits and vegetables. In "Quality Factors of Fruits and vegetables. Chemistry and Technology," ed. J.J. Jen, ACS Symp. Series 405, pp. 203-215. Am. Chem. Soc., Washington, D.C.
- Hymavathi, T.V. and Khader, V. 2005. Carotene, ascorbic acid and sugar content of vacuum dehydrated ripe mango powders stored in flexible packaging material. *Journal of Food Composition and Analysis* 18: 181-192.
- IDEA. 2001. Dried fruits. Agribusiness Development Centre (ADC) Commercialisation Bulletin 11: 1-8. Indo-World Trading Corporation. 2005. <http://www.indo-world.com/profile.htm> (accessed 12/08/05)
- International Trade Center. 1994. Dried/dehydrated tropical fruit: A survey of major markets. Market Development. UNCTAD/GATT, Geneva.
- Ismail, A., Marjan, Z.M. and Foong, C.W. 2004. Total antioxidant activity and phenolic content in selected vegetables. *Journal of Food Chemistry.* 87: 581-586.
- Jagtiani, J., Chen, H.T. and Sakai, W.S. 1987. Tropical Fruit Processing. San Diego Academic Press. 3-5 pp.
- Jaitrong, S., Rattanapanone, N., Boonyakiat D and Baldwin, E.A. 2004. A comparison of anatomical changes between normal and chilling injury longan fruit pericarp. Poster presentation in The 5th International Postharvest Symposium. Verona, Italy, 6-11 June.
- Jiang, Y. and Fu, J. 1999. Postharvest browning of litchi fruit by water loss and its prevention by controlled atmosphere storage at high relative humidity. *Lebensm.-Wiss.u-Technol.*, 32: 278-283.
- Jiang, Y., Zhang, Z., Joyce, D.C. and Ketsa, S. 2002. Postharvest biology and handling of longan fruit (*Dimocarpus longan* Lour.). *Postharvest Biol. Technol.*, 26:241-252.

- Jiang YM (2000) J Sci Food Agric 80: 305-310
- Jiang, Y., L. Yao and J. Li. 2003. Postharvest biology and technology of litchi fruit. Food, Agriculture & Environment. 12 : 71-81.
- Jiang, Y., L. Pen, and J. Li. 2004. Use of citric acid for shelf life and quality maintenance of fresh-cut Chinese water chestnut. Journal of Food Engineering. 63: 325-328.
- Jin Zhuan Lifesciences Enterprise. 2005. http://www.jinzhuan.com.tw/ch/page_2sub1.asp (accessed 11/08/05).
- Joo, Y.K., Young, S.S., Jee, E.K., Soon-Kee, S., Kwan, J.S., Gynheung, A. and Woo, T.K. 2001. Two polyphenol oxidases are differentially expressed during vegetative and reproductive development and in response to wounding in the Fuji apple. Plant Science. 161: 1145-1152.
- Juliani, H. R., and Simon, J. E. 2002. Antioxidant activity of basil. In: Trends in new crops and new uses. J. Janick and A. Whipkey (eds). pp. 575-579, ASHS Press. Alexandria, VA.
- Kader, A.A. 2000. Postharvest biology and technology: An overview. pp. 39-48. In: Kader, A.A. (ed.). Postharvest Technology of Horticultural Crops, 3th ed. University of California, California.
- Kaewchana, R., Tungtirmthong, J. and Kanlayanarat, S. 2003. Effect of edible coating on storage life of mango cv. Namdokmai. Postgraduate Education & Research Development Project in Postharvest Technology Year 2543-2544. Faculty of Agriculture, Chiang Mai University. Chiang Mai, pp. 612-629.
- Kala, S.K., Tandon, D.K. and Singh, B.P. 1995. Mango. pp. 123-170. In: Salunkhe, D.K. and Kadam, S.S. Handbook of Fruit Science and Technology: Production, Composition, Storage and Processing. M. Dekker, Inc., New York.
- Kalt, W. 2005. Effects of Production and Processing Factors on Major Fruit and Vegetable Antioxidants. Journal of Food Science. 70: 11-19.
- Karabulut, I., Topcu, A., Duran, A., Turan, S. and Ozturk, B. 2007. Effect of hot air drying and sun drying on color values and β -carotene content of apricot (*Prunus armenica* L.). LWT. 40: 753-758.
- Khalil, M.A. and Sial, M.B.. 1974. Spray drying of mango juice powder. Mesopotamia Journal of Agriculture (Iraq) 91: 47-56.
- <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/morton/Bibliography.html> (accessed 12/08/05)
- Kim, H., J. Ryu and L.R. Beuchat. 2006. Survival of *Enterobacter sakazakii* on fresh produce as affected by temperature, and effectiveness of sanitizers for its elimination. International Journal of Food Microbiology. 111: 134-143.
- Komes D, Lovrić T, Ganić KK, Gracin L (2003) Food Tech Biot 41(2): 111-119

- Kondo, S., Kittikorn, M., and Kanlayanarat, S. 2005. Preharvest antioxidant activities of tropical fruit and the effect of low temperature storage on antioxidants and jasmonates. *Postharvest Biology and Technology*. 36: 309-318.
- Korean Ginseng Product Corp. 2001. <http://kitea.co.kr/eng/product6.htm> (accessed 12/08/05)
- Kotwaliwale, N., Bakane, P. and Verma, A. 2007. Change in textural and optical properties of oyster mushroom during hot air drying. *J. Food Engineering.*, 78 : 1207-1211.
- Kowalska H, Lenart A (2001) *J Food Eng* 49: 137-140
- Krokida MK, Maroulis ZB, Saravacos GD (2001) *Int J Food Sci Tech* 36: 53-59
- Lamikanra, C. and Watson, M.A. 2001. Effect of ascorbic acid on peroxidase and polyphenoloxidase activities in fresh-cut cantaloupe melon. *Food Chem and Toxicol.*, 66(9) : 1283-1286.
- Lana-Guzman, I., and D.M. Barrett. 2000. Comparison of calcium chloride and calcium lactate effectiveness in maintaining shelf stability and quality of fresh-cut cantaloupes. *Postharvest Biology and Technology*. 19: 61-72.
- Lapsongphol, S. and Mahayothee, B. 2007. Characterization of Volatile Compounds of Fresh and Dried Longan Using Headspace-Solid Phase Microextraction Combined with GC-MS. The 9th Agro-Industrial Conference, 14 – 15th June 2007, Bitec, Bangkok. Poster Presentation No. P1-04-CP.
- Lazarides, H.N., Katsanidis, E. and Nickolaidis, A. 1995. Mass transfer kinetics during osmotic preconcentration aiming at minimal solid uptake, *Journal of Food Engineering*, 25: 151-166.
- Lederman, I. E., Zauberman, G., Weksler, A., Rot, I. and Fuchs, Y. 1997. Ethylene-forming capacity during cold storage and chilling injury development in 'Keitt' mango fruit. *Posthavest Biol. Technol.*, 10: 107-112.
- Lee, C.Y. and Smith, N.L. 1995. "Minimal Processing of New York Apples." Department of Food Science & Technology. Cornell University. New York.
- Lee HS, Wicker L (1991) *Food Chem* 40: 263-270.
- Lee, K. G., and Shibamoto, T. 2002. Determination of antioxidant potential of volatile extracts isolated from various herb and spices. *Journal of Agricultural Food Chemistry*. 50: 4947- 4952.
- Legault, R.R., Talbert, W.F., Mylne, A.M. and Bryan, L.A. 1947. Browning of dehydrated vegetables during storage. *Ind. Eng. Chem.*, 39 : 1297.
- Leunda, M.A., Guerrero, S.N. and Alzamora, S.M. 2000. Color and chlorophyll content change of minimally processed kiwifruit. *J. Food Process Preserv.*, 24 : 17-38.
- Lewicki, P.P. and Jakubczyk, E. 2004. Effect of hot air temperature on mechanical properties of dried apples. *J. Food Engineering.*, 64 : 307-314.

- Li, B., & Sun, D.-W. 2002. Novel methods for rapid freezing and thawing of foods - a review. *Journal of Food Engineering*, 54, 175-182.
- Lichtenthaler, R., and Marx, F. 2005. Total oxidant scavenging capacities of common European fruit and vegetable juices. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 53: 103-110.
- Lisiewska, Z. and Kmiecik, W. 2000. Effects of storage period and temperature on the chemical composition and organoleptic quality of frozen tomato cubes. *Food Chem.*, 70 : 167-173.
- Litcher, A., Dvir O., Rot, I., Akerman, M., Regev, R., Wiesblum, A., Fallik, E., Zauberman, G., Fuch, Y.. 2000. Hot water brushing: an alternative to SO₂ fumigation for color retention of litchi fruit. *Postharvest and Biotechnology* 18:235-244.
- Lozano-De-Gonzalez, P.G., Barrett, D.M., Wrolstad, R.E. and Durst, R.W. 1993. Enzymatic browning inhibited in fresh and dried apple rings by pineapple juice. *J. Food Sci.*, 58(2) : 399-404.
- Luna-Guzman, I., Cantwell, M.C. and Barrett, D.M. 1999. Fresh-cut cantaloupe: effects of CaCl₂ dips and heat treatments on firmness and metabolic activity. *Postharvest Biol. Technol.* 17: 201–213.
- Lu, S.2005.Effect of packaging on shelf-life of minimally processed bok choy (*Brassica chinensis* L.). *Lebensm.-Wiss.u-Technol.*, 40:460-464.
- Ma, S., Silva, J.L. Hearnberger, J.O., and Garner, J.O. Jr. 1992. Prevention of enzymatic darkening in frozen sweet potatoes [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.] by water blanching: Relationship among darkening, phenols, and polyphenol oxidase activity. *J. Agric. Food Chem.* 40: 864-867.
- Maehly, A.C. 1955. *Method in Enzymology*, Vol. 2. Academic Press, New York, pp. 801-813.
- Maestrelli, A., Scalzo, R.L., Lupi, D., Bertolo, G. and Torreggiani, D. 2001. Partial removal of water before freezing: cultivar and pre-treatments as quality factors of frozen muskmelon (*Cucumis melo*, cv *reticulatus* Naud.). *Journal of Food Engineering*. 49: 255-260.
- Mahatanatawee, K., Goodner, K., Baldwin, E., Manthey, J. and Luzio, G. 2005. Total antioxidant activity of Florida's tropical fruit. First report for Trust Fund Project with Tropical Fruit Growers of South Florida. <http://www.tropicalfruitgrowers.com/PDFs/TFAntioxidant-report.pdf> (accessed 14/08/05)
- Mahattanatawee, K., Manthey, J.A., Luzio, G., Tallott, S.T., Goodner, K. and Baldwin E.A. 2006. Total antioxidant activity and fiber content of select Florida grown tropical fruits. *J. Agric. Food Chem.*, 54: 7355-7363.
- Mahayothee, B., Neidhart, S., Mahlbauer, W., Carle, R. 2004. Influence of postharvest ripening processes on appropriate maturity for drying mangoes 'Nam Dokmai' and 'Kaew'. *Acta Horticulturae*. 645: 241-248.
- Magdalini, K.K., Zacharias, B.M. and George, D.S. 2001. The effect of method of drying on colour of dehydrated products. *J. Food Sci.*, 36 : 53-59.
- Man, C.M.D., and Jones, A.A. 1994. *Shelf –life evaluation of food*. Chapman and Hall.

- Manganaris, G.A., M. Vasilakakis, G. Diamantidis and I. Mignani. 2007. The effect of postharvest calcium concentration, quality attributes, incidence of flesh browning and cell wall physicochemical aspects of peach fruits. *Food Chemistry*. 100:1385-1392.
- Marani, C. M., Agnelli, M. E. and Mascheroni, R. H. 2007. Osmo-frozen fruits: mass transfer and quality evaluation. *Journal of Food Engineering*. 79: 1122-1130.
- Marin, M.A. and Cano, M.P. 1993. Effects of freezing preservation on mango (*Mangifera indica*, L.) peroxidase. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und –Forschung* 197(6): 537 – 540.
- Marshall, M.R., Kim, J. and Wei, C. 2006. Enzymatic browning in fruits, vegetables and seafood [Online]. Available; <http://www.fao.org/ag/Ags/agsi/ENZYMEFINAL/Enzymatic20Browning.html> (accessed 05/01/06)
- Martinez-Sanchez, A., A. Allende, R.N. Bennett, F. Ferreres and M.I. Gil. 2006. Microbial, nutritional and sensory quality of rocket leaves as affected by different sanitizers. *Postharvest Biology and Technology*. 42: 86-97.
- Marumo, K. and Waite, J.H. 1986. *Biochim. Biophys. Acta* 872: 98-103.
- Masatoshi, M., and Suranant, S. 1993. Studies on the cultivation and processing of tropical fruits in Thailand. Kagawa University and Kasetsart University.
- May, T.W., and Kaiser, M.L. 1984. Evaluation of cryogenic impact grinding technique for powdering whole fish for metal determinations. *Journal Association of Analytical Chemists* 67: 589-593.
- Mayor L., Moreira R., Chenlo F. and Sereno, A.M. 2006. Kinetics of osmotic dehydration of pumpkin with sodium chloride solutions. *Journal of Food Engineering*. 74: 253-262.
- McCord, J.D. and Kilara, A. 1983. Control of enzymatic browning in processed mushrooms (*Agaricus bisporus*). *J. Food Sci Nutr.*, 8 : 107-112.
- McDonnell, D. 2004. The History of The Department of Biochemistry and Molecular Pharmacology (BMP). West Virginia University. <http://www.hsc.wvu.edu/som/bmp/history.asp> (accessed 15 August 2005).
- McEvily, A.J., Iyengar, R., and Otwell, W.S. 1992. Inhibition of enzymatic browning in foods and beverages. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 32: 253-273.
- McGuire, R.G. 1992. Reporting of objective color measurement. *HortScience*. 27 (12): 1254-1255.
- Mercali, G.D., Marczak, L.D.F., Tessaro, I.C. and Norena, C.P.Z. 2011. Evaluation of water, sucrose and NaCl effective diffusivities during osmotic dehydration of banana (*Musa sapientum*, *shum.*). *LWT-Food Science and Technology*. 44(1): 82-91.
- Menzel, C.M., Watson, B.J., and Simpson, D.R. 1988. The lychee in Australia. *Queensland Agricultural Journal* 1,2: 19-27.

- Ministar International Inc. 2005. Fruit Powders. <http://www.ministar.com/oilfruitspec.htm> (accessed 11/08/05)
- Mitra, S.K., Baldwin, E.A. 1997. Mango. In: Postharvest Physiology and Storage of Tropical and Subtropical Fruits. Ed.: Mitra, S.K., CAB International, Oxon, UK. 85-123.
- Monsalve, A., Power, J.R., and Leung, H.K. 1990. Browning of dehydroascorbic acid and chlorogenic acid as a function of water activity. *J. Food Sci.* 55: 1425-1428.
- Monsalve – Gonzalez, A.; Barbosa – Canovas, Gustavo V.; Cavalieri, Ralph p.; MeEvity, Arthur J.; and Iyengar, R. 1993. Control of browning during storage slices preserved by combined methods 4-hexylresorcinol as anti-browning agent. *J. of Food Sci.* 58:797-800.
- Monsalve-Gonzalez, A., Barbosa-Canovas, G.V., McEvily, A.J. and Iyengar, R. 1995. Inhibition of enzymatic browning in apple products by 4-hexylresorcinol. *Food Technol.*, 49(4) : 110-118.
- Montero-Calderon, M., M.A. Rojas-Grau, and O., Martin-Belloso. 2008. Effect of packaging conditions on quality and shelf-life of fresh-cut pineapple (*Ananas comosus*). *Postharvest Biology and Technology*. 8 pp.
- Moy, J.H. 1972. Vacuum-puff freeze drying of tropical fruit juices. *Journal of Food Science* 36: 906-910.
- Moyano PC, Rioseco VK, Gonzalez PA (2002) *J Food Eng* 54: 249-255
- Mújica-Paz, H., Valdez-Fragoso, A., López-Malo, A., Palou, E. and Welti-Chanes, J. 2003. Impregnation and osmotic dehydration of some fruits: effect of the vacuum pressure and syrup concentration. *J. Food Engineering.*, 57(4) : 305-314.
- Mujumdar, S.A. 1995. Handbook of industrial drying. Marcel Dekker, INC. New York.
- Muntada, V., Gerschenson, L. N., Alzamora, S. M., & Castro, M. A. 1998. Solute infusion effects on texture of minimally processed by blanching and glucose impregnation. *Journal of Food Engineering*, 36: 63-79.
- Namiki, M. 1988. Chemistry of Maillard reaction; Recent studies on the browning reaction mechanism and the development of antioxidants and mutagens. *Adv. Food Res.* 32:115-184.
- Narciso, J. and Plotto, A. 2005. A comparison of sanitation system for fresh-cut mango. *HortTechnology.*, 15(4) : 837-842.
- Natural Sources. 2005. <http://www.nature-sources.com/FVJ.HTML> (accessed 11/08/05)
- Nicolais, V., F. Villani, T. Maturi, and G. Barbieri. 2005. Preliminary study on the shelf life of minimally processed cantaloupe melon stored in protective atmosphere. *Acta Hort.* 682: 1929-1936.
- O'brien, J and Morrissey, P.A. 1989. Nutritional and toxicological aspects of the Maillard browning reaction in foods. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 28:211-248.
- O'Connor-Shaw, R.E., R. Roberts, A.L. Ford and S.M. Nottingham. 1994. Shelf life of minimally processed honeydew, kiwifruit, papaya, pineapple and cantaloupe. *Journal of Food Science.* 59(6): 1202-1206.

- Parejo, I., Viladomat, F., Bastida, J., Rosas-Romero, A., Flerlage, N., Burillo, J. and Codina, C. 2002. Comparison between the radical scavenging activity and antioxidant activity of six distilled and nondistilled Mediterranean herbs and aromatic plants. *J. Agric.Food Chem.* 50: 6882-6890.
- Parnes, R.B. 2005. How Antioxidants Work. <http://home.howstuffworks.com/antioxidant.htm> (accessed 14/08/05)
- Paul, R.E., and W. Chen. 1997. Minimally processing of papaya (*Carica papaya* L.) and the physiology of halved fruit. *Postharvest Biology and Technology.* 12: 93-99.
- Paul, R.E. and Chen, C.C. 2001. Mango. [Online]. Available [http://usna.usda.gov/hb66/091mango .pdf](http://usna.usda.gov/hb66/091mango.pdf). (accessed 20/07/01)
- Pearson, A.M., Burnside, J.E., Edwards, H.M., Glasseock, R.S., Cunha, T.J., and Norak, A.F. 1951. Vitamin losses in drip obtained upon defrosting frozen meat. *Food Research.* 16: 85687.
- Pereira, L.M., Carmello-Guerreiro, S.M., Bolini, H.M.A., Cunha, R.L. and Hubinger, M.D. 2007. Effect of calcium salts on the texture, structure and sensory acceptance of osmotically dehydrated guavas. *J. Sci Food Agric.*, 87(6) : 1149-1156.
- Petriella, C., Resnik, S.L., Lozano, R.D. and Chirife, J. 1985. Kinetics of deteriorative reactions in model food systems of high water activity : color change due to nonenzymatic browning. *J. Food Sci.*, 50 : 625.
- Phunchaisiri, C., and Apichartsrangkoon, A. 2005. Effects of ultra-high pressure on biochemical and physical modification of lychee (*Litchi chinensis* Sonn.). *Food Chemistry* 93: 57-64.
- Pino, J.A., Mesa, J., Munoz, Y., Marti, M.P. and Marbot, R. 2005. Volatile components from mango (*Mangifera indica* L.) cultivars. *Journal of Agricultural Food Chemistry.* 53: 2213-2223.
- Plotto, A., Goodner, K.L., Baldwin, E.A., Bai, J. and Rattanapanone, N. 2004. Effect of polysaccharide coatings on quality of fresh cut mangoes (*Mangifera indica*). *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 117 : 382-388.
- Ponting, J.D., Jackson, R. and Walters G. 1972. Refrigerated apple slices : Preservative effects of ascorbic acid , calcium and sulfite. *J. Food Sci.*, 37(2) : 434-437.
- Ponting, J.D. 1973. Osmotic dehydration on fruit. Recent modifications and application. *Process Biochem.*, 8(12) : 18-20.
- Pott, I., Marx, M., Neidhart, S., Mahlbauer, W., Carle, R. 2003. Quantitative determination of carotene stereoisomers in fresh, dried and solar-dried mangoes (*Mangifera indica* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* 51(16): 4527-4531.
- Pott, Isabell, Neidhart, Sybille, Muhlbauer, Werner, Carle, Reinhold. 2005. Quality improvement of non sulfited mango slices by drying at high temperature. *Innovative Food Sci. and Emerging Technologies.*

- Radziejewska-Kubzdela, E., J. Czapski, and K. Czaczuk. 2006. The effect of preliminary processing of shredded celeriac (*Apium Graveolens*) using a sodium hypochlorite solution on the quality of this minimally processed product. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities*. 9(2).
- Ramallo, L.A. and Mascheroni, R.H. 2010. Dehydrofreezing of pineapple. *Journal of Food Engineering*. 99: 269-275.
- Ramamurthy, M.S., and Bongirwar, D.R. 1988. Influence of processing variables on the hygroscopic behaviour of freeze-dried Alphonso mango slices. *Indian Food Industry* 6: 122-124.
- Portela, S.I., and Cantwell, M.I. 2001. Cutting blade sharpness affects appearance and other quality attributes of fresh-cut cantaloupe melon. *J. Food Sci.* 66(9): 1265-1270.
- Ranganna, S. 1977. *Manual of Analysis of Fruit and Vegetable Products*. Tata Mafron-Hill Publishing Company Limited, New Delhi. pp. 87-88, 94-96.
- Rangkadilok, N., Worasuttayangkurn, L., Bennett, R.N. and Satayavivad, J. 2005. Identification and Quantification of Polyphenol Compounds in Longan (*Euphoria longana* Lam.) Fruit. *Journal of Agricultural and Food chemistry*. 53: 1387-1392.
- Rattanapanone, N. Unique features of fresh-cut fruits in Thailand. 1998. Oral presentation, Postharvest Physiology Gordon Research Conference. Plymouth State College, Newhampshire, USA. 12-17 August.
- Rattanapanone, N. and Boonyakiat, D. 2000. Effect of packaging materials on shelf life and physiochemical changes during storage of lychee fruit. Poster to be presented in International Symposium on 'Postharvest 2000' at Jerusalem, Israel. 25 March-6 April 2000. In *Proceeding of the Fourth International Conference on Postharvest Science*. (R. Ben-Arie and S.Philosoph-Hadas eds.) volume 2, pp. 611-612.
- Rattanapanone, N. and Boonyakiat, D. 2001. Shelf life extension of lychee fruit cv. Hong Haui by modified atmosphere packaging. *Proceeding of the 20th ASEAN/2nd APEC Seminar on Postharvest Technology "Quality Management and Market Access"*. 11-14 September 2001, Lotus Pang Saun Kaew Hotel, Chiang Mai, Thailand, pp. 424-428.
- Rattanapanone, N. and Boonyakiat, D. 2003. Physiological and biochemical changes during modified atmosphere storage of lychee fruit. Poster to be presented in the *Second International Symposium on Lychee, Longan, Rambutan and Other Sapindaceae Plants*. 25-28 August, Lotus Pang Saun Kaew Hotel, Chiang Mai, Thailand.
- Rattanapanone, N., Boonyakiat, D. and Phatchaiyo, T. 2001. Storage of longan at low temperature. Poster to be presented in the *First National Horticultural Symposium*.

- Rattanapanone, N., Chongsawat, C. and Chaiteep, S. 1997. Minimally processed fruits in Chiang Mai. 1997. Paper presented on Second International Conference on Postharvest Technologies for Horticultural Produce. At Philippine Trade Training Center, Manila, Philippines, 15-16 May.
- Rattanapanone, N., Chongsawat, C. and Chaiteep, S. 1998. Quality and shelf life of some minimally processed fruit (Papaya, guava and cantaloupe). Poster presented on Symposium "For Further Development of Horticulture in East Asia" at Keio Plaza Hotel and Tokyo University of Agriculture and Technology, Tokyo, Japan. 2-4 April.
- Rattanapanone, N., Chongsawat, C. and Chaiteep, S. 2000. Fresh-cut fruits in Thailand. HortScience. 3(4): 543-546.
- Rattanapanone, N., Lee, Y., Wu, T. and Watada, A.E. 2000. Quality and microbial changes of fresh-cut mango (*Mangifera indica* L.) cubes held in controlled atmosphere. HortScience 36: 1091-1095.
- Rattanapanone, N. and Watada, A.E. Respiration Rate and Respiratory quotient of fresh-cut mango (*Mangifera indica* L.) cubes in low oxygen atmosphere. 1999. Oral presentation in Sixth International Mango Symposium. Merlin Hotel, Thailand. 6-9 April. In Proceeding of the Sixth International Symposium on Mango (S. Subhadrabandhu and A. Pichakum eds.) volume I, pp. 471-478.
- Rattanapanone, N. and Watada, A.E. 2000. Respiration rate and respiratory quotient of fresh-cut mango (*Mangifera indica* L.) in low oxygen atmosphere. Acta Hort., 509.
- Rattanapanone, N., Lee, Y., Wu, T. and Watada, A.E.. 2001. Quality and microbial changes of fresh-cut mango cubes held in controlled atmosphere. HortScience. 36(6): 1091-1095.
- Rattanapanone, N. and Boonyakiat, D. 2005. Physiological and biochemical changes of lychee fruits during modified atmosphere storage. Proceeding of the second International Symposium on Lychee, Longan, Rambutan and Other Sapindaceae Plants, Bangkok, pp. 177-184.
- Raymundo, L.C. and Diaz, J.V. 2003. Improved raw material handling and process control in mango. Institute of Food Science and Technology, College of Agriculture. University of the Philippines Los Baos.
- Reed, G. 1975. Fractionation and characterization of peroxidase from ripening banana fruit. J. Food Sci. 40: 410.
- Riad, G.S., and J.K. Brecht. 2001. Fresh-cut sweetcorn kernels. Proceedings of the Florida State Horticultural Society. 114: 160-163.
- Rico, D., A.B., Martin-Diana, J.M., Baratb, and C., Barry-Ryan. 2007. Extending and measuring the quality of fresh-cut fruit and vegetables: a review. Trends in Food Science & Technology. 18: 373-386.

- Rivera-Lopez, J., Ordorica-Falomir, C. and Wesche-Ebeling, P. 1999. Changes in anthocyanin concentration in Lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) pericarp during maturation. *Food Chemistry* 65(2): 195-200.
- Robinson, D.S. 2000. The effect of oxidative enzymes in foods. In *Food Shelf Life Stability*. N.A. Michael Eskin and D.S. Robinson, (Eds.), New York. CRC Press., pp. 307-308.
- Ruiz-Cruz, S., E. Acedo-Felix, M. Diaz-Cinco, M.A. Islas-Osuna, and G.A. Gonzalez-Aguilar. 2006. Efficacy of sanitizers in reducing *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella* spp. and *Listeria monocytogenes* populations on fresh-cut carrots. [online]. Available: www.sciencedirect.com (December 13, 2006).
- Sacchetti, G., Maietti, S., Muzzoli, M., Scagliani, M., Manfredini, S., Radice, M. and Bruni, R. 2005. Comparative evaluation of 11 essential oils of different origin as functional antioxidants, antiradicals and antimicrobials in foods. *Journal of Food Chemistry*. 91: 621-632.
- Sagar, V.R., Khurdiya, D.S. and Balarishnan, K.A. 1998. Effect of storage temperature and period on quality of dehydrated ripe mango slices. *J. Food Sci. Technol.*, 35(2) : 147-150.
- Sagar, V.R., and Khurdiya, D.S. 1999. Effect of packaging material and mode of pack on the quality of ripe mango powder. *J. Applied Horticulture.*, 1(2)
- Salunkhe, D.K. and Desai, B.B. 1984. *Postharvest Biotechnology of Fruits*. CRC Press, Inc., Florida., 1: 90-91.
- Shahidi, F. and Naczk, M. 2004. *Phenolics in Food and Nutraceuticals*. Boca Raton. Fla. CRC Press.
- Singh, K.K., and Goswami, T.K. 1999. Design of a cryogenic grinding system for spices. *Journal of Food Engineering* 39: 359-368.
- Singh, R. P., Murthy, K. N. C. and Jayaprakasha, G. K. 2002. Studies on the antioxidant activity of pomegranate (*Punica granatum*) peel and seed extracts using in vitro models. *J. Agric. Food Chem.* 50: 81-86.
- Santerre, C.R., Leach, T.F., and Cash, J.N. 1991. Bisulfite alternatives in processing abrasionpeeled Russet Burbank potatoes. *J. Food Sci.* 56:257-259.
- Santerre, C.R., Cash, J.N., and Vannorman, D.J. 1988. Ascorbic acid/citric acid combinations in the processing of frozen apple slices. *J.Food Sci.* 53: 1713-1716, 1736.
- Sapers, G.M. and Douglas, Jr.F.W. 1987. Measurement of enzymatic browning at cut surfaces and in juice of raw apple and pear fruits. *J. Food Sci.*, 52 : 1258, 1285-1261.
- Sapers, G.M. and Ziolkowski, M.A. 1987. Comparison of erythorbic acids as inhibition of enzymatic browning in apple. *J. Food Sci.*, 52 : 1732-1737.
- Sapers, G.M. 1988. Unpublished data. Eastern Regional Research Center, Wyndmoor, P.A.
- Sapers, G.M., Douglas, F.W. Jr., Bilyk, A., Hsu, A.-F., Dower, H.W., Garzarella, L., and Kozempel, M. 1989a. Enzymatic browning in atlantic potatoes and related cultivars. *J.Food Sci.* 54:362-365.

- Sapers, G.M., Hicks, K.B., Phillips, J.G., Garzarella, L.G., Pondish, D.L., Matulaitis, R.M., McCormack, t.J., Sondey, S.M., Seib, P.A., and Ei-atawy, Y.s. 1989b. Control of enzymatic browning in apple with ascorbic acid derivatives, polyphenol oxidase inhibitors, and complexing agents. *J.Food Sci.* 54: 997-1002.
- Sapers, G.M., Garzarella, L., and Pilizota, V.1990. Application of browning inhibitors to cut apple and potato by vacuum and pressure infiltration. *J.Food Sci.* 55: 1049-1053.
- Sapers, G.M. and Miller, R.L. 1992. Enzymatic browning control in potato with ascorbic acid-2-phosphates. *J.Food Sci.*57:1132-1135.
- Sapers, G.M. and Miller, R.L. 1998. Browning Inhibition in fresh-cut pears. *J. Food Sci.*, 63 (2) : 342–346.
- Sapers, G.M. 2002. Browning of foods : control by sulfite, antioxidants and other means. *Food Technol.*, 47(10) : 75-84.
- Senesi, E., A. Calabretto, M. Macario, and R. Lo Scalzo. 2005. Effect of a partial drying pretreatment on the respiration activity of fresh-cut apple. *Acta Hort.* 682: 1839-1846.
- Singh Shah, N. and N. Nart. 2008. Changes in qualities of minimally processed litchis: Effect of antibrowning agents, osmo-vacuum drying and moderate vacuum packaging. *LWT - Food Science and Technology.* 41 : 660-668.
- Skoog, D.A., D.M. West and F.J. Holler. 1996. *Fundamentals of Analytical Chemistry*, 7th edition. pp. 14-15, 33, 53 - 55.
- Skredo, D. 1996. Fruit. In *Freezing Effects on Food Quality*. L.E. Jeremiah. (Ed.), Marcel Dekker, Inc., New York., pp. 183-237.
- Smith, J.C. 2001. *Unit Operation of Chemical Engineering*. McGraw-Hill, New York.
- Spiazzi, E. A., Raggio, Z. I., Bignone, K. A., & Mascheroni, R. H. (1998). Experiments on dehydrofreezing of fruits and vegetables: mass transfer and quality factors. *Advances in the Refrigeration Systems, Food Technologies and Cold Chain, IIF/IIR*, 6, 401-408.
- Subramanian, V., Sharma, T.R., and Nath, H. 1976. Freeze dehydration of mango as pulp and as a ready-to-serve beverage. *Indian Food Packer* 30: 70-75. USJuice. 2004. http://www.usjuice.com/content_mango_juice_powder.htm (accessed 11/08/05)
- Sugai, A.Y. and Tadini, C.C. 2006. Thermal inactivation of mango (*Mangifera indica* L., variety Palmer) puree peroxidase. 2006 CIGR Section VI International Symposium on FUTURE OF FOOD ENGINEERING, Warsaw, Poland, 26 – 28 April 2006.
- Sun, D.W. and Li, B. 2002. Microstructure change of potato tissues frozen by ultrasound-assisted immersion freezing. *Journal of Food Engineering.* 57: 337-345.

- Sun, T., Xu, Z., Wu, C.-T., Jane, M., Prinyawiwatkul, W. and No, H.K. 2007. Antioxidant Activities of Different Colored Sweet Bell Peppers (*Capsicum annuum* L.). *Journal of Food Science*. 72: 98-102.
- Sutar, P.P. and Gupta, D.K. 2007. Mathematical modeling of mass transfer in osmotic dehydration of onion slices. *Journal of Food Engineering*. 78(1): 90-97.
- Surawang, S., Rattanapanone, N., Linforth, R.S.T. and Taylor, A.J. 2004. Effect of oxygen and free fatty acids on cucumber flavour generation. Poster presentation in The 5th International Postharvest Symposium. Verona, Italy, 6-11 June.
- Surawang, S., Rattanapanone, N. and Taylor, A.J. 2005. Quantitative analysis of volatile flavour compounds in two transgenic tomato fruit using APCI-MS. (in preparation).
- Talens, P., Escriche, I., Martinez-Navarrete, N. and Chiralt, A. 2003. Influence of osmotic dehydration and freezing on the volatile profile of kiwi fruit. *Food Research International*. 36: 635-642.
- Talens, P., Martinez-Navarrete, N., Fito, P. and Chiralt, A. 2002. Changes in optical and mechanical properties during osmodehydrofreezing of kiwi fruit. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 3: 191-199.
- Teixeira, G.H.A., J.E. Durigan, and R.E. Alves. 2005. Use of carambola (*Averrhoa carambola* L. 'Fwang Tung') fruit at two stages of maturity for fresh-cut products. *Acta Hort*. 682: 1901-1908.
- Thai Customs Department. 2004. Import-export statistics/ HS-code 2008.990.143 'Mango in airtight containers' and 0804.500.200 'Mangoes'.
<http://www.customs.go.th/Statistic/StatisticIndex.jsp> (accessed 27/09/04).
- Thomas, T.L. 1987. Preventing of browning in fresh prepared potatoes without the use of sulfiting agents. *Food Technol.*, pp. 64-67.
- Tijssen, P. and Kurstak, E. 1984. *Analytical Biochemistry* 136: 451- 457.
- Toivonen, P.M.A., F. Kappel, S. Stan, D.-L. McKenzie, and R. Hocking. 2006. Factors affecting the quality of a novel fresh-cut sweet cherry product. *Journal of Food Science and Technology*. 39: 240-246.
- Toivonen, P.M., and D.A. Brummell. 2008. Biochemical bases of appearance and texture changes in fresh-cut fruit and vegetables. *Postharvest Biology and Technology*. 48: 1-14.
- Tong, C.B.S. and Hicks, K.B. 1991. Sulfated polysaccharides inhibit browning of apple juice and diced apples. *J. Agric Food Chem.*, 39 : 1719-1722.
- Tovar, B., L.I. Ibarra, H.S. García, and M. Mata. 2000. Some compositional changes in Kent mango (*Mangifera indica*) slices during storage. *J. Appl. Hort*. 2(1):10-14.
- Tongdee, S.C. 1997. Longan. In. p. 335-345. S. Mitra (ed.). *Postharvest Physiology and Storage of Tropical and Subtropical Fruits*. CAB. International. USA.

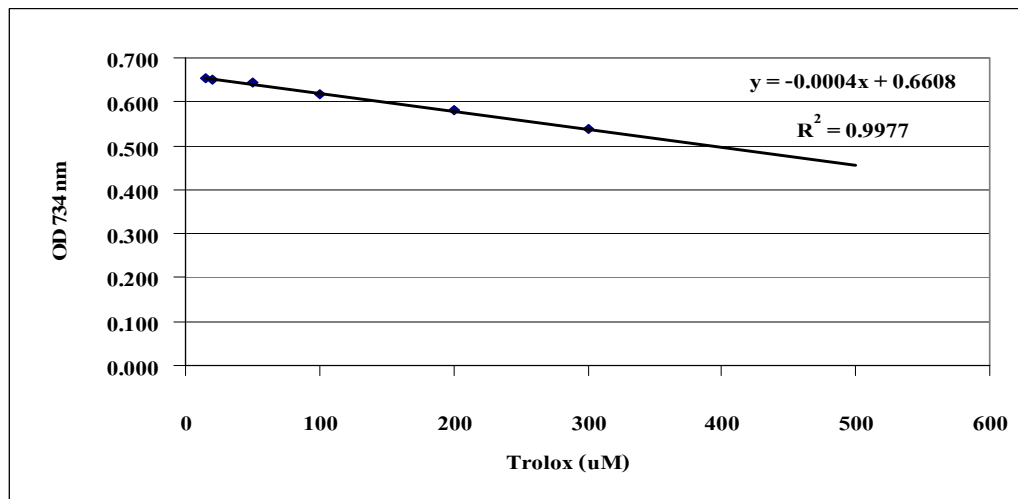
- Toor, R.K. and Savage, G.P. 2004. Effect of semi-drying on the antioxidant component of tomatoes. *Journal of Food Chemistry*. 94: 90-97.
- Trindade, P., Beirao-da-Costa, M.L., Moldao-Martins, M. Abreu, M., Goncalves, E.M. and Beirao-Costa, S. 2003. The effect of heat treatment and calcium chloride application on quality of fresh-cut mango. *ISHS Acta Horticulturae*., 599: 603-609.
- TotalHealth Discount Vitamins. 2005.
<http://www.totaldiscountvitamins.com/default.asp?CatalogID=67312&SubfolderID=76&AssocID=dealttime> (accessed 14/08/05)
- Tudela, J.A., J.C. Espin, and M.I., Gil. 2002. Vitamin C retention in fresh-cut potatoes. *Postharvest Biology and Technology*. 26:75–84.
- Ueda, M., Sasaki, K., Utsunomiya, N., Inaba, K. and Shimabayashi, Y. 2000. Changes in Physical and Chemical Properties during Maturation of Mango Fruit (*Mangifera indica* L. 'Irwin') Cultured in a Plastic Greenhouse. *Food Science and Technology Research* 6(4): 299-305.
- Ueda, M., Sasaki, K., Utsunomiya, N. and Shimabayashi, Y. 2001. Changes in properties during maturation and ripening of 'Chiin Hwang No. 1' mango fruit cultivated in a plastic Greenhouse. *Food Science and Technology Research* 7(3): 207-213.
- Ukuku, D.O., M.L. Bari, S. Kawamoto, and K. Isshiki. 2005. Use of hydrogen peroxide in combination with nisin, sodium lactate and citric acid for reducing transfer of bacterial pathogens from whole melon surfaces to fresh-cut pieces. *International Journal of Food Microbiology*. 104 : 225-233.
- Ukuku, D.O. 2006. Effect of sanitizing treatment on removal of bacteria from cantaloupe surface, and re-contamination with *Salmonella*. *Food Microbiology*. 23: 289-293.
- Unal, U. M. 2005. Properties of polyphenol oxidase from Anamur banana (*Musa cavendishii*). [Online]. Available <http://www.sciencedirect.com>. (accessed 19/09/05)
- Underhill, S.J.R. and Wong, L.S.1990. A maturity standard for lychee (*Litchi chinensis* Sonn.). *Acta Hort.*, 269: 181-187.
- Underhill, S.J.R. and Critchley, C.1993. Physiological, biochemical and anatomical changes in lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) pericarp during storage. *J. Hort. Sci.*, 68(3): 327-335.
- USJuice. 2004. http://www.usjuice.com/content_mango_juice_powder.htm (accessed 11 August 2005)
- Vamos-Vigyazo. L. 1995. Prevention of enzymatic browning on fruits and vegetables : a review of principle and practice. In *Enzymatic Browning and Its prevention*. ACS Symposium series. 0097-6156, 600. American Chemical Society, Washington, D.C.

- Vasquez-Caicedo, A.L., Neidhart, S., Chattrakul, A., Srumsiri, P., Manochai, P., Bangerth, F. and Carle, R. 2002. Physical, chemical and sensory properties of 9 Thai mango cultivars and evaluation of their technological and nutritional potential. [Online]. Available: http://www.uni-hohenheim.de/symposium2002/pa_abstracts1/Abs-Pap-S3B3_Vasquez-Caicedo.pdf (8-11 January 2002).
- Walker, J.R.L. 1995. Enzymatic browning on fruits its biochemistry and control. In Enzymatic browning and its prevention. ACS Symposium Series 0097-6156, 600, American Chemical Society, Washington, D.C., pp. 8-22.
- Wangensteen, H., Samuelsen, A.B. and Malterud, K.E. 2004. Antioxidant activity in extracts from coriander. *Journal of Food Chemistry*. 88: 293-297.
- Watada, A.E., N.P., Ko, and D.A., Minott. 1996. Factors affecting quality of fresh-cut horticultural products. *Postharvest Biology and Technology*. 9: 115-125.
- Whangchai, K., Gemma, H, Iwahori, S. and Uthaibutra, J. 1999. Endogenous polyamines in 'Nam Dok Mai' mangoes with different ripening stages and its relation to chilling injury during storage. *Proceeding of the Sixth International Symposium on Mango*. Pattaya City, Thailand. 1: 429-436.
- Whitlow, T.H., Bassuk, N.L., Ranney, T.G. and Reichert, D.L. 1992. An improved method for using electrolyte leakage to assess membrane competence in plant tissues. *Plant Physiol*. 98: 198-205.
- WHO. 2003. Combating vitamin A deficiency. World Health Organization Newsletter. <http://www.who.int/nut/vad.htm> (accessed 11/08/05)
- Wikipedia. 2008. Spheroid. [online]. Available: <http://en.wikipedia.org/wiki/Spheroid> (20 August 2008).
- Wiley, R.C. 1994. Preservation methods for minimally processed refrigerated fruits vegetable. In *Minimally Processed Refrigerated Fruit & Vegetables*. R.C. Wiley (Ed.), U.S.A. Chapman & Hall Inc., pp.66-134.
- Woolf, A.B., Requejo-Tapia, C., Cox, K.A. Jackman, R.C., Gunson, A., Arpaia, M. and White, A. 2005. 1-MCP reduces physiological storage disorders of 'Hass' avocados. *Postharvest. Biol. Techol*. 35: 43-60.
- Wu, L., Orikasa, T., Tokuyasu, K., Shiina, T. and Tagawa, A. 2009. Applicability of vacuum-dehydrofreezing technique for the long-term preservation of fresh-cut eggplant: Effects of process conditions on the quality attributes of the samples. *Journal of Food Engineering*. 91: 560-565.
- Wyss, O.R., McGuire, M.T. and Frost, R. 1990. Composition for extending shelf life of fruits and vegetables. U.S. Patent : 4, 959, 230.
- Xie, J. and Zhao, Y. 2003. Improvement of physicochemical and nutritional qualities of frozen Marionberry by vacuum impregnation pretreatment with cryoprotectants and minerals. *J. Hort Sci & Biotech.*, 78(2) : 248-253.

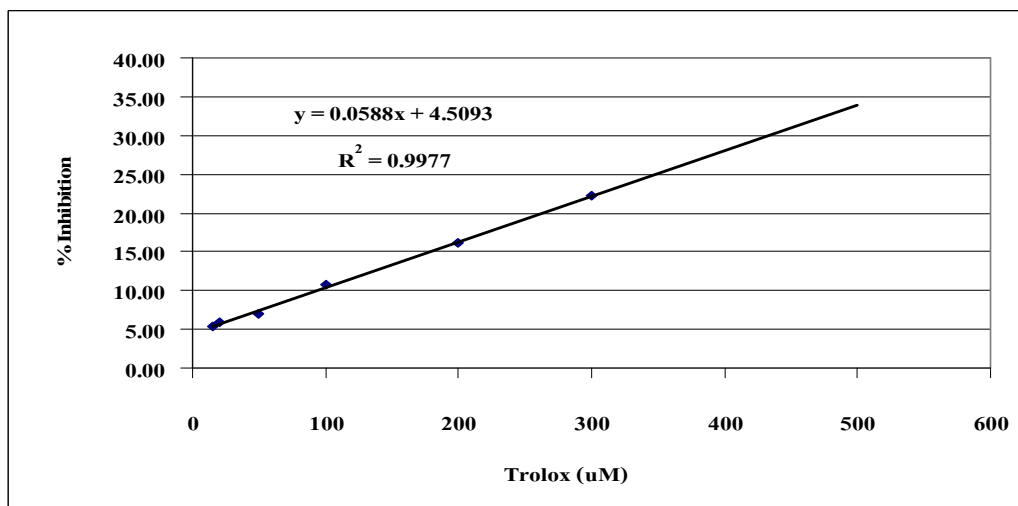
- Xie, J. 2004. Use of vacuum impregnation to develop high quality and nutritionally fortified frozen strawberries. *J. Food Process Preserv.*, 28 : 117-132.
- Xu, Q., Chen, Y.J, Nelson, P.E. and Chen, L.F. 1993. Inhibition of the browning reaction by malto-dextrin in freshly ground apples. *J. Food Process Preserv.*, 16(6) : 407-419.
- Yamsaengsung R, Moreira RG (2002) *J Food Eng* 53: 11-25
- Yemencioglu, A., ÖzkWikipediaan, M. and Cemeroglu, B. 1999. Some characteristics of polyphenol oxidase and peroxidase from taro (*Colocasia antiquorum*).*J. Agri.Forest.* 23: 425-430.
- Yuanzi, L., Shucan, L., Ziguang, X., Guohua, Z., and Linghua, Z. 2003. Studies on vacuum freezing drying process of lychee sarcocarp. *Shipin Yu Jixie* 2: 17-18.
- Zagory, D., Kader, A. 1988. Modified atmosphere packaging of fresh produce. *Food Technol.* 42: 70–77.
- Zagory, D. 1999. Sanitation concerns in the fresh-cut fruit and vegetable industry. *Food Processors Sanitation Workshop*. University of California, Davis.
- Zhang Z., Pang X., Ji Z. 2001. Role of anthocyanin degradation in litchi pericarp browning. *Food Chemistry* 75: 217-221.
- Zhuang, H.,Barth, M.M., and Hankinson, T.R. 2003. Microbial safety, quality and sensory aspects of fresh-cut fruits and vegetables. 255-278.

ภาคผนวก ก

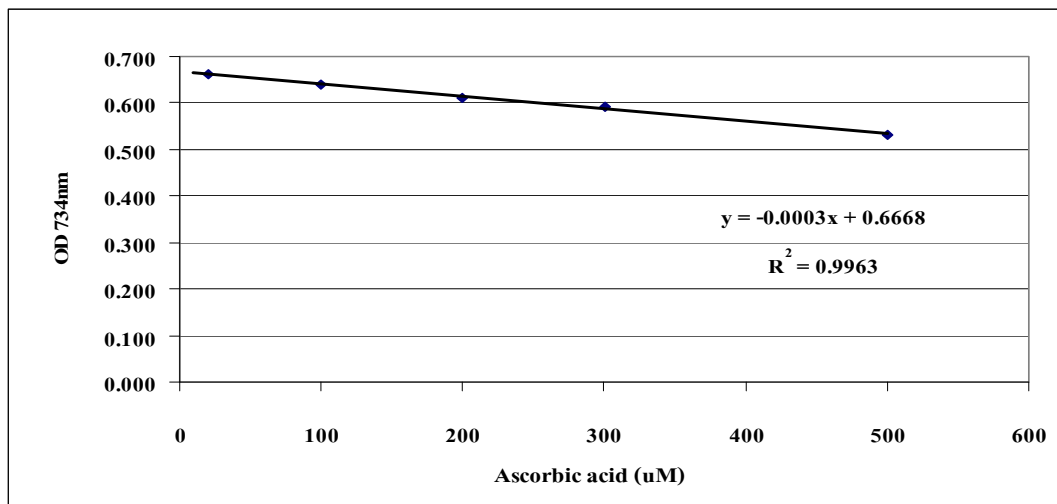
กราฟมาตรฐานของ Trolox ที่วิเคราะห์โดยวิธี ABTS



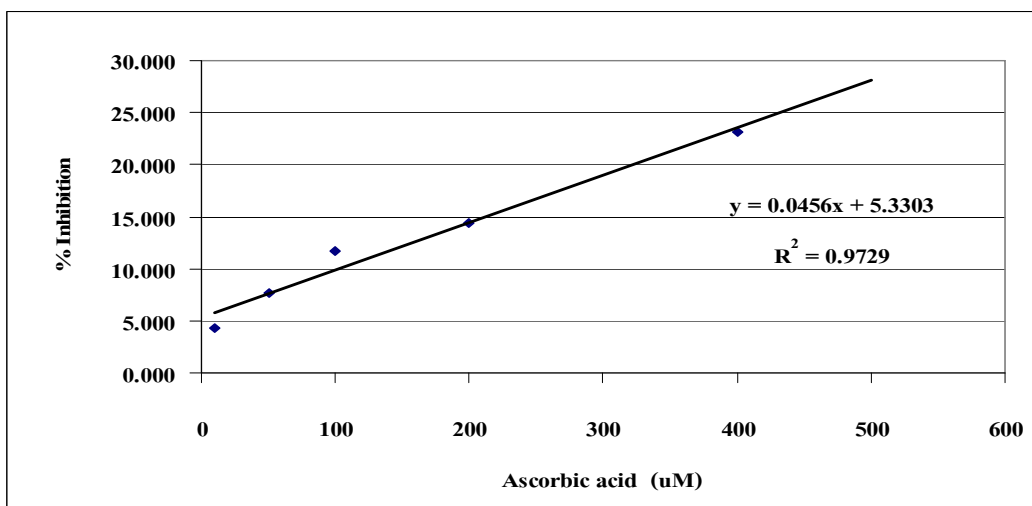
กราฟ % การยับยั้งในรูปของ Trolox



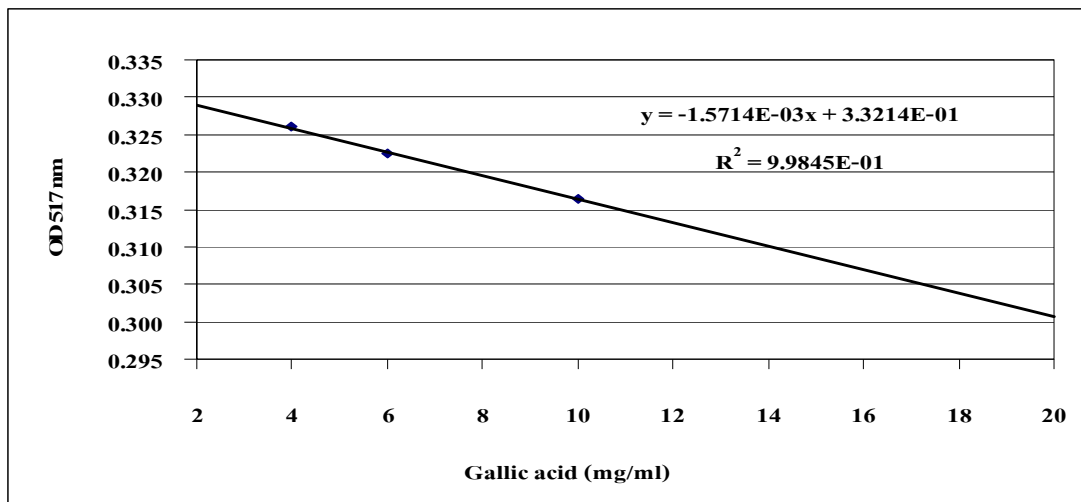
กราฟมาตรฐานของ Ascorbic acid ที่วิเคราะห์โดยวิธี ABTS



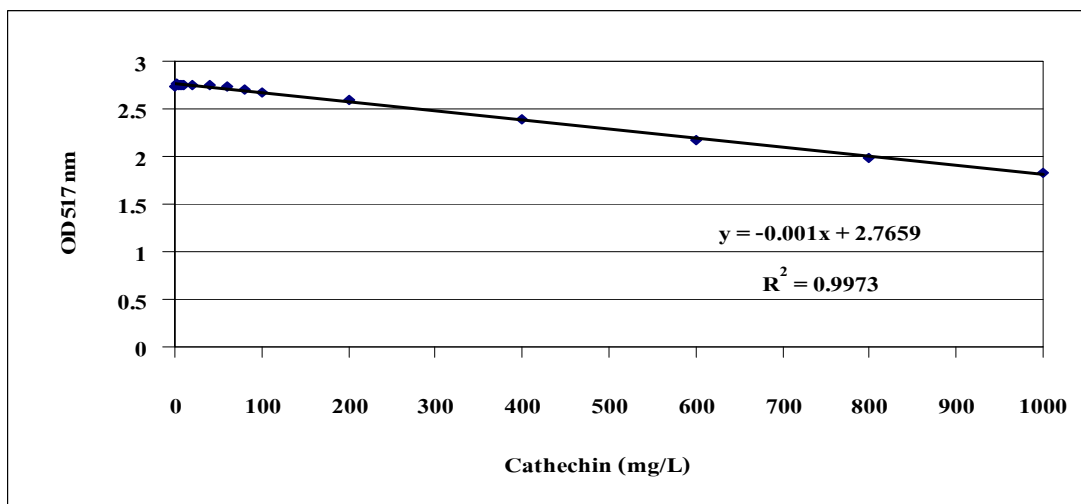
กราฟ % การยับยั้งในรูปของ Ascorbic acid



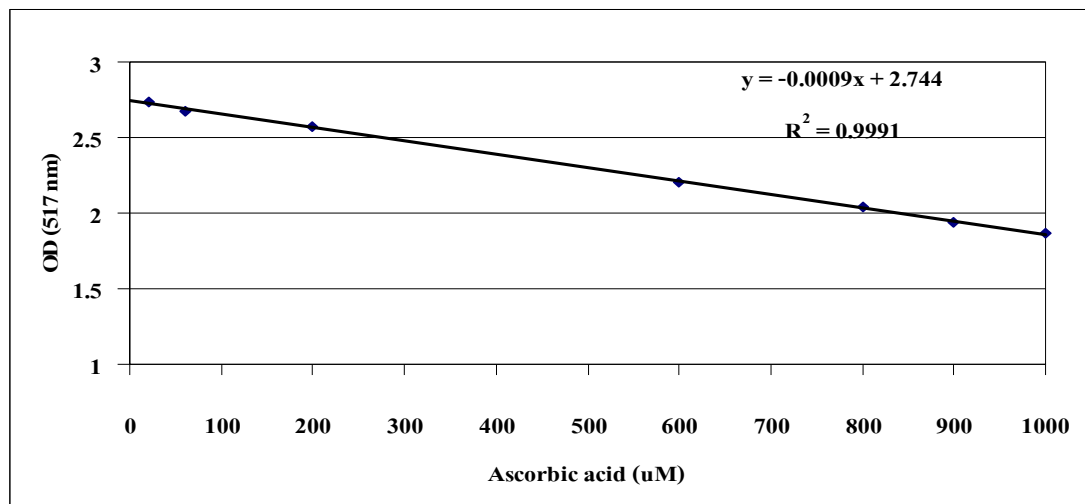
กราฟมาตรฐาน Gallic acid วิเคราะห์โดยวิธี DPPH



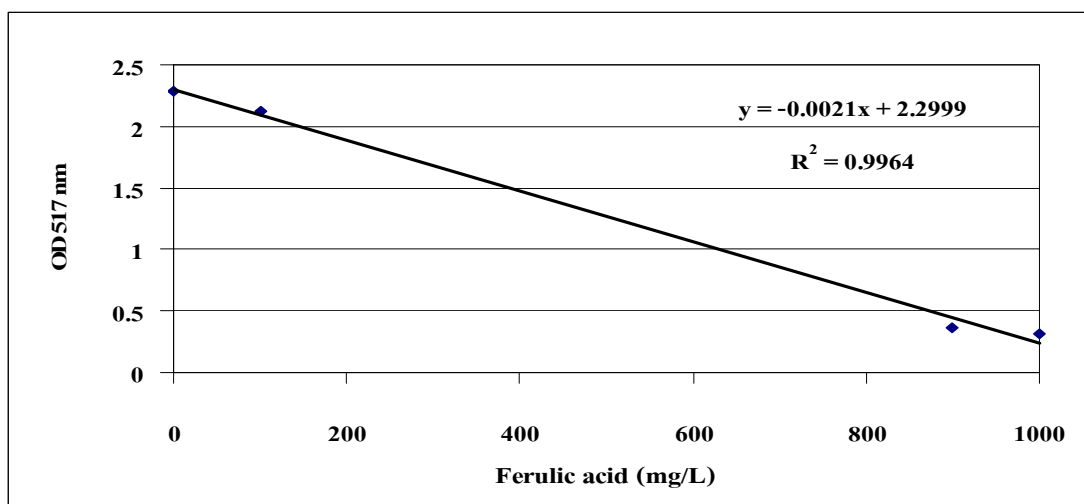
กราฟมาตรฐาน Catechin วิเคราะห์โดยวิธี DPPH



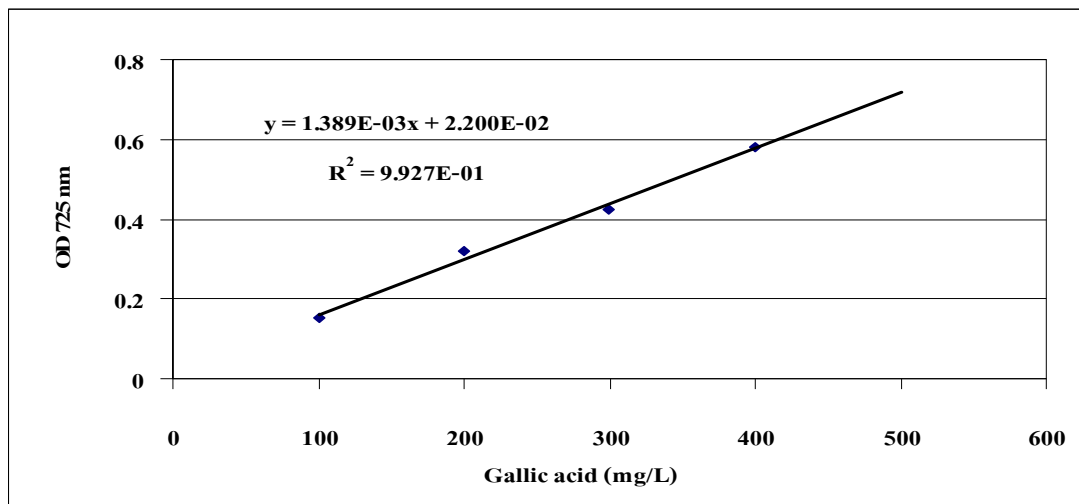
กราฟมาตรฐานของ Ascorbic acid โดยใช้วิธีของ DPPH



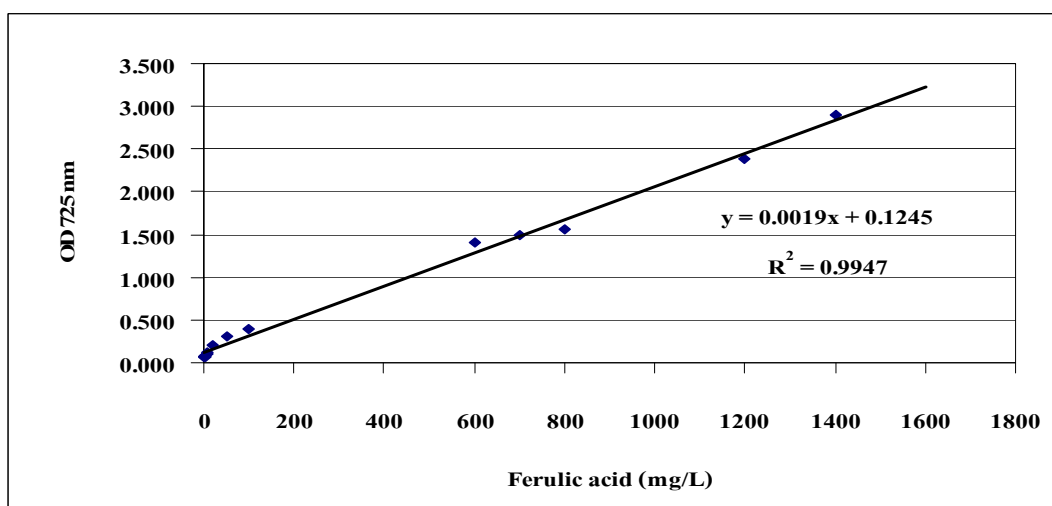
กราฟมาตรฐานของ Ferulic โดยใช้วิธีของ DPPH



กราฟมาตรฐาน Gallic acid วิเคราะห์โดยวิธี Total phenolic



กราฟมาตรฐานของ Ferulic acid วิเคราะห์โดย Total phenolic



กราฟมาตรฐาน β -carotene

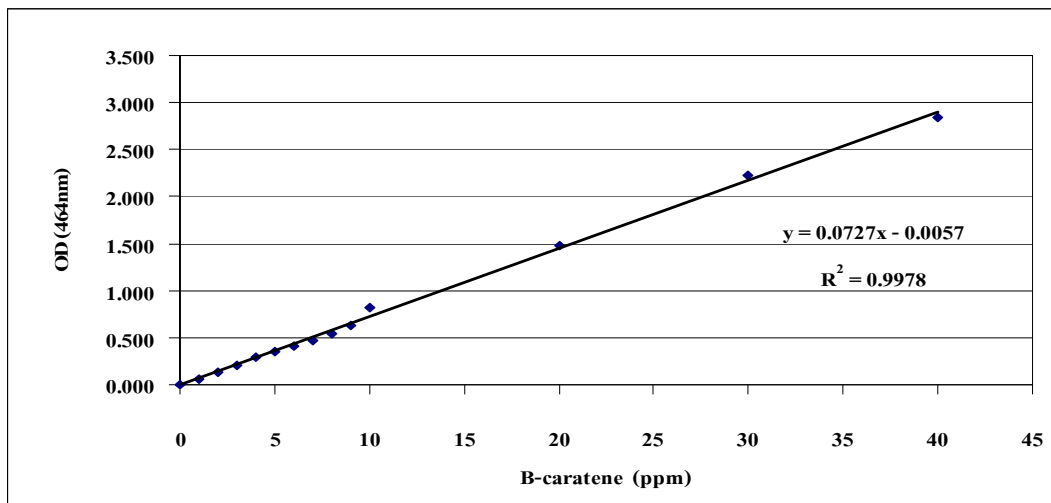


Table 1: Formulation of mixed osmotic solution for pretreated peeled litchi

Treatments	Conditions					
	Citric acid (%)	Malic acid (%)	Ascorbic acid (%)	Sucrose (°Brix)	Glycerol (%)	Trehalose (%)
C	-	-	-	-	-	-
A	-	-	-	-	-	-
G	0.3	0.3	0.3	25	5	-
T	0.3	0.3	0.3	25	-	5
GT	0.3	0.3	0.3	25	5	5

Table 2: Chemical properties of peeled fresh litchi after pretreatments

Treatments	MC (%)	Aw	TSS ($^{\circ}$ Brix)	TA (mg/gSample)
Fresh flesh	82.98a $\pm$ 0.18	0.976ab $\pm$ 0.006	16.60e $\pm$ 0.00	1.86h $\pm$ 0.08
C	82.57a $\pm$ 0.19	0.985a $\pm$ 0.006	11.70f $\pm$ 0.00	1.99h $\pm$ 0.05
A	83.49a $\pm$ 0.32	0.979ab $\pm$ 0.009	10.05g $\pm$ 0.07	4.65a $\pm$ 0.02
G	77.76b $\pm$ 1.68	0.971ab $\pm$ 0.006	19.15c $\pm$ 0.07	4.35b $\pm$ 0.02
T	76.91b $\pm$ 1.50	0.971ab $\pm$ 0.004	20.55b $\pm$ 0.07	3.78de $\pm$ 0.12
GT	75.70c $\pm$ 0.15	0.944c $\pm$ 0.012	21.90a $\pm$ 0.14	3.50f $\pm$ 0.09

Numerical number in the table presented mean $\pm$ standard deviation (n = 18)

a-h, Means within a column with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

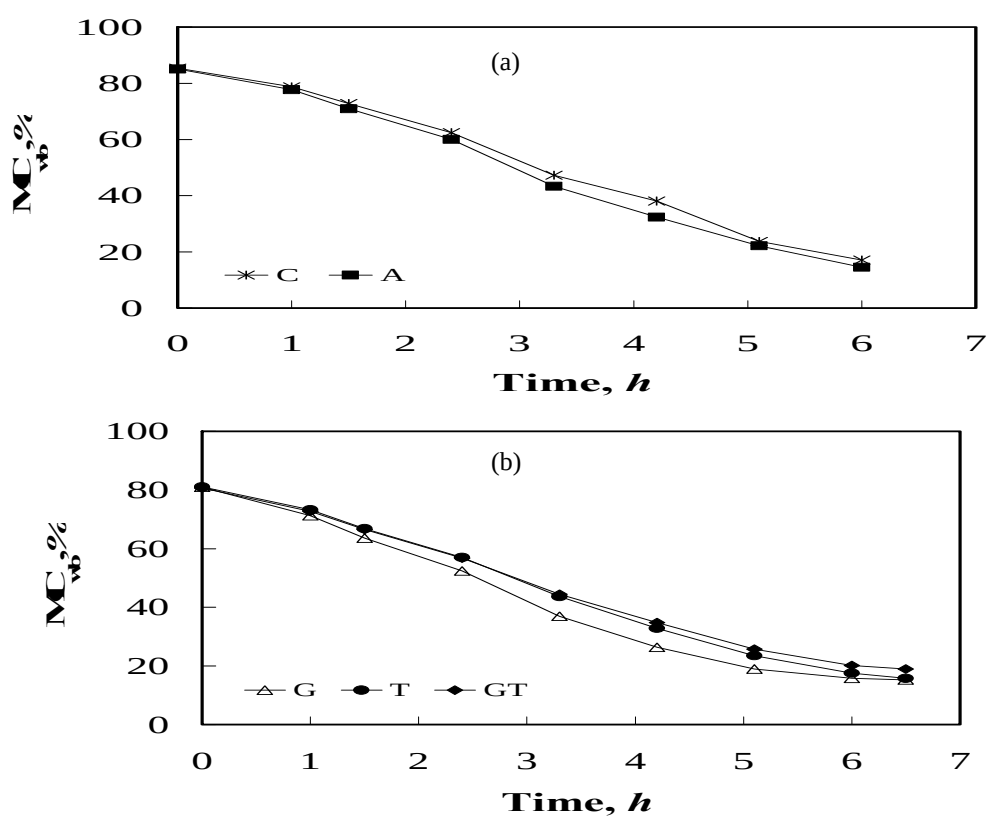


Figure 1: Drying curve of pretreated peeled flesh litchi during drying; (a) treatment C and A; (b) treatment G, T, and GT

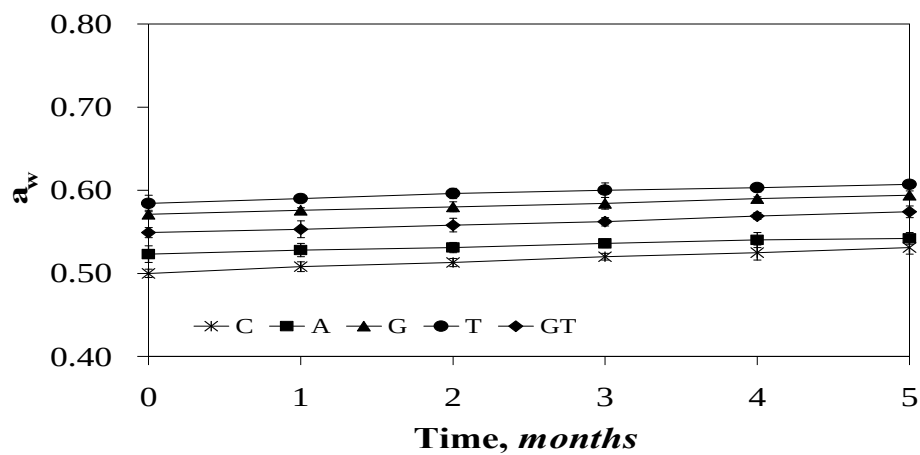
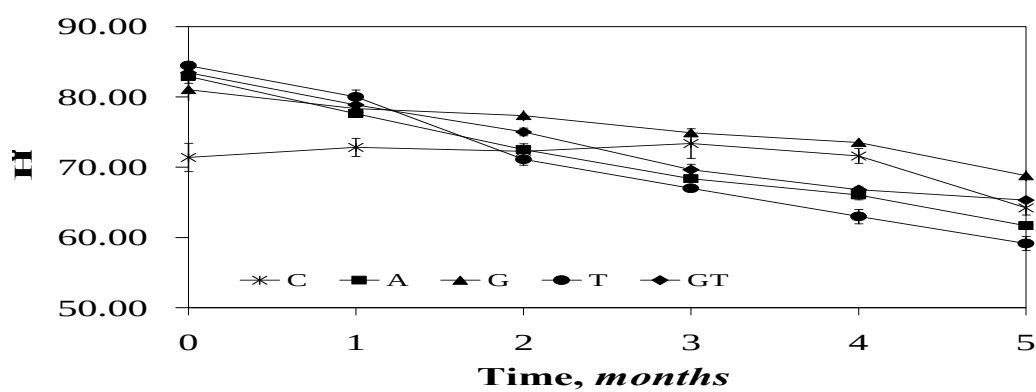
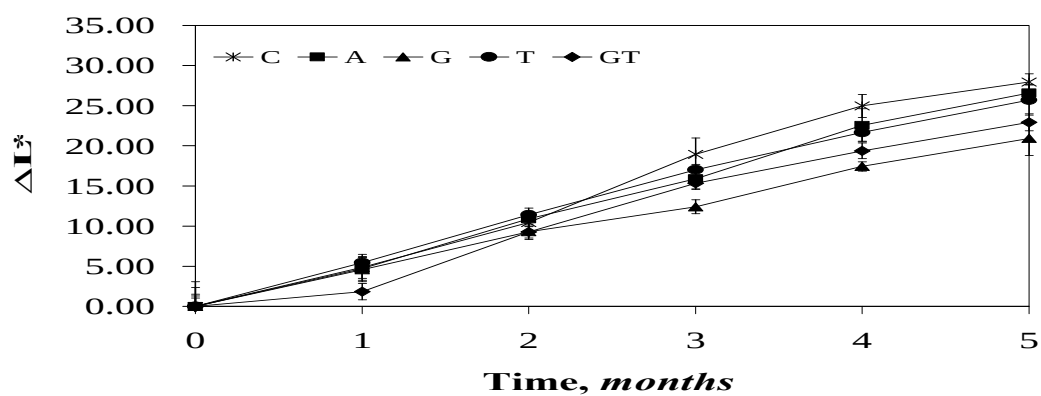


Figure2: Effect of storage time on aw of dried litchi



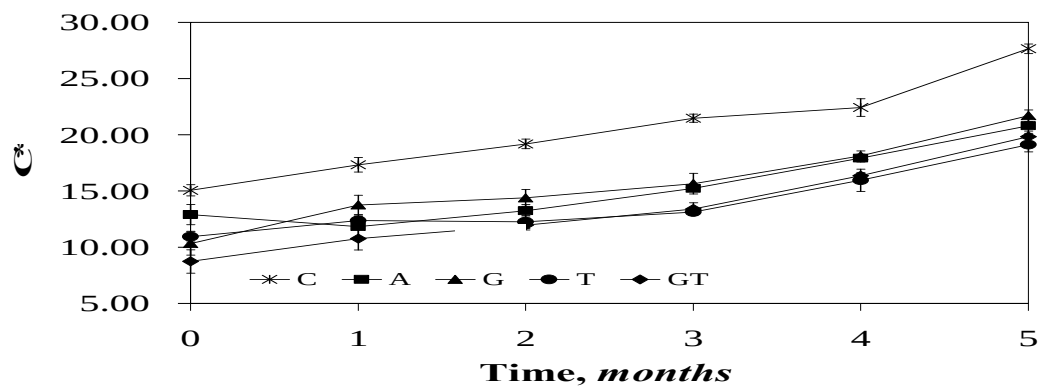


Figure 3: Colour alterations of dried litchi as a function of time during storage (a) ΔL^* , (b) h^* , and (c) C^*

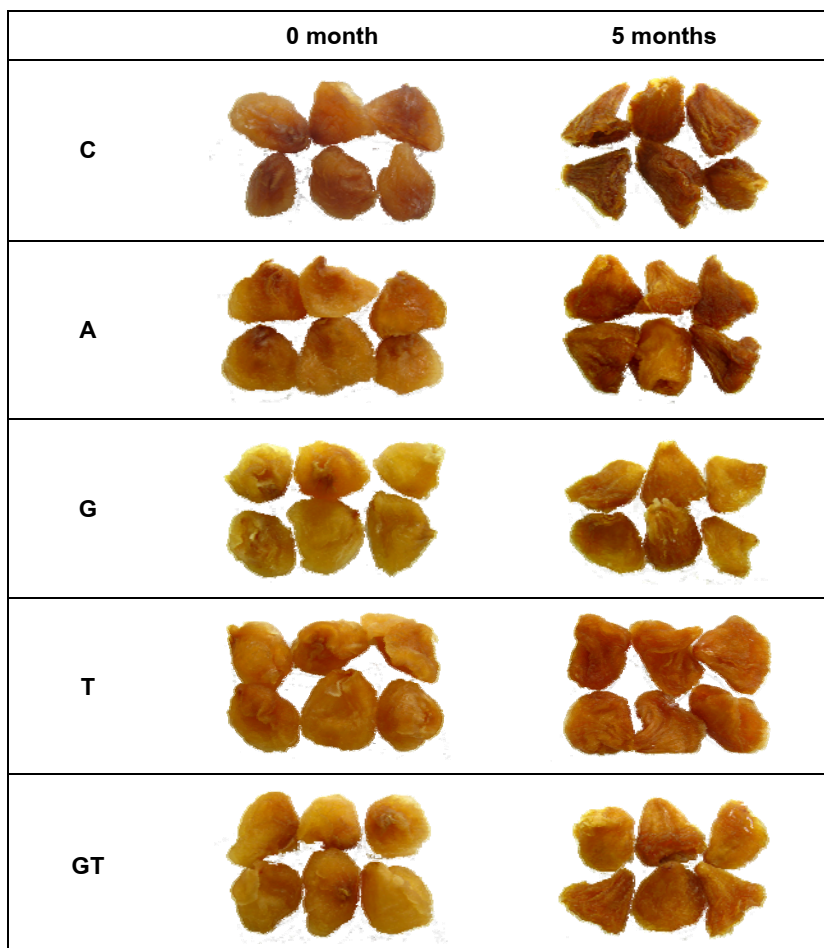


Figure 4: Colour observation of dried peeled litchi during storage (a) 0 month and (b) 5 months

Table 3: %MC, PPO activity and total phenolic contents of dried peeled litchi at initial period before storage

Treatments	MCwb (%)	PPO activity (unit/g db)	Total phenolic contents (mg/g db)
C	12.60e $\pm$ 0.40	2.69a $\pm$ 0.00	0.22fg $\pm$ 0.00
A	14.75cd $\pm$ 0.11	1.50f $\pm$ 0.00	0.27ef $\pm$ 0.01
G	15.21c $\pm$ 0.21	1.85d $\pm$ 0.04	0.37d $\pm$ 0.02
T	15.73c $\pm$ 0.55	1.50f $\pm$ 0.00	0.57b $\pm$ 0.03
GT	18.96a $\pm$ 1.23	1.43g $\pm$ 0.01	0.65a $\pm$ 0.05

Numerical number in the table presented mean $\pm$ standard deviation (n = 18)

a-g, Means within a column with different letters are significantly different (p<0.05).

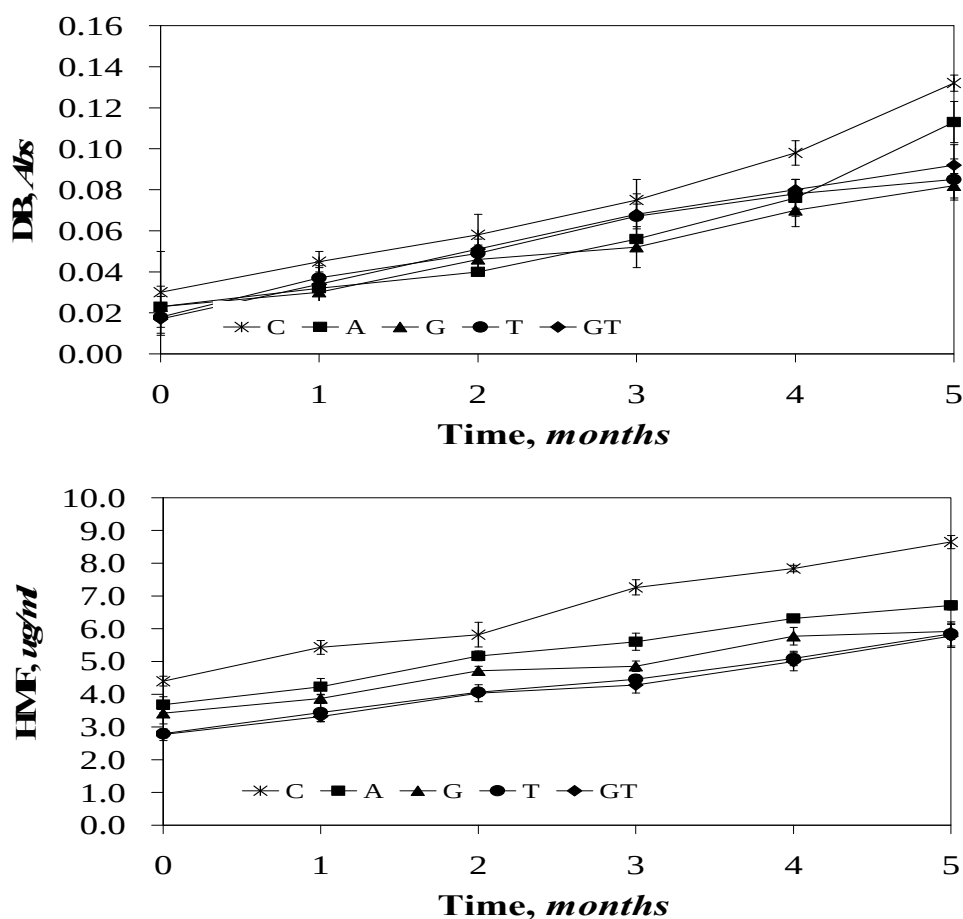


Figure 5: Effect of pretreatments on DB and HMF of dried litchi during storage

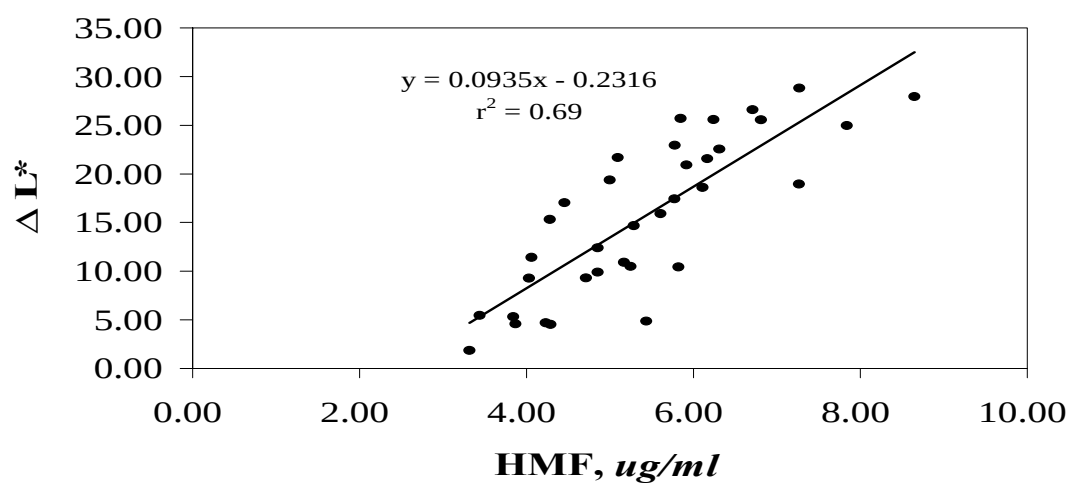
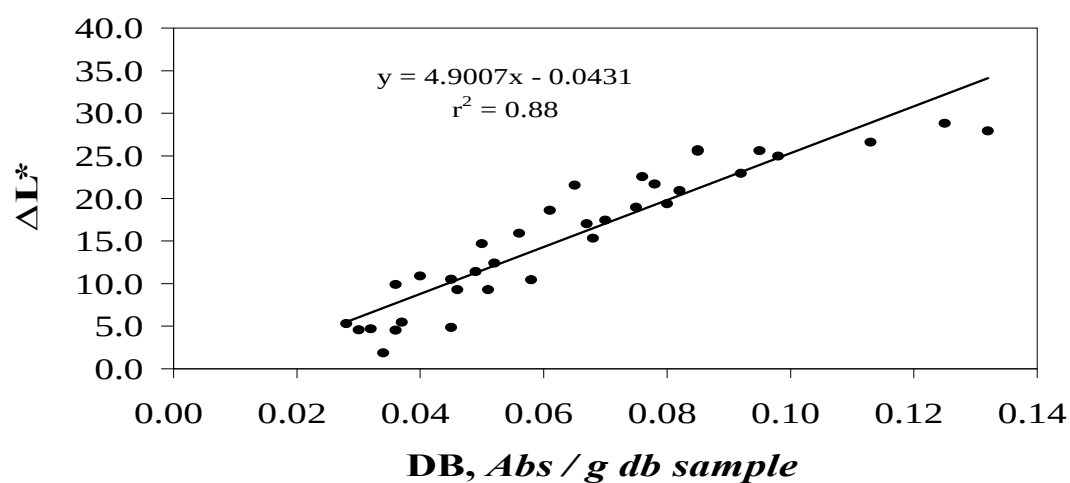


Figure 6: Correlation between ΔL^* and browning index of dried litchi (a) DB and (b) HMF

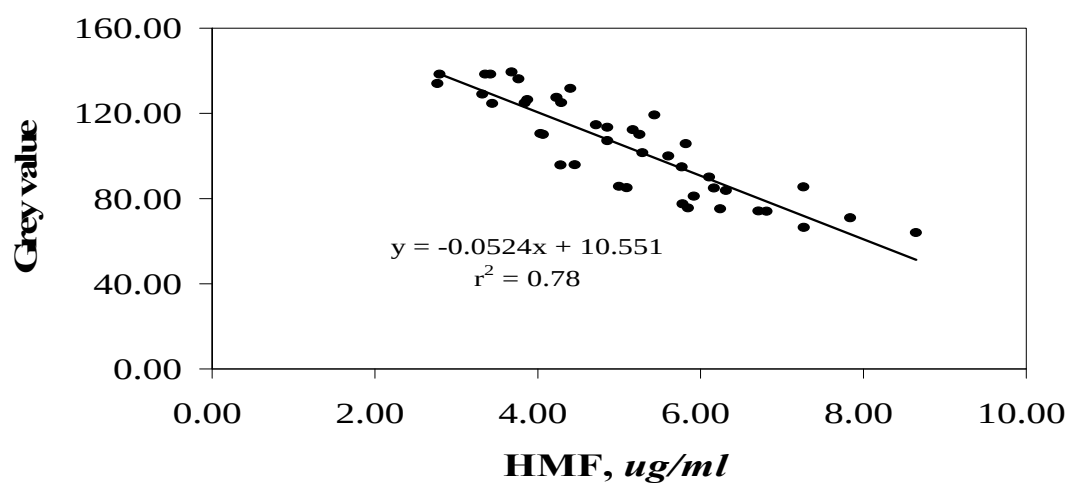
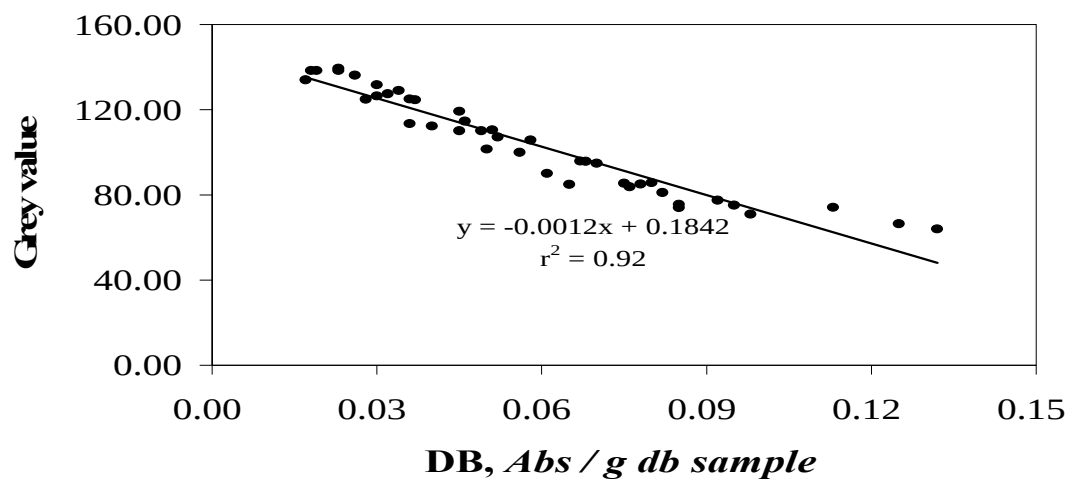


Figure 7: Correlation between grey value and browning index of dried litchi (a) DB and (b) HMF

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมี

1. การสูญเสียน้ำหนัก (%weight loss)

การสูญเสียน้ำหนัก วิเคราะห์โดยการชั่งน้ำหนักเนื้อผลไม้ ด้วยเครื่องชั่งละเอียดแบบทศนิยม 4 ตำแหน่ง แล้วนำค่ามาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก จากสูตร ดังนี้

$$\frac{\text{น้ำหนักก่อนแช่ในสารละลายออสโมติก} - \text{น้ำหนักหลังแช่ในสารละลายออสโมติก}}{\text{น้ำหนักก่อนการแช่ในสารละลายออสโมติก}} \times 100$$

2. ปริมาณของเหลวที่สูญเสียหลังการละลายน้ำแข็ง (% Drip Loss)

ปริมาณของเหลวที่สูญเสียหลังการละลายน้ำแข็งวัดโดยชั่งน้ำหนักผลไม้ที่ผ่านการแช่แข็งก่อนการละลายน้ำแข็ง จากนั้นทำการละลายน้ำแข็งโดยใช้ถุงพลาสติกที่แนบติดอาหาร (Skin-tight pack) บรรจุชิ้นผลไม้แช่แข็ง แล้วแช่ในน้ำสะอาดที่มีการหมุนเวียนของน้ำ จากนั้นซับน้ำที่ละลายออกจากเนื้อผลไม้ ออก แล้วชั่งน้ำหนักผลไม้หลังการละลายน้ำแข็ง คำนวณหาค่าการสูญเสียน้ำหนักภายหลังการละลายน้ำแข็ง จากสูตร ดังนี้

$$\frac{\text{น้ำหนักผลไม้ก่อนละลายน้ำแข็ง} - \text{น้ำหนักของผลไม้หลังละลายน้ำแข็ง}}{\text{น้ำหนักผลไม้ก่อนละลายน้ำแข็ง}} \times 100$$

3. ปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total solid; %TS)

ปริมาณของแข็งทั้งหมด วัดโดยชั่งกระป๋องหาคความชื้นพร้อมฝาที่แห้งสนิท (w_1) จากนั้นใส่เนื้อผลไม้ประมาณ 5 กรัม ลงในกระป๋องหาคความชื้นที่บรรจุตัวอย่างพร้อมฝา แล้วชั่งน้ำหนัก (w_2) จากนั้นนำไปอบในตู้อบอุณหภูมิควบคุมที่ 100-105 องศาเซลเซียส นานประมาณ 24 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดเวลานำออกมาจากตู้อบปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนักที่เหลืออยู่ (w_3) เพื่อมาคำนวณหาปริมาณน้ำในอาหารแบบคิดเทียบน้ำหนักเปียก (Wet basis) ดังนี้

$$\%Mc_{wb} = \frac{W_2 - W_3}{W_2 - W_1} \times 100$$

ดังนั้น การคำนวณหาปริมาณของแข็งทั้งหมด (%TS) หาได้จาก

$$\%TS = 100 - \%Mc_{wb}$$

4. ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (Total soluble solids; TSS)

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด โดยใช้เครื่องวัดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (Refractometer) อ่านค่าจากน้ำคั้นของชิ้นผลไม้จำนวน 20 กรัม ที่ปั่นรวมกันด้วยเครื่องปั่นผลไม้จนกระทั่งเนื้อผลไม้ละเอียดเป็นเนื้อเดียวกัน อ่านค่าด้วย hand refractometer ค่าที่อ่านได้มีหน่วยเป็น %Brix

5. ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ (Titrable acidity; TA)

ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ วิเคราะห์หาปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของเนื้อผลไม้โดยวิธีการไทเทรตสารละลายตัวอย่างด้วยสารละลายต่างมาตรฐาน (อภิตา, 2544) โดยนำส่วนของเนื้อผลไม้ปั่นรวมกันจนกระทั่งเนื้อละเอียดเป็นเนื้อเดียวกัน 25 กรัม เติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร หยดฟีนอล์ฟทาลีนลงไป 2-3 หยด แล้วจึงทำการไทเทรตกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 นอร์แมล จนกระทั่งจุดยุติเมื่อสารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพูอ่อน แล้วจึงนำปริมาตรสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้มาคำนวณหาปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ในรูปของกรดซิตริก มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ โดยใช้สูตร

$$\text{Titrateable acidity (\%)} = \frac{\text{Normality of NaOH} \times \text{meq.wt. of acid} \times \text{vol. NaoH}}{\text{weight of sample use}} \times 100$$

6. ค่า pH

ค่า pH วิเคราะห์หาค่า pH ของผลไม้ด้วยเครื่อง pH meter เป็นการอ่านค่าจากส่วนของชิ้นผลไม้จำนวน 20 กรัม ที่ปั่นรวมกันด้วยเครื่องปั่นผลไม้จนกระทั่งเนื้อผลไม้ละเอียดเป็นเนื้อเดียวกัน ควรตรวจสอบความถูกต้องของเครื่อง pH meter ก่อนใช้ทุกครั้งด้วยสารละลายบัฟเฟอร์ pH 7 และ 4

7. สี

สีของเนื้อผลไม้วัดโดยการวัดสีผิวของเนื้อผลไม้ชิ้นละ 1 ตำแหน่ง จำนวน 3 ชิ้น/ซ้ำ ด้วยเครื่องวัดสี Chromameter ค่าที่ได้แสดงเป็น L*, a*, b* ตามระบบ CIE Lab โดยค่า L* ใช้กำหนดความสว่าง (Lightness) ค่า a* ใช้กำหนดสีแดงหรือสีเขียว ค่า b* ใช้กำหนดสีเหลืองหรือสีน้ำเงิน

8. ความแน่นเนื้อ

ความแน่นเนื้อโดยการวัดบริเวณกึ่งกลางชิ้นผลไม้ชิ้นละ 1 ครั้ง จำนวน 10 ชิ้น/ซ้ำ ด้วยเครื่องวัดความแน่นเนื้อ หัววัดรูปทรงกระบอก หัววัดแบบ Puncture and Penetration โดยมีความเร็วของหัววัด 100 มิลลิเมตรต่อนาที ระยะการเคลื่อนที่ของหัววัด 7 มิลลิเมตร ค่าที่วัดได้มีหน่วยเป็นนิวตัน (N)

ภาคผนวก ค

ข้อมูลการทดลองเปรียบเทียบปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในส่วนต่าง ๆ
ของลำไย มะม่วง และลิ้นจี่ แบบสด และแปรรูป

สายพันธุ์	ส่วน	DPPH						Total Phenolic				ABTS			
		Gallic Acid		Catechin		Ferulic Acid		Ascorbic Acid		Gallic Acid		Ferulic Acid		TEAC	
		mg/g	mg/g	mg/g	mg/g	mg/g	mg/g	mg/g	mg/g	mg/g	mg/g	mg/g	mg/g	mg/g	mg/g
น้ำคั้นผลไม้สด	เนื้อ	avg	error	avg	error	avg	error	avg	error	avg	error	avg	error	avg	error
	เปลือก	avg	error	avg	error	avg	error	avg	error	avg	error	avg	error	avg	error
	เมล็ด	avg	error	avg	error	avg	error	avg	error	avg	error	avg	error	avg	error
	เมล็ดนอก	avg	error	avg	error	avg	error	avg	error	avg	error	avg	error	avg	error
ไลคอปีน	เนื้อ	54.4926	66.3503	0.4730	0.0531	0.0000	0.0000	< 0.02		218.2541	96.5566	114.9300	67.6904	0.9846	0.0588
	เปลือก	< 4		614.3690	48.0447	140.2583	23.4687	39.0422	6.5177	233.4557	74.8664	133.3900	52.4565	2.0802	0.1631
	เมล็ด	128.1145	17.3405	807.0710	111.8913	242.0262	46.3766	67.3057	12.8860	431.8143	43.1215	280.8495	30.1030	1.7379	0.0000
	เมล็ดนอก	204.1481	11.1300	190.9170	19.0632	0.0000	0.0000	< 0.02		44.6544	0.6388	0.0000	0.0000	0.9609	0.2243
ไลคอปีน	เนื้อ	< 4		0.1792	0.0263	0.0000	0.0000	< 0.02		2.3627	0.4133	1.3173	0.2550	0.1285	0.0157
	เปลือก	< 4		275.3507	19.3401	6.6127	9.1208	17.1317	22.7902	279.8632	28.1980	174.1189	20.4478	0.4817	0.1065
	เมล็ด	< 4		971.8325	71.9072	192.2718	29.4802	77.1173	11.7946	350.7379	9.3210	190.1956	4.5377	2.7341	0.2556
	เมล็ดนอก	< 4		230.5789	9.6940	0.0000	0.0000	< 0.02		3.6812	1.1631	1.4636	0.8907	1.1828	0.1266
มะม่วง	เนื้อ	< 4		0.5017	0.0191	0.0000	0.0000	< 0.02		1.4513	0.6952	0.9213	0.5074	1.0600	0.1832
	เปลือก	< 4		457.4771	12.5034	23.3046	16.7646	37.8873	26.7579	94.5383	7.4044	59.5888	5.1402	0.6513	0.1628
	เมล็ด	39.9587	55.8074	777.2867	77.9949	62.5754	41.9100	25.2673	16.7603	18.2768	3.6614	11.8231	2.6782	0.8581	0.1725
	เมล็ดนอก	< 4		288.4153	29.1108	0.0000	0.0000	< 0.02		1.4578	0.1894	0.9243	0.1313	0.3600	0.0533

มะม่วง

Vitamin C content	Vitamin A (Beta carotene)		pH		Brix		Acidity		Brix/Acid Ratio		สายพันธุ์	ส่วน
	avg	error	avg	error	avg	error	avg	error	avg	error		
3.5300	1.5300	0.5888	3.85	0.01	19.70	0.17	0.33	0.01	59.43	0.90	น้ำดอกไม้ เนื้อ เปลือก เมล็ดใน เมล็ดนอก	
0.4415	0.7647	0.9059										
0.4415	0.7647	0.3137										
42.8256	1.5294	0.8639										
16.7770	0.7647	1.6052	3.24	0.02	17.20	0.20	0.63	0.01	27.28	0.62	โชคอนันต์ เนื้อ เปลือก เมล็ดใน เมล็ดนอก	
0.0000	0.0000	2.4190										
0.0000	0.0000	0.3557										
34.4371	1.3245	1.9452										
7.5055	0.7647	0.6079	3.43	0.01	18.27	0.31	0.44	0.03	41.61	2.88	มหาชนก เนื้อ เปลือก เมล็ดใน เมล็ดนอก	
0.4415	0.7647	0.4398										
1.7660	0.7647	0.4742										
65.3422	2.0232	0.9480										

ลำดับ

สายพันธุ์	ส่วน	DPPH						Total Phenolic						ABTS			
		Gallic Acid		Catechin		Ferulic Acid		Ascorbic Acid		Gallic Acid		Ferulic Acid		TEAC		Ascorbic Acid	
		mg/g		mg/g		mg/g		mM/g		mg/g		mg/g		mM/g		mM/g	
		avg	error	avg	error	avg	error	avg	error	avg	error	avg	error	avg	error	avg	error
เบียร์เขียว1	เนื้อ	< 4		2.9273	0.1969	0.8696	0.1289	0.3669	0.0444	0.3531	0.0124	0.1298	0.0132	0.0037	0.0006	0.0294	0.0020
	เปลือก	192.1096	9.7896	153.7077	5.8418	0.0000	0.0000	< 0.02		85.2624	8.1361	45.8502	5.7112	1.3050	0.1641	< 0.02	
	เมล็ด	99.9673	20.6685	415.2892	16.1505	0.0000	0.0000	< 0.02		111.9642	14.6776	71.6025	10.7910	1.3156	0.4909	< 0.02	
อัลโด1	เนื้อ	< 4		3.3119	0.1180	1.1065	0.0400	0.4430	0.0160	0.5694	0.0519	0.3010	0.0348	0.0048	0.0000	0.0263	0.0009
	เปลือก	240.2246	28.8167	194.3783	4.1846	0.0000	0.0000	< 0.02		79.5920	5.8968	41.7689	4.2617	0.1022	0.0016	0.3200	0.0012
	เมล็ด	65.6730	27.1623	387.3521	26.7400	0.0000	0.0000	< 0.02		203.3181	49.5238	138.2550	35.4031	0.7850	0.1145	< 0.02	
สีชมพู1	เนื้อ	< 4		3.2650	0.1565	1.0727	0.0557	0.4355	0.0256	0.9533	0.0776	0.5789	0.0530	0.0049	0.0002	0.0270	0.0011
	เปลือก	286.5949	35.2995	533.1277	124.7768	0.0000	0.0000	< 0.02		155.2075	32.9062	96.3725	25.1610	0.1248	0.0222	0.3154	0.0388
	เมล็ด	114.2404	36.0534	280.7515	7.2518	0.0000	0.0000	< 0.02		106.9147	26.2028	68.7440	18.8636	1.2027	0.2253	< 0.02	
เบียร์เขียว2	เนื้อ	< 4		3.6601	0.1326	1.2360	0.0434	0.5035	0.0238	0.5171	0.0485	0.2539	0.0309	0.0040	0.0002	0.0284	0.0011
	เปลือก	160.2362	25.3102	330.3265	5.6123	0.0000	0.0000	< 0.02		86.0197	19.2064	47.2617	12.9703	0.1041	0.0242	0.3008	0.0177
	เมล็ด	111.2585	5.4768	582.3231	115.6614	80.3763	59.3694	32.4761	23.6873	100.9871	12.7125	64.1868	9.1130	1.1649	0.5024	< 0.02	
อัลโด2	เนื้อ	< 4		3.6677	0.3701	1.2421	0.1264	0.5183	0.0491	0.6278	0.0874	0.3355	0.0592	0.0060	0.0005	0.0282	0.0028
	เปลือก	144.8750	10.0017	236.9385	8.0626	0.0000	0.0000	< 0.02		101.4967	19.5960	60.7388	12.9571	0.1209	0.0147	0.2523	0.0185
	เมล็ด	113.8908	2.4607	388.4892	41.0560	0.0000	0.0000	< 0.02		99.8509	15.6991	63.6119	11.1852	1.6527	0.1519	< 0.02	
สีชมพู2	เนื้อ	< 4		3.3172	0.4586	1.1085	0.2007	0.4501	0.0826	0.6846	0.0362	0.3851	0.0224	0.0043	0.0003	0.0264	0.0011
	เปลือก	222.2718	44.9080	352.4249	11.1615	0.0000	0.0000	< 0.02		124.6085	16.3897	75.0654	10.0106	0.1463	0.0107	0.2866	0.0288
	เมล็ด	134.5299	10.1452	432.8237	65.1014	0.0000	0.0000	< 0.02		172.8012	30.0336	115.6375	20.5497	1.2137	0.1959	< 0.02	

สรุป

Vitamin C content		Vitamin A (Beta carotene)		pH		Brix		Acidity		Brix/Acid Ratio		สายพันธุ์	ส่วน
avg	error	avg	error	avg	error	avg	error	avg	error	avg	error		
14.5695	1.3245	0.7531	0.1791	6.63	0.02	24.00	0.10	0.38	0.01	63.50	2.09	เนื้อมะเขือขาว1	เนื้อมะเขือขาว1
1.7660	0.7647	5.0554	0.2316										เปลือกมะเขือขาว1
3.0905	0.7647	0.5315	0.0860										เมล็ดมะเขือขาว1
15.4525	1.5294	0.5621	0.0477	6.79	0.01	27.33	0.03	0.30	0.01	91.50	2.54	เนื้อมะเขือขาว2	เนื้อมะเขือขาว2
3.0905	0.7647	4.5319	0.2637										เปลือกมะเขือขาว2
5.7395	0.7647	0.6155	0.1093										เมล็ดมะเขือขาว2
29.5806	1.5294	0.9823	0.0638	6.50	0.01	26.27	0.06	0.50	0.01	52.58	1.11	เนื้อมะเขือขาว3	เนื้อมะเขือขาว3
1.7660	0.7647	4.7421	0.3531										เปลือกมะเขือขาว3
4.8565	0.7647	1.2460	0.3116										เมล็ดมะเขือขาว3
17.6600	0.7647	0.5659	0.1101	6.20	0.01	23.40	0.17	0.41	0.01	57.28	1.41	เนื้อมะเขือขาว4	เนื้อมะเขือขาว4
4.4150	0.7647	5.7164	0.3829										เปลือกมะเขือขาว4
2.2075	0.7647	0.4130	0.0746										เมล็ดมะเขือขาว4
11.0375	2.0232	0.4703	0.0463	6.83	0.01	27.03	0.12	0.28	0.01	97.39	3.91	เนื้อมะเขือขาว5	เนื้อมะเขือขาว5
2.2075	0.7647	3.0877	0.5522										เปลือกมะเขือขาว5
3.0905	0.7647	0.3481	0.0403										เมล็ดมะเขือขาว5
39.2936	0.7647	1.0511	0.1213	6.61	0.01	26.77	0.06	0.48	0.01	55.65	0.54	เนื้อมะเขือขาว6	เนื้อมะเขือขาว6
2.2075	0.7647	6.7863	0.5632										เปลือกมะเขือขาว6
7.5055	0.7647	0.6805	0.0763										เมล็ดมะเขือขาว6

ลำไย

สายพันธุ์	ส่วน	DPPH						Total Phenolic						ABTS					
		Gallic Acid mg/g		Catechin mg/g		Ferulic Acid mg/g		Ascorbic Acid mM/g		Gallic Acid mg/g		Ferulic Acid mg/g		TEAC mM/g		Ascorbic Acid mM/g			
		avg	error	avg	error	avg	error	avg	error	avg	error	avg	error	avg	error	avg	error	avg	error
เบญจเทยว	เนื้อ	< 4		3.2937	0.1187	1.0528	0.0680	0.4352	0.0252	0.4351	0.0250	0.1919	0.0168	0.0038	0.0003	0.0289	0.0011		
	เปลือก	176.1729	13.5688	242.0171	4.0505	0.0000	0.0000	< 0.02		85.6410	10.4293	46.5560	7.0860	0.7046	0.0829	0.1504	0.0089		
	เมล็ด	105.6129	10.6909	498.8061	58.3918	40.1881	29.6847	16.2380	11.8436	106.4757	9.7088	67.8946	7.0621	1.2402	0.3512	< 0.02			
จิตติ	เนื้อ	< 4		3.4898	0.1942	1.1743	0.0663	0.4803	0.0258	0.5986	0.0508	0.3183	0.0343	0.0054	0.0002	0.0273	0.0015		
	เปลือก	192.5498	15.2515	215.6584	4.5420	0.0000	0.0000	< 0.02		90.5444	10.2320	51.2539	6.8200	0.1115	0.0074	0.2862	0.0093		
	เมล็ด	89.7819	13.6368	387.9207	24.4981	0.0000	0.0000	< 0.02		151.5845	25.9763	100.9334	18.5640	1.2188	0.0951	< 0.02			
สีชมพู	เนื้อ	< 4		3.2911	0.2423	1.0906	0.1041	0.4423	0.0432	0.8189	0.0428	0.4820	0.0288	0.0046	0.0002	0.0267	0.0007		
	เปลือก	254.4333	28.5604	442.7763	62.6375	0.0000	0.0000	< 0.02		139.9080	18.3810	85.7190	13.5396	0.1356	0.0123	0.3010	0.0242		
	เมล็ด	124.3852	18.7268	356.7876	32.7520	0.0000	0.0000	< 0.02		139.8580	19.9286	92.1908	13.9474	1.2082	0.1493	< 0.02			

ลำไย

Vitamin C content	Vitamin A (Beta carotene)			pH		Brix		Acidity		Brix/Acid Ratio		สายพันธุ์	ส่วน
	avg	error	avg	error	avg	error	avg	error	avg	error	avg		
16.1148	0.7647		0.6595	0.1051	6.42	0.01	23.70	0.10	0.40	0.01	60.39	1.26	เนื้อ เปลือก เมล็ด
3.0905	0.5407		5.3859	0.2238									
2.6490	0.5407		0.4723	0.0569									
13.2450	1.2681		0.5162	0.0333	6.81	0.01	27.18	0.06	0.29	0.01	94.45	2.33	เนื้อ เปลือก เมล็ด
2.6490	0.5407		3.8098	0.3060									
4.4150	0.5407		0.4818	0.0583									
34.4371	0.8550		1.0167	0.0685	6.56	0.01	26.52	0.04	0.49	0.01	54.12	0.62	เนื้อ เปลือก เมล็ด
1.9868	0.5407		5.7642	0.3324									
6.1810	0.5407		0.9632	0.1604									

ดัชนี

สายพันธุ์	ส่วน	DPPH						Total Phenolic						ABTS			
		Gallic Acid mg/g		Catechin mg/g		Ferulic Acid mg/g		Ascorbic Acid mM/g		Gallic Acid mg/g		Ferulic Acid mg/g		TEAC mM/g		Ascorbic Acid mM/g	
avg	error	avg	error	avg	error	avg	error	avg	error	avg	error	avg	error	avg	error		
สงขย1	เนื้อ	< 4		96.701	14.766	0.000	0.000	< 0.02		1.530	0.142	0.979	0.093	1.296	0.089	< 0.02	
	เปลือก	< 4		109.498	2.427	0.000	0.000	< 0.02		30.925	4.115	8.821	3.680	1.315	0.068	< 0.02	
	เมล็ด	< 4		155.603	14.415	0.000	0.000	< 0.02		100.880	16.683	69.576	12.303	0.736	0.002	0.447	0.654
กิมเจง1	เนื้อ	< 4		101.792	17.852	0.000	0.000	< 0.02		1.500	0.082	0.974	0.064	1.190	0.222	< 0.02	
	เปลือก	< 4		235.512	22.461	0.000	0.000	< 0.02		112.345	10.200	71.477	6.912	1.318	0.064	< 0.02	
	เมล็ด	< 4		392.353	7.747	0.000	0.000	< 0.02		165.571	27.056	107.708	19.623	1.508	0.091	< 0.02	
จักรพรรดิ1	เนื้อ	153.438	18.063	89.839	8.503	0.000	0.000	< 0.02		2.100	0.150	1.451	0.118	0.834	0.071	< 0.02	
	เปลือก	< 4		258.951	16.924	0.000	0.000	< 0.02		101.294	11.628	65.009	7.822	1.327	0.114	< 0.02	
	เมล็ด	< 4		328.683	41.655	0.000	0.000	< 0.02		229.388	11.255	73.779	3.596	1.669	0.175	< 0.02	
สงขย2	เนื้อ	< 4		22.309	2.589	0.000	0.000	< 0.02		121.869	11.527	77.500	8.475	1.203	0.056	< 0.02	
	เปลือก	< 4		58.350	22.169	0.000	0.000	< 0.02		70.800	12.509	39.968	9.550	1.569	0.092	< 0.02	
	เมล็ด	< 4		151.962	31.889	0.000	0.000	< 0.02		171.444	19.661	115.550	14.651	1.872	0.195	< 0.02	
กิมเจง2	เนื้อ	< 4		29.092	2.706	0.000	0.000	< 0.02		1.871	0.373	1.229	0.282	1.265	0.090	< 0.02	
	เปลือก	18.186	20.224	188.641	20.336	0.000	0.000	< 0.02		191.004	37.456	127.014	27.474	1.655	0.075	< 0.02	
	เมล็ด	< 4		183.511	34.282	0.000	0.000	< 0.02		173.644	13.038	116.784	9.604	1.652	0.204	< 0.02	
จักรพรรดิ2	เนื้อ	< 4		97.755	26.708	0.000	0.000	< 0.02		1.320	0.084	0.796	0.059	1.689	0.068	< 0.02	
	เปลือก	94.460	16.565	79.359	8.597	0.000	0.000	< 0.02		2.874	0.392	1.939	0.281	1.558	0.072	< 0.02	
	เมล็ด	< 4		157.969	11.944	0.000	0.000	< 0.02		110.160	23.352	70.502	16.242	1.307	0.214	< 0.02	

ฉบับที่

สายพันธุ์	ส่วน	Vitamin C content			Vitamin A (Beta carotene)			pH		Brix		Acidity		Brix/Acid Ratio	
		avg	error		avg	error		avg	error	avg	error	avg	error	avg	error
ฮงฮวย1	เนื้อ	21.1921	0.0000		0.5621	0.0477		3.31	0.04	13.10	0.10	0.92	0.01	17.87	0.35
	เปลือก	3.5320	2.0232		5.3993	0.1556									
	เมล็ด	1.3245	0.0000		0.6270	0.0229									
กิมเจง1	เนื้อ	28.2561	0.7647		0.7378	0.0350		4.67	0.02	16.13	0.06	1.96	0.01	27.97	0.21
	เปลือก	2.2075	0.7647		14.0459	1.1061									
	เมล็ด	0.4415	0.7647		0.8906	0.0688									
จักรพรรดิ1	เนื้อ	48.1236	0.7647		0.5888	0.0691		3.61	0.01	16.33	0.06	0.65	0.00	25.07	0.09
	เปลือก	0.8830	0.7647		2.3311	0.2241									
	เมล็ด	0.0000	0.0000		0.6920	0.1193									
ฮงฮวย2	เนื้อ	20.3091	2.0232		0.4245	0.0350		3.32	0.02	16.67	0.06	0.90	0.01	18.49	0.23
	เปลือก	4.8565	2.0232		8.0089	0.4022									
	เมล็ด	0.8830	0.7647		0.7072	0.0865									
กิมเจง2	เนื้อ	15.4525	0.7647		0.6041	0.0525		4.27	0.01	19.63	1.21	0.31	0.01	63.20	3.02
	เปลือก	1.7660	0.7647		9.4227	1.0281									
	เมล็ด	1.3245	0.0000		0.3978	0.0500									
จักรพรรดิ2	เนื้อ	45.9161	2.0232		0.7760	0.1261		3.65	0.01	16.53	0.12	0.67	0.00	24.76	0.16
	เปลือก	2.2075	0.7647		4.5816	0.6609									
	เมล็ด	0.0000	0.0000		0.4054	0.1148									

สายพันธุ์	ส่วน	DPPH								Total Phenolic						ABTS			
		Gallic Acid mg/g		Catechin mg/g		Ferulic Acid mg/g		Ascorbic Acid mM/g		Gallic Acid mg/g		Ferulic Acid mg/g		TEAC mM/g		Ascorbic Acid mM/g			
		avg	error	avg	error	avg	error	avg	error	avg	error	avg	error	avg	error	avg	error		
สงขลา	เนื้อ	< 4		59.505	7.495	0.000	0.000	< 0.02		61.699	5.764	39.239	4.238	1.250	0.053	< 0.02			
	เปลือก	< 4		83.924	11.151	0.000	0.000	< 0.02		50.863	6.584	24.394	5.117	1.442	0.057	< 0.02			
	เมล็ด	< 4		153.783	17.498	0.000	0.000	< 0.02		136.162	12.893	92.563	9.566	1.304	0.098	0.224	0.327		
กัมพูชา	เนื้อ	< 4		65.442	9.028	0.000	0.000	< 0.02		1.685	0.191	1.102	0.145	1.227	0.120	< 0.02			
	เปลือก	9.093	10.112	212.076	15.150	0.000	0.000	< 0.02		151.675	19.410	99.245	14.165	1.487	0.049	< 0.02			
	เมล็ด	< 4		287.932	17.573	0.000	0.000	< 0.02		169.608	15.017	112.246	10.923	1.580	0.112	< 0.02			
จักรพรรดิ	เนื้อ	76.719	9.031	93.797	14.014	0.000	0.000	< 0.02		1.710	0.086	1.124	0.066	1.262	0.049	< 0.02			
	เปลือก	47.230	8.282	169.155	9.491	0.000	0.000	< 0.02		52.084	5.817	33.474	3.913	1.443	0.067	< 0.02			
	เมล็ด	< 4		243.326	21.667	0.000	0.000	< 0.02		169.774	12.961	72.141	8.318	1.488	0.139	< 0.02			

Vitamin C content	Vitamin A (Beta carotene)		pH		Brix		Acidity		Brix/Acid Ratio		สายพันธุ์	ส่วน
	avg	error	avg	error	avg	error	avg	error	avg	error		
20.7506		1.0116	3.32	0.02	14.89	0.06	0.91	0.01	18.18	0.21	ธงชัย	เนื้อ
4.1943		1.4306										เปลือก
1.1038		0.3824										เมล็ด
21.8543		0.5407	4.47	0.01	17.88	0.61	1.14	0.01	45.59	1.51	กิมเจง	เนื้อ
1.9868		0.5407										เปลือก
0.8830		0.3824										เมล็ด
47.0199		1.0815	3.63	0.01	16.43	0.07	0.66	0.00	24.92	0.09	จักรพรรดิ	เนื้อ
1.5453		0.5407										เปลือก
0.0000		0.0000										เมล็ด

ภาคผนวก ง

การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส

การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส การชิมและการประเมินด้วยสายตาโดยผู้ทดสอบชิมจำนวน 50 คน ด้วยการให้คะแนนแบบ 9-points hedonic scale โดยให้คะแนน 1-9 คะแนน (9= ชอบมากที่สุด, 8= ชอบมาก, 7= ชอบปานกลาง, 6= ชอบเล็กน้อย, 5= เฉยๆ, 4= ไม่ค่อยชอบ, 3= ไม่ชอบปานกลาง, 2= ไม่ชอบมาก และ 1= ไม่ชอบมากที่สุด) ในด้านลักษณะปรากฏภายนอกและรสชาติโดยรวม และความสัมพัทธ์ร่วมต่างๆ ทางสถิติ ทั้งทางด้านลักษณะสี กลิ่น ลักษณะปรากฏ ลักษณะสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวมที่มีต่อผลิตภัณฑ์ จากนั้นนำผลการทดสอบที่ได้ไปวิเคราะห์ทางสถิติ

ตัวอย่างแบบทดสอบชิมของผลิตภัณฑ์ผลไม้แช่แข็ง

ชื่อ..... รหัสนักศึกษา..... วันที่.....

ท่านจะได้รับตัวอย่างผลิตภัณฑ์ผลไม้แช่แข็งที่ผ่านการละลายน้ำแข็งแล้ว ขอให้ท่านชิมตัวอย่างผลิตภัณฑ์ผลไม้แช่แข็ง แล้วให้คะแนนในช่องตามความพอใจที่มีต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ โดย

คะแนน 9 = ชอบมากที่สุด คะแนน 8 = ชอบมาก คะแนน 7 = ชอบปานกลาง
 คะแนน 6 = ชอบเล็กน้อย คะแนน 5 = เฉยๆ คะแนน 4 = ไม่ค่อยชอบ
 คะแนน 3 = ไม่ชอบปานกลาง คะแนน 2 = ไม่ชอบมาก คะแนน 1 = ไม่ชอบมากที่สุด

ตัวอย่าง	รหัสตัวอย่าง	รหัสตัวอย่าง	รหัสตัวอย่าง
สี			
กลิ่น			
ลักษณะปรากฏ			
ลักษณะสัมผัส			
รสชาติ			
ความชอบโดยรวม			

ข้อเสนอแนะ

.....

ขอบคุณที่ให้ความร่วมมือ

ภาพประกอบ



Figure 1: Type of Chok Anan mango in the experiment

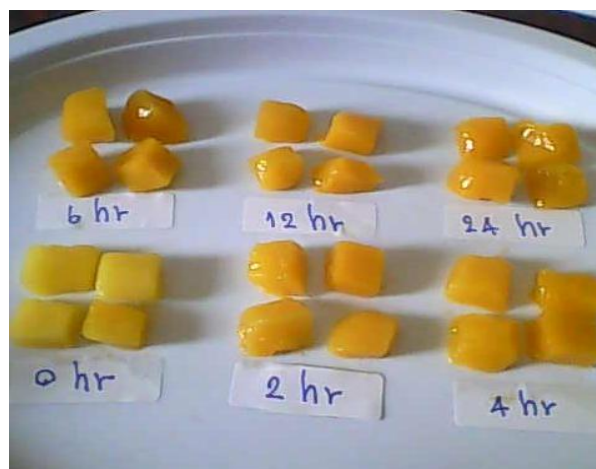


Figure 2: Physical change of mango after soaked in osmotic solvent different times

ภาคผนวก จ

การประชุมวิชาการวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวแห่งชาติ ครั้งที่ 5

5th National Conference on Postharvest Technology

วันที่ 28 – 29 มิถุนายน 2550 ณ โรงแรมมิราเคิล แกรนด์ คอนเวนชั่น กรุงเทพฯ

จัดโดย ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว

หน่วยงานร่วม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

การรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ของมะม่วงน้ำดอกไม้ในแต่ละรูปแบบการหั่นชิ้น

Electrolyte Leakage of Fresh-cut Mango cv. Nam Dok Mai as Affected by Different Cutting Styles

จรรยาพร สมแก้ว¹ อุษาวดี ชนสูตร² และนิตยา รัตนพานนท์³

Jarouiporn Somkaew¹ Usawadee Chanasut² and Nithiya Rattanapanone³

Abstract

Electrolyte leakage was studied on different cutting styles of fresh-cut mango cv. Nam Dok Mai. Six cutting geometries were studied: fruit cut in two halves, longitudinal 2 pieces per half fruit, cross-section 2 pieces per half fruit, cross 4 pieces per half fruit, cross-section 4 pieces per half fruit and 8 pieces across per half fruit. Electrolyte leakage was determined on all pieces by 3 methods, using double deionized water, 0.1 M or 0.4 M mannitol solutions at room temperature for 1 hour. The highest percentage of electrolyte leakage was on the 8 pieces across per half fruit and the lowest electrolyte leakage was on half-cut fruit. Electrolyte leakage measured by using 0.4M mannitol solution resulted in a lower percent leakage than when using double deionized water or 0.1 M mannitol.

Key Words: electrolyte leakage, mango cv. Nam-Dok mai, cutting style

¹ สถานวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

² ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

³ ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50100

¹ Postharvest Technology Institute, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200

² Department of Biology, Faculty of Science, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200

³ Department of Food Science and Technology, Faculty of Agro-Industry, Chiang Mai University, Chiang Mai 50100

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของรูปแบบการหั่นชิ้นเนื้อมะม่วงสุกพันธุ์น้ำดอกไม้ต่อการรั่วไหลของสารอิเล็กโตรไลต์ โดยหั่นเนื้อมะม่วงสุกออกเป็นชิ้น 6 รูปแบบดังนี้ หั่นชิ้นครึ่งผล หั่นตามยาวสองชิ้นต่อครึ่งผล หั่นตามขวางสองชิ้นต่อครึ่งผล หั่นตามยาวและขวางสี่ชิ้นต่อครึ่งผล หั่นตามขวางสี่ชิ้นต่อครึ่งผล และหั่นตามยาวและขวางแปดชิ้นต่อครึ่งผล วัดเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอิเล็กโตรไลต์ 3 วิธี คือ แช่ในน้ำกลั่นที่ปราศจากไอออน สารละลายแมนนิทอลความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ หรือ 0.4 โมลาร์ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ผลการทดลองพบว่าการหั่นชิ้นเนื้อมะม่วงสุกตามยาวและขวางแปดชิ้นต่อครึ่งผล มีเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอิเล็กโตรไลต์มากที่สุด การหั่นชิ้นครึ่งผลมีเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอิเล็กโตรไลต์น้อยที่สุด และการใช้สารละลายแมนนิทอล 0.4 โมลาร์ วัดเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของสารอิเล็กโตรไลต์ได้ค่าน้อยกว่าการใช้ น้ำกลั่นปราศจากไอออนหรือสารละลายแมนนิทอล 0.1 โมลาร์

คำสำคัญ: การรั่วไหลของสารอิเล็กโตรไลต์ มะม่วงน้ำดอกไม้ 6 รูปแบบการหั่นชิ้น

ผลของสารฆ่าเชื้อต่อปริมาณจุลินทรีย์ที่ผิวผลมะม่วงน้ำดอกไม้

Effects of Sanitizers on Microorganism Populations of Mango Fruit cv. Nam Dok Mai

เฉลิมขวัญ วิชัยชาติ⁴ นิธิยา รัตนพานนท์⁵ และอุษาวดี ชนสูตร⁶

Chalermkwan Wichaichat¹ Nithiya Rattanapanone² and Usawadee Chanasut³

Abstract

Two sanitizers, sodium hypochlorite at 200 ppm and peroxyacetic acid at 100 ppm, were compared for their efficiency in reducing microorganism populations on the surface of mango fruit cv. Nam Dok Mai. Mangoes were dipped in each sanitizer for 3 minutes. They were then evaluated for changes in microorganism population using 2 media, plate count agar (for total bacteria) and potato dextrose agar (for yeast and mold). Peroxyacetic acid and sodium hypochlorite could reduce total bacteria and yeast-mold by 98.89% (1.95 log cfu/cm²) and 94.44% (1.25 log cfu/cm²) for total bacteria and 98.98% (1.99 log cfu/cm²) and 80.04% (0.70 log cfu/cm²) for yeast-mold compared to those of the unwashed control. These data demonstrated that peroxyacetic acid solution reduced microorganism populations on surface of mango fruit more effectively than sodium hypochlorite solution.

Key words: Mango fruit, sanitizer, microorganism population

บทคัดย่อ

การศึกษาประสิทธิภาพของสารฆ่าเชื้อ 2 ชนิด ได้แก่ สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ 200 ส่วนต่อล้านส่วน และสารละลายเปอร์ออกซีแอซิติกแอซิด 100 ส่วนต่อล้านส่วน ในการลดจำนวนจุลินทรีย์บนผิวผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ โดยจุ่มผลมะม่วงในสารละลายดังกล่าวเป็นเวลา 3 นาที แล้วนำมาวิเคราะห์หาจำนวนจุลินทรีย์ที่เหลือนบนอาหารเลี้ยงเชื้อ 2 ชนิด คือ plate count agar (สำหรับวิเคราะห์จำนวนแบคทีเรีย) และ potato dextrose agar (สำหรับวิเคราะห์จำนวนยีสต์และรา) พบว่า สารละลายเปอร์ออกซีแอซิติกแอซิด และสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์สามารถลดจำนวนแบคทีเรียได้ 98.89% (1.95 log cfu/cm²) และ 94.44% (1.25 log cfu/cm²) และลดจำนวนยีสต์-ราได้ 98.98% (1.99 log cfu/cm²) และ 80.04% (0.70 log cfu/cm²) ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนจุลินทรีย์บนผิวผลมะม่วงที่ไม่ได้ล้าง แสดงว่าสารละลายเปอร์ออกซีแอซิติกแอซิดสามารถลดจำนวนจุลินทรีย์บนผิวผลมะม่วงได้ดีกว่าสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์

คำสำคัญ: มะม่วง สารฆ่าเชื้อ จำนวนจุลินทรีย์

⁴ สถานวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

⁵ ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50100

⁶ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

¹ Postharvest Technology Institute, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200

² Department of Food Science and Technology, Faculty of Agro-Industry, Chiang Mai University, Chiang Mai 50100

³ Department of Biology, Faculty of Science, Chiang Mai University, Chiang Mai, 50200

Effects of pretreatments on colour alterations of litchi during drying and storage

Busarakorn Mahayothee¹✉, Patchimaporn Udomkun¹, Marcus Nagle², Methinee Haewsungcharoen³, Serm Janjai⁴, Joachim Mueller²

Department of Food Technology, Faculty of Engineering and Industrial Technology, Silpakorn University, Nakhon Pathom, 73000, Thailand

University of Hohenheim (440e), Institute of Agricultural Engineering in the Tropics and Subtropics, Stuttgart, 70599, Germany

Department of Food Engineering, Faculty of Agro-industry, Chiangmai University, Chiangmai, 53000, Thailand

Department of Physics, Faculty of Science, Silpakorn University, Nakhon Pathom, 73000, Thailand

✉ B. Mahayothee Email: busarakornm@yahoo.com Tel: +66-34-219361 Fax: +66-34-272194

Abstract

The objective of this research was to study effect of osmotic pretreatment with combined anti-browning agents (acid, glycerol and/or trehalose) on the colour characteristics of dried litchi after drying and during five months of storage compared to samples without pretreatment. The pretreated samples showed good inhibition of polyphenol oxidase (PPO) activity when compared with the control, while the total phenolic contents in the dried products were not reduced. The results demonstrated that water activity (a_w), lightness difference (L^*), chroma (C^*), degree of browning (DB), and 5-hydroxymethylfurfural (HMF) values of all pretreated samples increased, while hue angle (h^*) decreased with storage time. Samples pretreated with glycerol (G) showed the best potential for browning retardation, followed by glycerol combined with trehalose (GT), and trehalose (T), respectively. In addition, the colour parameters were used to calculate luminescence values, representing the data in greyscale, which were correlated with a non-enzymatic browning index. The results showed grey value could be adequately used to represent the DB of dried litchi with r^2 value of 0.92.

Keywords: Dried litchi, Pretreatment, Colour alteration, Browning, Osmotic dehydration, Glycerol, Trehalose

Introduction

Litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) is a subtropical fruit that is preferred for its characteristic sweet-acidic taste, excellent aroma, high nutritive value, and bright red colour of its peel [1]. Australia, China, Israel, South Africa, and Thailand are among the major litchi producing countries [2-3]. Litchi fruit sales make a significant contribution to economic development in these countries, especially in Southeast Asia [3].

In addition, litchi fruit has a high commercial value on the international market. In 2001, world litchi production was about 2,000,000 tons, most of which were produced in China, India, and Thailand [4]. Furthermore, Thai litchi exports in 2007 were about 10,371,806 tons of fresh fruit and 979,717 tons of dried fruit [5]. Normally, fresh litchi can be stored for about 20 days at a low temperature range of 2–5°C. However, fruits can deteriorate rapidly due to peel browning when removed from cold storage [6-7]. Losses have been attributed in part to lack of marketing outlets, inappropriate storage techniques, and absence of alternative uses. The development of value-added products at reasonable costs provides extra income and employment opportunities to local producers and helps to overcome problems associated with the limited storage life and high post-harvest losses. Drying is applicable to a wide range of industrial and agricultural products. Dried products are considered to be important sources of essential vitamins and minerals for humans. Therefore such products have gained commercial importance and their growth on a commercial scale has become an important sector of the agricultural industry [8]. Research and development on improved and innovative drying methods are continuously carried out in order to improve the quality of dried products.

Osmotic dehydration is the most reported pretreatment used prior to air drying and has received considerable attention due to low temperature and reduced energy requirements [9-10]. Osmotic dehydration by sugar solution has been used extensively in fruit preservation because the browning is reduced, the volatile retention is increased, and the sweet taste is reinforced. In most cases, sucrose is used to make a hypertonic solution. Drying pretreatments involving suspension in sugar solutions are necessary for vegetable drying in order to avoid damages to tissue structures. Previous research has shown that non-reducing disaccharides, such as sucrose and trehalose, can protect biological systems from the adverse effects of freezing and drying [10-11]. Trehalose is especially known to have many advantages in this respect. Glycerol and trehalose have been declared as Generally Recognized as Safe (GRAS) as a food additive by the US Food and Drug Administration (FDA) since 1998 and 2001, respectively. Trehalose is a non-reducing sugar and therefore does not react with amino acids or proteins to cause Maillard browning. Consequently, deterioration such as nutrient loss caused by the Maillard reaction can be avoided with the additional benefit of flavour and colour preservation [10]. Pretreatment with trehalose solution is claimed to be very effective for producing high quality dried vegetable chips [12]. Aktas et al. [13] reported pretreatment

with trehalose solution improved the reconstitution properties of dried sliced carrot and potato samples compared to samples pretreated with only sucrose solution. In addition, the use of glycerol for osmotic dehydration was said to improve the texture of reconstituted fruits [14-17] and also shows advantages as an anti-microbial agent [18]. Moreira et al. [19] reported the water loss value of chestnut increased with the glycerol solution by the same method.

The selection of a particular osmotic agent depends on its cost, its molecular mass, and the sensorial characteristics of the product to be dehydrated. The most common osmotic agents are sodium chloride, sucrose, lactose, glycerol, ethanol, and alanine, among other water activity suppressors. Many studies have shown that sucrose treatment increases water loss compared with other osmotic solutions [10, 20-22]. However, effects of combined anti-browning agents including sucrose and/or trehalose, glycerol, and organic acids on physiochemical properties of dried fruit products were not fully investigated. Therefore, the effects of various osmotic pretreatments combined with anti-browning agents on the colour of peeled litchi during drying and storage were experimentally investigated in this study. In addition, the colour parameters obtained from the colorimeter were used to determine the correlation with non-enzymatic browning index of dried litchi during storage.

Materials and methods

Fresh litchis were purchased from a local grocery in Stuttgart, Germany during March, 2008. The litchis had been shipped from South Africa. Litchis were transferred to the Institute of Agricultural Engineering in the Tropics and Subtropics at the University of Hohenheim, Germany and were stored at $10\pm 1^{\circ}\text{C}$ and 20-35% relative humidity (RH) until preparation for drying.

The litchi chosen was heart shaped. The average single fruit weight was 20.1 g, including 12.6 g of flesh, 3.7 g of peel, and 3.8 g of stone. Thus, the average yield of fresh flesh after peeling was 62.9%.

Sample preparation

Fresh litchis were hand peeled, destoned, and rinsed with fresh water. The flesh parts of 60 fruits (470-600 g) were processed using the mixed solutions. The pre-treatment of treatment C (control) was following the commercial method of dried peeled litchi in Thailand. Litchi flesh was soaked in 0.5% (w/v) CaCl_2 solution for 20 min prior to drying until the water activity reached to 0.60. Treatment A, the litchis were soaked in mixed solutions of 0.5% (w/v) CaCl_2 , 0.3% (w/v) citric acid, 0.3% (w/v) malic acid, and 0.3% (w/v) ascorbic acid for 20 min and then dry. Treatment G, T, and GT were soaked in 0.5% (w/v) CaCl_2 solution, allowed to stand all treatments for 20 min and then blanched at $60\pm 2^{\circ}\text{C}$ for 10 min. Afterwards, soaked in

mixed various solutions of glycerol and trehalose as shown in Table 1, and then rinsed again with warm water before drying.

Drying conditions

A tray dryer (model HT 15, Institute of Agricultural Engineering in the Tropics and Subtropics, University of Hohenheim, Germany) was used. The drying temperature and air velocity were controlled at $70\pm1^{\circ}\text{C}$ and 1 m/s, respectively. Fruits were dried until the water activity in range of 0.5-0.6.

The 60 fruits of each pretreatment were weighed before being placed on the aluminium drying tray, each row had 5 fruits. The changing weight of the drying tray due to the change of moisture content was recorded every hour. This along with drying time produced the drying curve. The experiment was performed in triplicate.

Storage conditions

Approximately 100 g of dried litchis were packaged and sealed in polyethylene film bags (75 mm × 100 mm). All samples were stored at $25\pm2^{\circ}\text{C}$ and 45-60% RH for 5 months. Subsequently, the product quality was evaluated monthly.

Determination of titratable acidity (TA)

TA expressed as the percentage of anhydrous citric acid was determined by potentiometry [23]. Approximately 5 g of homogenized sample was blended with distilled water until the volume reached to 100 ml. The homogenate was titrated with 0.1 M NaOH to obtain pH 8.1 with pH meter (model 340, Wissenschaftlich-Technische Werkstätten GmbH, Weilheim, Germany), which was calibrated with pH 4.0 and 7.0 buffers. The test was performed in triplicate.

Determination of total soluble solids (TSS)

Total soluble solids (TSS) of juice from 10 fruits were determined using refractometer (model PR-201, ATAGO Co., Ltd., Japan) [24]. The test was performed in triplicate and result was expressed as $^{\circ}\text{Brix}$.

Determination of moisture content

Samples from 10 fruits were cut into small pieces. The moisture content (%MC) of samples was determined using Karl Fischer titration (volumetric) [25] (model 758 KFD Titrino, Metrohm GmbH and Co., Switzerland). The test was performed in triplicate.

Determination of water activity (aw)

Mixed samples from 15 fruits were cut into small pieces and placed in a thermostatic chamber for 20 min to allow for temperature equilibrium at 25°C. The samples were measured using a digital hygrometer (model AW-DIO, Rotronic®, Switzerland). The value was read in the form of % ERH (equilibrium relative humidity). Results are presented as the means of three determinations and expressed as water activity (% ERH/100).

Colorimetric measurement

Colour measurements were made periodically with a Chroma-Meter (model CR-100, Minolta Camera Co, Ltd., Japan) on 10 litchi fruits per treatment using the CIE L*a*b* colour parameter. Before the test measurement, the colorimeter was calibrated with a standard white plate D65 (Y = 85.8, x = 0.314 and y = 0.331). L* describing lightness (L*=0 for black, L*=100 for white), a* describing intensity in red-green (a*>0 for red, a*<0 for green), b* describing intensity in blue-yellow (b*>0 for yellow, b*<0 for blue). The colour function selected to determine lightness difference which is defined as $\Delta L^* = L_t^* - L_0^*$, where L₀* is the lightness after drying and L_t* is the corresponding value at given month storage.

Chroma was calculated as $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$, and the hue angle was calculated as $h^* = \tan^{-1}(b^*/a^*)$, where $h^* = 0^\circ$ for red and $h^* = 90^\circ$ for yellow [26]. Two readings were made per fruit by placing the colorimeter head directly against the flesh above a white surface.

The CIE L*a*b* colour values were first converted into RGB (Red-Green-Blue) colour format using EasyRGB software. Subsequently, the luminescence (L) could be calculated from RGB data with the following equation [27]; $L = 0.299R + 0.587G + 0.114B$. The calculated luminescence value represented the data in greyscale (0-255). This value allowed for distinction between white and darker areas on the dried litchi surface (0 for dark and 255 for white). The correlations between colour values that obtained from the colorimeter and browning index from non enzymatic reactions were performed.

Degree of browning (DB) determination

The method that proposed by Baloch et al. [28] was used to investigate the accumulation of brown pigment formation. Five grams of sample from 15 fruits were soaked in 50 ml of 2% (v/v) acetic acid for 2 h. Subsequently, the sample was homogenized for 1 min and then centrifuged at 8,000 rpm for 20 min. The supernatant was extracted and measured the absorbency at 420 nm with UV-VIS spectrophotometer (model UVmini 1240, Shimadzu Corporation, Japan) and 2% acetic acid was used as a blank. Results are expressed as absorbance per weight of sample in dry basis.

Determination of 5-hydroxymethylfurfural (HMF)

The measurement of 5-hydroxymethylfurfural (HMF), an important intermediate, is widely used as an indicator of Maillard reaction. The method used was adapted from that of Rattanthalerk et al. [29]. Samples from 15 fruits were mixed from which 1 g was added to 20 ml of 90% (v/v) ethanol. The mixture was homogenized for 1 min and subsequently centrifuged at 9,000 rpm for 1 min. Two ml of supernatant was transferred to a test tube and mixed with 2 ml of 12% (w/v) trichloroacetic acid (TCA) and 2 ml of 0.025 M thiobarbituric acid (TBA). The mixture was incubated at 40°C for 50 min, and then cooled. The sample was subjected to absorbance measurement at 443 nm using a UV-VIS spectrophotometer (model UVmini 1240, Shimadzu Corporation, Japan). A calibration curve of HMF (Aldrich, Germany) was utilized to quantify the HMF concentration.

Determination of total phenolic contents

Total phenolic contents were determined by the method of Soong and Barlow [30]. Approximately 10 g of sample from 15 fruits was pureed with blender and mixed with 100 ml of 95% ethanol. The mixture was continuously shaken, kept at ambient temperature and protected from light for 3 h. The sample was filtered through Whatman No. 4 paper and the ethanol was then evaporated by rotary evaporator at 50°C. The extracted sample was stored at -20°C prior to analysis.

The extracted sample was diluted to 20 mg/ml. A total of 200 µl of sample was mixed with 1 ml of Folin-Ciocalteu reagent, continuously shaken, and let to stand for 3 min. Subsequently, the sample was mixed with 0.8 ml of 7.5% (w/v) Na₂CO₃ and kept at ambient temperature and protected from light for 2 h. The sample was measured at 760 nm using a UV-VIS spectrophotometer (model UVmini 1240, Shimadzu Corporation, Japan) and the gallic acid (Aldrich, Germany) was used to calibrate a standard curve.

Polyphenol oxidase (PPO) activity

PPO activity was assayed according to the method of Zauberman et al. [31]. PPO was extracted by homogenizing 2 g of sample from 10 fruits with 10 ml of 0.1M sodium phosphate buffer (pH 6.8) and 0.2 g of polyvinylpyrrolidone (PVP insoluble), and centrifuged at 19,000 rpm for 20 min. The supernatant was collected as the crude enzyme.

The assay of the enzyme activity was performed using 1 ml of 0.1 M sodium phosphate buffer (pH 6.8), 0.5 ml of 0.1 M 4-methylcatechol, and 0.5 ml of crude enzyme extract solution. The increase in absorbance at 410 nm at 25°C was recorded for 5 min. One unit of enzyme activity was defined as increase of 0.01 in absorbance per minute.

Statistical Analysis

Statistical analyses were performed using General Linear Model Program (GLM). Least Significant Difference (LSD) was used to estimate the significant differences among the means for each treatment at 5% the probability level using SAS program (Ver. 9.0, SAS Inst., Cary, NC, USA).

Results and discussion

The results demonstrated that the pretreatment processes affected the yield of dried peeled litchi. The yield of dried peeled litchi pretreated with osmotic agents was dramatically increased to 23.16, 22.45, and 23.89% for G, T, and GT treatment, respectively when compared with 17.11% yield of the control, whereas the sample that pretreated with acid (A) had only 16.27% yield. As expected, the osmotic dehydration process affected the occurrence of solids gained in dried peeled litchi.

Chemical changes of pretreated peeled litchi

Osmotic dehydration process affected the chemical properties of peeled fresh litchi as shown in Table 2. The results showed osmotic agents significantly reduced ($p < 0.05$) the %MC and aw of flesh litchi. During this process, three types of mass transfer in counter-current flux occurred: water flux from the product to the solution, solute transfer from the solution to the product, and flux of natural solutes from the fruit to the solution [32].

Both increasing concentrations of mixed solutions strongly affected amount of water loss and gain in solutes observed from the increase in TA and TSS. Thus, the %MC and aw of sugar treated samples (G, T, and GT) were lower than those for A and C as well as untreated. However, treatment A had higher %MC and TA and low TSS due to the effects of reverse osmosis.

Moisture content vs Aw

The drying curve in fruits is dependent on tissue structure since the cell walls act as a semi-permeable membrane and also on the fruit porosity [33]. The pretreatments studied herein affected the drying curves of litchis, possibly through different mechanisms.

Although the time required reaching aw values lower than 0.60 for the treatments C and A was 5.50 h, while the G, T, and GT osmotic treatments required 6.50 h (Fig. 1). Furthermore, the results showed the drying curve of C and A treatments was rarely different. On the other hand, glycerol (G) affected the drying curve of litchi when compared to trehalose (T) and GT when used the same concentration of sucrose (Fig. 1b). The amount of solid gained was confirmed by the significantly increased ($p < 0.05$) of TSS in flesh litchi after soaked in osmotic solution, GT had 32.5% of TSS followed with T (23.5%) and G (15.7%),

respectively. These could be related with the amount of solids gained from osmotic solution [34, 36]. The drying time was increased with an increase in solids content. This is due to the fact that solutes concentrated on the fruit surface during drying and the proportion of open pores was reduced. Thus, the moisture content of osmotically pretreated litchi samples was increased.

Normally, the osmotic pretreatment processes decrease the initial moisture content of the products [34-36], because the loosely bound water is removed [37], which further decreases during drying. However, the application of pretreatments resulted in higher moisture retention compared to the control (Table 3) at the corresponding drying time. Moyano et al. [38] reported the solute impregnation could inhibit water transfer.

Regarding the properties of trehalose, it showed high water-binding capacity [39] i.e. that it tightly binds with water molecules. Recently three theories have been put forward to explain the binding mechanism of trehalose: water replacement hypothesis, glass transformation hypothesis and chemical stability hypothesis [40]. The ability of sugar molecules to bind protectively onto the surface of molecular structures has been ascribed also to their ability to form hydrogen bonds, the so called water replacement hypothesis. Unlike most other disaccharides, trehalose has no direct internal hydrogen bonds. All four internal bonds are indirectly connected via the two water molecules. This arrangement gives the molecule an unusual flexibility around the disaccharide bond, which may allow trehalose to fit more closely to the irregular surface of macromolecules than other [40].

In addition, glycerol has three hydrophilic alcoholic hydroxyl groups that are responsible for its solubility in water. Thus, the polar properties and water binding capacity of both trehalose and glycerol might reduce the amount of free water; causing a decrease in a_w of dried litchi. However, the a_w increment of all treatments not significantly difference ($p \geq 0.05$) during 5 months of storage (Fig. 2).

Colour improvement

Pretreatments prior to drying are commonly known to be a crucial processing step to significantly produce better quality products. The results of this study also elucidated that pretreatment conditions significantly impacted the product, since all pretreatments of dried litchi exhibited better quality in terms of colour than the control (Fig. 3).

As expected, h^* values of pretreated litchi were significantly higher ($p < 0.05$) after drying, but ΔL^* and C^* values were significantly decreased ($p < 0.05$), when compared with control (Fig. 3). At the initiation of storage, control samples presented darker colours, whereas samples pretreated with glycerol and trehalose (GT) were appreciably lighter in colour. In addition, visual inspection confirmed the results that obtained with the colorimeter (Fig. 4). However, colour values of all pretreated samples increased with storage time. Treatment G showed the best colour quality in terms of ΔL^* and h^* values after 5 months of

storage, followed by GT, T, and A respectively, while the control demonstrated the darkest samples, confirmed by the extreme C* values. Visual observation exhibited treatment G showed the most well preserved colour, maintaining a light colour after 5 months (Fig. 4).

Browning effects

The pH of osmotic solutions from treatment A, G, T, and GT were 3.2, 3.4, 3.2, and 3.3, respectively, these values were lower than the control (pH 6.4). The lower pH could retard the PPO activity in dried litchi (Table 2), since the PPO was active at the pH 5-7. Normally, the pH of the system influencing the ratio of products formed and the rate of Maillard reaction, which can be reduced by decreasing the pH. However, Lee and Wicker [41] and Jiang [42] reported that PPO activity of litchi is involved in the oxidation of phenolics, resulting in the formation of brown by-products. In this study, the pretreatments inhibited the PPO activity, while the total phenolic contents in the dried products were not reduced (Table 3). Albanese et al. [43] also proposed trehalose could slow down the browning reactions of the fruits due to the glycosidic bond between two D-glucose molecules of trehalose had the flexibility and it was able to conform to the irregular polar groups of macromolecules, such as polyphenol compounds.

The pretreatment process significantly decreased ($p < 0.05$) the initial values of DB and HMF in dried peeled litchi (Fig. 5). In addition, the A_w is one of the important factors that affected the Maillard reaction, since the reaction occurs less readily in foods with intermediate A_w values. At low A_w , the mobility of reactants is limited, despite their presence at increased concentrations. Thus, the reduction of A_w in dried products by osmotic dehydration decreased the browning resulting from the Maillard reaction. However, the DB and HMF values of all treatments rapidly increased after 5 months of storage (Fig. 5). Dried litchi from G, T and GT treatments showed the better ability to retard the occurrence of non-enzymatic browning reactions. The result was confirmed by the slowly increment of DB and HMF. Moreover, low pH significantly affected ($p < 0.05$) on the sugar content of dried litchi when compared with control. D-sucrose decreased, while both D-glucose and D-fructose increased, caused by the hydrolysis of sucrose (data was not shown).

Trehalose is one of the most stable sugars which mean it would not contribute in the Maillard reaction, not bonding with proteins or peptides except under extreme heating [10, 40, 44]. Thus, the replacement of reducing sugars with trehalose can help extend the shelf life of dried fruits where browning contributes to colour and flavour losses. In addition, glycerol also would not influence non-enzymatic browning reactions. Moreover, the results showed a rather good relationship of browning values from the enzyme and non-enzymatic browning reactions (Fig. 6-7).

In addition, relatively poor fits were found for the correlations between lightness difference (ΔL^*) and browning index (Fig. 6a-b). The r^2 values for relationships between ΔL^* and DB and HMF were 0.88 and

0.69, respectively. Grey scale could be used more successfully than ΔL^* to show the occurrence of browning in dried litchi (Fig. 7).

Furthermore, the experimental data for changes in colour parameters L^* , a^* , and b^* were used to calculate luminance or grey value. Linear regression analysis was applied to show the relationship between grey value and browning index (Fig. 7). The results revealed that grey value could be used adequately predict DB with an r^2 value 0.92 (Fig. 7a) because the grey value was a combination of parameters that characterize the intensity of colour in foods. The r^2 value of DB was higher than for HMF ($r^2=0.78$, Fig. 7b), since DB was directly affected by enzymatic and non-enzymatic browning of the samples [45], while HMF exhibited only product changes associated with the Maillard reaction.

Conclusions

The pretreatment processes prior drying affected all the measured quality attributes of the dried products. The % MC and a_w of sucrose, glycerol and/or trehalose pretreated fresh fruit samples were slightly higher than those for treated with only acid and CaCl_2 solutions as well as untreated. However, pretreatment with glycerol and trehalose improved and maintained the quality of dried products in terms of colour during storage the most, since they had the ability to inhibit or decrease enzymatic and non-enzymatic browning, without affecting the total phenolic contents in dried peeled litchi. Thus, glycerol and trehalose had the feasibility to use for producing high quality dried fruits and would develop the dried products with reasonable costs. In addition, grey scale exhibited good potential to show colour changes associated with browning from enzyme and non-enzymatic reactions.

Acknowledgements

This research is a part of research project SFB 564 "Research for Sustainable Land Use and Rural development in Mountainous Regions of South East Asia" funded by Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG), Germany and National Research Council of Thailand (NRCT). We gratefully acknowledge their financial support.