สัญญาเลขที่ RDG4920037

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ ผลของสารเคลือบผิวต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้ง

คณะผู้วิจัย	สังกัด
1. รศ. ดร. ดนัย บุณยเกียรติ	คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
2. ศ. ดร. นิธิยา รัตนาปนนท์	คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
3. นางสาวพิมพ์ใจ สีหะนาม	คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ชุดโครงการ การจัดการผลิตผลพืชสวน

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่ให้งบประมาณสนับสนุนในการทำงานวิจัย โครงการวิจัย เรื่อง "ผลของสารเคลือบผิวต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้ง" และขอขอบคุณ คุณครรชิต ตติปาณิเทพ คุณสมศักดิ์ วิลัยพร และคุณจุมภฏพงศ์ แซ่อิว ที่ได้ให้ข้อมูลเกี่ยวกับการเคลือบผิวผลส้มด้วยสารเคลือบผิวบางชนิด

ในส่วนของเนื้อหาทางวิชาการ คณะผู้วิจัยได้รับคำชี้แนะเป็นอย่างดีจากผู้ทรงคุณวุฒิที่ สกว. ได้แต่งตั้งขึ้น เพื่อติดตามประเมินผลและให้ข้อเสนอแนะต่างๆ คณะผู้วิจัยจึงขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

คณะผู้วิจัย

ตุลาคม 2550

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร

ส้มสายน้ำผึ้ง เป็นพันธุ์ส้มในกลุ่มส้มเขียวหวานชนิดหนึ่ง ที่ปัจจุบันกำลังได้รับความนิยมอย่างสูง เพราะมีคุณภาพและรสชาติที่ดีกว่าส้มเขียวหวานชนิดอื่นๆ คือ เนื้อแน่น สีสันสวยงาม ชานมีลักษณะนิ่ม น้ำส้มมีปริมาณมาก รสชาติหวานอมเปรี้ยวเล็กน้อย ซึ่งแหล่งผลิตส้มสายน้ำผึ้งที่สำคัญของประเทศไทย คือ จังหวัดเชียงใหม่ และเชียงราย โดยเฉพาะเขตพื้นที่ อำเภอฝาง ไชยปราการ และแม่อาย จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งก่อนที่ชาวสวนผู้ผลิตส้มจะส่งผลส้มออกวางจำหน่ายในท้องตลาด จะล้างทำความสะอาดผลส้ม แล้วเคลือบผิวผลส้มด้วยสารเคลือบผิวทางการค้าชนิดต่างๆ ซึ่งการเคลือบผิวผลส้มมีวัตถุประสงค์เพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำ ลดอัตราการแลกเปลี่ยนแก๊ส ส่งผลให้มีอัตราการหายใจลดลง และทดแทนสารเคลือบผิวตามธรรมชาติที่สูญเสียไปในระหว่างการเก็บเกี่ยวและการจัดการภายหลังการเก็บเกี่ยว นอกจากนั้นการเคลือบผิวผลส้ม ยังทำให้ผลส้มมีความมันวาว เป็นที่สะดุดตาและดึงดูดความสนใจของผู้บริโภค โดยชนิดของสารเคลือบผิวที่เกษตรกรเลือกใช้เป็นสารเคลือบผิวทางการค้า ซึ่งแต่ละชนิดจะมีส่วนผสมที่แตกต่างกัน ทั้งนี้การเลือกใช้สารเคลือบผิวชนิดใดจะขึ้นอยู่กับขนาดของสวนส้ม กำลังการผลิต และราคาของสารเคลือบผิว แต่การเคลือบผิวมักจะก่อให้เกิดปัญหาขึ้นกับผลส้ม กล่าวคือผลส้มที่เคลือบผิวแล้วและวางจำหน่ายในปัจจุบันจะมีกลิ่นและรสชาติผิดปกติ ซึ่งลักษณะผิดปกติดังกล่าวทำให้คุณภาพของผลส้มลดลงและไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติและอายุการวางจำหน่ายผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้ง และการตอบสนองของผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวทางการค้าชนิดต่างๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา และทางชีวเคมีเปรียบเทียบกับผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิว

1. การศึกษาผลของสารเคลือบผิวทางการค้า สารเคลือบผิวที่พัฒนาขึ้น และสารเคลือบผิวไคโตซานต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้ง

ผลการศึกษา แสดงให้เห็นว่า การเคลือบผิวผลส้มด้วยสารเคลือบผิวทางการค้าชนิดต่างๆ แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง สามารถลดการสูญเสียน้ำหนักของผลส้มได้ โดยสารเคลือบผิวบางชนิดสามารถลดการสูญเสียน้ำหนักได้ถึง 2 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิว นอกจากนี้การเคลือบผิวยังช่วยเพิ่มคุณภาพของผลส้มด้านลักษณะปรากฏภายนอก คือผิวของผลส้มมีความมันวาวมากขึ้น แต่การเคลือบผิวมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณแก๊สออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลส้ม ปริมาณเอทานอลในน้ำคั้น รวมทั้งกิจกรรมของเอนไซม์แอลกอฮอล์ดีไฮโดรจีเนส ซึ่งส่งผลให้เกิดกลิ่นและรสชาติผิดปกติภายในผลส้ม โดยตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลองนั้นผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว ZIVDAR มีคุณภาพด้านการบริโภคและเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบชิมมากที่สุด คือ มีการเกิดกลิ่นและรสชาติผิดปกติน้อยที่สุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

และช้าที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดอื่นๆ และเมื่อพิจารณาจากการเกิดกลิ่นและรสชาติที่ผิดปกติ ผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว ZIVDAR มีอายุการเก็บรักษาได้ประมาณ 10-13 วัน ซึ่งยาวนานกว่าผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดอื่นๆ ซึ่งส่วนใหญ่มีอายุการเก็บรักษาได้ไม่เกิน 7 วัน

2. การศึกษาผลของอุณหภูมิต่ำและสารเคลือบผิวบางชนิดต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้ง

การเก็บรักษาผลส้มไว้ที่อุณหภูมิต่ำ 5 และ 10 องศาเซลเซียส ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลส้มได้ยาวนานขึ้น สามารถยืดอายุการเก็บรักษาของผลส้มได้ประมาณ 3 และ 2 เท่า ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง โดยพิจารณาจากการเกิดกลิ่นและรสชาติผิดปกติ และลักษณะปรากฏภายนอก และการเก็บรักษาผลส้มไว้ที่อุณหภูมิต่ำยังมีผลช่วยลดการสูญเสียน้ำหนัก และสามารถชะลออัตราการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน ซึ่งมีผลต่อปริมาณแก๊สออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผล ปริมาณเอทานอลในน้ำคั้น และกิจกรรมของเอนไซม์แอลกอฮอล์ดีไฮโดรจีเนส ที่ส่งผลต่อคุณภาพด้านการเกิดกลิ่นและรสชาติผิดปกติของผลส้ม โดยผลส้มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส เกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนช้ากว่าผลส้มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง โดยพิจารณาได้จากปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในผลสูงกว่า และปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลต่ำกว่าผลส้มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง รวมทั้งยังมีปริมาณเอทานอลในน้ำคั้นต่ำกว่าอีกด้วย เมื่อพิจารณาจากการเกิดกลิ่นและรสชาติผิดปกติร่วมกับลักษณะปรากฏภายนอก ผลส้มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง มีอายุการเก็บรักษาโดยเฉลี่ย ประมาณ 43, 25 และ 10 วันตามลำดับ

ผลการศึกษาที่ได้ แสดงว่าการเคลือบผิวผลส้มสามารถลดการสูญเสียน้ำหนักของผลส้มได้ โดยผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวทางการค้าส่วนใหญ่สามารถลดการสูญเสียน้ำหนักดีกว่าการเคลือบผิวด้วยพอลิเอทิลีนไมโครอิมัลชัน (polyethylene microemulsion) และสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 2.0% นอกจากนี้ การเคลือบผิวยังมีผลต่อการเกิดกลิ่นและรสชาติที่ผิดปกติ รวมถึงลักษณะปรากฏภายนอกของผลส้มด้วย ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้อายุการเก็บรักษาของผลส้มในการทดลองครั้งนี้ โดยคุณภาพด้านการบริโภคดังกล่าวมีความสัมพันธ์กับปริมาณแก๊สออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผล ปริมาณเอทานอลในน้ำคั้น และกิจกรรมของเอนไซม์แอลกอฮอล์ดีไฮโดรจีเนส ซึ่งตลอดระยะเวลาของการวิจัย พบว่า ผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว ZIVDAR มีอายุการเก็บรักษาได้นานที่สุด และมีคุณภาพด้านการบริโภคเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบชิมมากที่สุด กล่าวคือผลส้มเกิดกลิ่นและรสชาติผิดปกติน้อยที่สุดและช้าที่สุด และยังมีลักษณะปรากฏภายนอกดีกว่าผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลศึกษาวิจัยที่ได้ในครั้งนี้สามารถนำไปเป็นแนวทางในการตัดสินใจเลือกใช้สารเคลือบผิวทางการค้าเพื่อเคลือบผิวผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งได้ แต่ทั้งนี้คณะผู้วิจัยมีความเห็นว่าผลการวิจัยดังกล่าวยังมีส่วนที่ควรจะต้องทำการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมอีกมาก ซึ่งได้แก่ ปริมาณสารที่ใช้เคลือบผิวที่ใช้ต่อขนาดของผลส้ม โดยในการวิจัยครั้งนี้คณะผู้วิจัยได้เลือกใช้สารเคลือบผิวทางการค้าเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งเป็นสารเคลือบผิวทางการค้าที่เกษตรกรนิยมใช้ และใช้ในปริมาณที่เท่าๆ กัน คือ ประมาณ 0.20 กรัม/ผล โดยใช้กับผลส้มขนาดเบอร์ 4 ซึ่งสารเคลือบผิวแต่ละชนิดมีส่วนผสมที่แตกต่างกัน ดังนั้นคุณสมบัติของสารเคลือบผิวจะแตกต่างกันไปด้วย ทั้งนี้ปริมาณของสารเคลือบผิวที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ได้ยึดตามปริมาณการใช้สารเคลือบผิวต่อน้ำหนักผลส้มของ USDA ซึ่งอาจจะมีความเหมาะสมสำหรับสารบางชนิด แต่อาจจะมากหรือน้อยเกินไปสำหรับสารเคลือบผิวบางชนิด รวมถึงสภาพแวดล้อมของประเทศไทยที่มีความแตกต่างจากประเทศสหรัฐอเมริกา จึงทำให้ผลของสารเคลือบผิวต่อคุณภาพของผลส้มมีความแตกต่างกันออกไป

ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาเพื่อหาปริมาณของสารแต่ละชนิดที่เหมาะสมต่อผลส้มแต่ละขนาด เพื่อใช้เป็นมาตรฐานในการเลือกใช้สารเคลือบผิวแก่เกษตรกรภายในประเทศ คือ สามารถเลือกใช้สารเคลือบผิวได้ตามความต้องการและในปริมาณที่ถูกต้องและเหมาะสมได้ ซึ่งการศึกษาอย่างละเอียดอาจจะสามารถระบุปริมาณสารเคลือบผิวแต่ละชนิดที่เหมาะสมสำหรับผลส้มแต่ละขนาด และอาจจะนำมาสู่การจัดค่ามาตรฐานสำหรับอายุการวางจำหน่ายของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งในประเทศไทย ซึ่งน่าจะพิจารณาจากการเกิดกลิ่นและรสชาติที่ผิดปกติ ร่วมกับลักษณะปรากฏภายนอก และปริมาณเอทานอลในน้ำคั้นของผลส้ม

นอกจากนี้ยังจำเป็นต้องมีการศึกษาเกี่ยวกับกิจกรรมของเอนไซม์แอลกอฮอล์ดีไฮโดรจีเนสอย่างละเอียด เพื่อให้ทราบถึงการเพิ่มขึ้นและลดลงของกิจกรรมของเอนไซม์ที่แน่นอน เพราะเป็นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน ซึ่งส่งผลถึงการเกิดกลิ่นและรสชาติที่ผิดปกติของผลส้มโดยตรง และควรมีการศึกษาเกี่ยวกับปริมาณอะซิทัลดีไฮด์ และกิจกรรมของเอนไซม์ไพรูเวตดีคาร์บอกซิเลส ซึ่งเป็นอินเทอร์มิเดียต (intermediate) และเอนไซม์ในปฏิกิริยาการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน ตามลำดับ ด้วย เพราะมีความเกี่ยวข้องกับการเกิดกลิ่นและรสชาติที่ผิดปกติของผลส้มเช่นเดียวกัน ทั้งนี้คุณภาพของผลส้มยังขึ้นอยู่กับสภาวะแวดล้อมที่เก็บรักษาด้วย ซึ่งได้แก่ อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของสารเคลือบผิวต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้ง โดยการเคลือบผิวผลส้มด้วยสารเคลือบผิวทางการค้า 9 ชนิด ได้แก่ CITRASHINE, SEALKOTE, FOMESA, ROSY PLUS, CITROSOL AK, SUPERSHINE-C, ZIVDAR, PERFECT SHINE, WAX (unknown) เปรียบเทียบกับสารเคลือบผิวที่เตรียมขึ้นเอง คือ พอลิเอทิลีนไมโครอิมัลชัน (PE microemulsion) และสารละลายไคโตซาน (Chitosan) ความเข้มข้น 1.5% และ 2.0% และผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิว แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 7 วัน โดยวัดการเปลี่ยนแปลงของสีผิวผล การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมี ผลการทดลอง พบว่า ผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว ZIVDAR ยอมให้มีการแลกเปลี่ยนแก๊สออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ได้ดีที่สุด และผลส้มที่เคลือบผิวด้วย ZIVDAR และ PERFECT SHINE มีปริมาณเอทานอลในน้ำคั้นน้อยกว่าผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดอื่นๆ นอกจากนี้ผลส้มที่เคลือบผิวยังมีอัตราการหายใจต่ำกว่า และมีกิจกรรมของเอนไซม์แอลกอฮอล์ดีไฮโดรจีเนสสูงกว่าผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิว และการเคลือบผิวยังมีผลช่วยลดการสูญเสียน้ำหนัก และช่วยให้ผลส้มมีลักษณะปรากฏดีกว่าผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิว แต่การเคลือบผิวส่งผลให้เกิดกลิ่นและรสชาติที่ผิดปกติขึ้นภายในผลส้ม แต่ไม่มีผลต่อกิจกรรมของเอนไซม์แอซิดฟอสฟาเทส การเปลี่ยนแปลงสีผิวผลส้ม ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ค่าพีเอช ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ อัตราส่วนของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ และปริมาณวิตามินซีของผลส้ม

ผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว CITRASHINE, SEALKOTE, ROSY PLUS, ZIVDAR, PERFECT SHINE, PE microemulsion, Chitosan 2.0% และที่ไม่ได้เคลือบผิว แล้วนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5±2 และ 10±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90±2 เปอร์เซ็นต์ และอุณหภูมิห้อง (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 50±3 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าผลส้มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าผลส้มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง นอกจากนี้ผลส้มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส ยังมีปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในผลส้มสูงกว่า ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลส้มและปริมาณเอทานอลในน้ำคั้นต่ำกว่าผลส้มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง และการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำทำให้ผลส้มมีการเกิดกลิ่นและรสชาติผิดปกติน้อยกว่า และมีลักษณะปรากฏดีกว่าผลส้มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิสูง โดยอุณหภูมิที่เก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์แอลกอฮอล์ดีไฮโดรจีเนส กิจกรรมของเอนไซม์แอซิดฟอสฟาเทส สีผิวผล และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลส้ม แต่ไม่มีผลต่อค่าพีเอช ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ อัตราส่วนของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ และปริมาณวิตามินซี ผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

CITRASHINE, SEALKOTE, ROSY PLUS และ ZIVDAR สูญเสียน้ำหนักต่ำกว่าผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิว โดยผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว ROSY PLUS, ZIVDAR และ Chitosan 2.0% ยอมให้มีการแลกเปลี่ยนแก๊สออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ได้ดีที่สุด และผลส้มที่เคลือบผิวมีปริมาณเอทานอลในน้ำคั้น และกิจกรรมของเอนไซม์แอลกอฮอล์ดีไฮโดรจีเนสสูงกว่าผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิว ซึ่งการเคลือบผิวไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์แอซิดฟอสฟาเทส สีผิวผล ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ค่าพีเอช ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ อัตราส่วนของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ และปริมาณวิตามินซีของผลส้ม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Abstract

Tangerine fruit cv. Sai Nam Puang were coated with 9 commercial coatings; CITRASHINE, SEALKOTE, FOMESA, ROSY PLUS, CITROSOL AK, SUPERSHINE-C, ZIVDAR, PERFECT SHINE, WAX (unknown), one experimental polyethylene (PE) microemulsion, and two concentrations of chitosan solutions (1.5% and 2.0%). Coated fruit were stored at room temperature (23±3°C) and 56±5% relative humidity for 7 days. Peel color, physiological and chemical changes were measured. Tangerines coated with ZIVDAR had the highest internal O_2 content and the lowest internal CO_2 content. Coated fruits with ZIVDAR and PERFECT SHINE had lower internal ethanol content than fruit coated with the other materials. The coated fruit had lower respiration rate and higher alcohol dehydrogenase activity than the uncoated control fruit. Coatings reduced weight loss and resulted in better appearance than uncoated control, but they caused off-flavour. No effect of coatings on acid phosphatase activity, skin color, total soluble solids, pH, titratable acidity, TSS/TA ratio and vitamin C content were observed.

Coated tangerine fruit with CITRASHINE, SEALKOTE, ROSY PLUS, ZIVDAR, PERFECT SHINE, PE microemulsion, Chitosan 2.0% and uncoated fruit were stored at 5 or 10±2°C and 90±2% relative humidity, and at room temperature (23±3°C) and 50±3% relative humidity. The results indicated that tangerine fruit stored at low temperatures had lower weight loss than fruit stored at ambient temperature. Fruit stored at 5 and 10°C had higher internal O_2, lower internal CO_2 and ethanol content than fruit stored at room temperature. Tangerine fruit stored at low temperature had less off-flavour and better appearance than fruit stored at high temperature. Storage temperatures had effect on alcohol dehydrogenase and acid phosphatase activities, skin color and total soluble solids but had no effect on pH, titratable acidity, TSS/TA ratio and vitamin C content. Fruit coated with CITRASHINE, SEALKOTE, ROSY PLUS and ZIVDAR had lower weight loss than uncoated fruit. Tangerine fruit coated with ROSY PLUS, ZIVDAR and Chitosan 2.0% had the highest of gas exchange. Coated fruit tended to have higher internal ethanol and alcohol dehydrogenase activity than uncoated fruit. Coatings had no effect on acid phosphatase activity, skin color, total soluble solids, pH, titratable acidity, TSS/TA ratio and vitamin C during low temperature storage.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญ

เรื่อง		หน้า
บทที่ 1	**บทนำ**	**1**
	วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
บทที่ 2	**การตรวจเอกสาร**	**3**
	สายพันธุ์ส้มที่นิยมปลูกในประเทศไทย	6
	ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของผลส้ม	7
	การเก็บเกี่ยวผลส้ม	8
	การใช้สารเคลือบผิวผลไม้ภายหลังการเก็บเกี่ยว	11
	ผลของการใช้สารเคลือบผิวต่อการเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวของผลไม้	13
	ไคโตซาน (chitosan)	17
	ประโยชน์ของไคโตซานในเชิงวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว	18
บทที่ 3	**อุปกรณ์และวิธีการทดลอง**	**21**
	อุปกรณ์และวัสดุเกษตร	**21**
	วิธีการทดลอง	**29**
	การทดลองที่ 1 ผลของสารเคลือบผิวทางการค้า สารเคลือบผิวที่พัฒนาขึ้น และสารเคลือบผิวไคโตซานต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้ง	29
	การทดลองที่ 2 ผลของอุณหภูมิต่ำและสารเคลือบผิวบางชนิดต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้ง	34
บทที่ 4	**ผลการทดลองและวิจารณ์**	**36**
	4.1 การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพ เคมี และสรีรวิทยาของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวทางการค้าชนิดต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษา	36
	4.2 การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพ เคมี และสรีรวิทยาของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 10 วัน	65
บทที่ 5	**สรุปผลการทดลอง**	**107**
	เอกสารอ้างอิง	**109**
	ภาคผนวก	**122**

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1	การสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณแก๊สออกซิเจนและปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออก-ไซด์ภายในผล ปริมาณเอทานอลในน้ำคั้น และอัตราการหายใจของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 7 วัน	49
2	กิจกรรมของเอนไซม์แอลกอฮอล์ดีไฮโดรจีเนส และกิจกรรมของเอนไซม์แอ-ซิดฟอสฟาเทสของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 7 วัน	50
3	การประเมินคุณภาพด้านกลิ่นและรสชาติผิดปกติ ลักษณะปรากฏ ค่า L*, chroma และ hue angle ของสีผิวผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 7 วัน	51
4	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ค่าพีเอช ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ อัตราส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ และปริมาณวิตามินซีของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 7 วัน	52
5	การสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณแก๊สออกซิเจนและปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออก-ไซด์ภายในผล และปริมาณเอทานอลในน้ำคั้นของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 10 วัน	83
6	กิจกรรมของเอนไซม์แอลกอฮอล์ดีไฮโดรจีเนส และกิจกรรมของเอนไซม์แอ-ซิดฟอสฟาเทสของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 10 วัน	84
7	การประเมินคุณภาพด้านกลิ่นและรสชาติผิดปกติ ลักษณะปรากฏ ค่า L*, chroma และ hue angle ของสีผิวผลผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 10 วัน	85

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
8	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ค่าพีเอช ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ อัตราส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ และปริมาณวิตามินซีของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 10 วัน	86

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญตาราง

ตารางภาคผนวก		หน้า
ก	ชนิดของสารเคลือบผิวและส่วนประกอบของสารเคลือบผิว	123
1	การสูญเสียน้ำหนักของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์	124
2	ปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในผลของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์	125
3	ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์	126
4	อัตราการหายใจของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์	127
5	กิจกรรมของเอนไซม์แอลกอฮอล์ดีไฮโดรจีเนสของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ แลเมื่อเก็บรักษาไว้ที่ (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์	128
6	กิจกรรมของเอนไซม์แอซิดฟอสฟาเทสของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่ (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์	129
7	การประเมินคุณภาพด้านกลิ่นและรสชาติผิดปกติของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวทางการค้าชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์	130
8	การประเมินคุณภาพด้านลักษณะปรากฏของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์	131

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญตาราง

ตารางภาคผนวก		หน้า
9	ค่า L* ของสีผิวผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์	132
10	ค่า chroma ของสีผิวผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์	133
11	ค่า hue angle ของสีผิวผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ มื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์	134
12	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์	135
13	ค่าพีเอชของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์	136
14	ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์	137
15	อัตราส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์	138
16	ปริมาณวิตามินซีของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่ (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์	139
17	การสูญเสียน้ำหนักของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง	140

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญตาราง

ตารางภาคผนวก		หน้า
18	ปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในผลของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10 องศา-เซลเซียส และอุณหภูมิห้อง	142
19	ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง	143
20	กิจกรรมของเอนไซม์แอลกอฮอล์ดีไฮโดรจีเนสของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง	144
21	กิจกรรมของเอนไซม์แอซิดฟอสฟาเตสของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง	145
22	การประเมินคุณภาพด้านกลิ่นและรสชาติผิดปกติของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง	146
23	การประเมินคุณภาพด้านลักษณะปรากฏของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง	148
24	ค่า L* ของสีผิวผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง	150
25	ค่า chroma ของสีผิวผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง	152
26	ค่า hue angle ของสีผิวผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง	154
27	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง	155

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญตาราง

ตารางภาคผนวก		หน้า
28	ค่าพีเอชของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง	157
29	ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง	158
30	อัตราส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง	159
31	ปริมาณวิตามินซีของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง	160

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญภาพ

ภาพ		หน้า
1	ชุดแผงควบคุมการไหลของอากาศ	24
2	ชุดวัดอัตราการไหลของอากาศ	25
3	การเปลี่ยนแปลงการสูญเสียน้ำหนักของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 13 วัน	53
4	การเปลี่ยนแปลงปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในผลของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 13 วัน	53
5	การเปลี่ยนแปลงปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 13 วัน	54
6	การเปลี่ยนแปลงปริมาณเอทานอลในน้ำคั้นของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 7 วัน	54
7	การเปลี่ยนแปลงอัตราการหายใจของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 13 วัน	55
8	การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์แอลกอฮอล์ดีไฮโดรจีเนสของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 13 วัน	55
9	การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์แอซิดฟอสฟาเทสของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 13 วัน	56
10	การเปลี่ยนแปลงด้านกลิ่นและรสชาติผิดปกติของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 13 วัน	56

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญภาพ

ภาพ		หน้า
11	การเปลี่ยนแปลงด้านลักษณะปรากฏของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 13 วัน	57
12	การเปลี่ยนแปลงค่า L* ของสีผิวผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศา-เซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 13 วัน	57
13	การเปลี่ยนแปลงค่า chroma ของสีผิวผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศา-เซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 13 วัน	58
14	การเปลี่ยนแปลงค่า hue angle ของสีผิวผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศา-เซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 13 วัน	58
15	การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 13 วัน	59
16	การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 13 วัน	59
17	การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 13 วัน	60
18	การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 13 วัน	60
19	การเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซีของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 13 วัน	61

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญภาพ

ภาพ		หน้า
20	ลักษณะปรากฏของผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 0 วัน	61
21	ลักษณะปรากฏของผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 1 วัน	62
22	ลักษณะปรากฏของผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 4 วัน	62
23	ลักษณะปรากฏของผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 7 วัน	63
24	ลักษณะปรากฏของผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 10 วัน	63
25	ลักษณะปรากฏของผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 13 วัน	64
26	การเปลี่ยนแปลงการสูญเสียน้ำหนักของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 43, 25 และ 10 วัน ตามลำดับ	87
27	การเปลี่ยนแปลงปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในผลของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 43, 25 และ 10 วัน ตามลำดับ	88
28	การเปลี่ยนแปลงปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 43, 25 และ 10 วัน ตามลำดับ	89

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญภาพ

ภาพ		หน้า
29	การเปลี่ยนปริมาณเอทานอลในน้ำคั้นของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 10 วัน	90
30	การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์แอลกอฮอล์ดีไฮโดรจีเนสของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 43, 25 และ 10 วัน ตามลำดับ	91
31	การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์แอซิดฟอสฟาเทสของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 43, 25 และ 10 วัน ตามลำดับ	92
32	การเปลี่ยนแปลงด้านกลิ่นและรสชาติผิดปกติของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 43, 25 และ 10 วัน ตามลำดับ	93
33	การเปลี่ยนแปลงด้านลักษณะปรากฏของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 43, 25 และ 10 วัน ตามลำดับ	94
34	การเปลี่ยนแปลงค่า L* ของสีผิวผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 43, 25 และ 10 วัน ตามลำดับ	95
35	การเปลี่ยนแปลงค่า chroma ของสีผิวผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 43, 25 และ 10 วัน ตามลำดับ	96
36	การเปลี่ยนแปลงค่า hue angle ของสีผิวผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 43, 25 และ 10 วัน ตามลำดับ	97
37	การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 43, 25 และ 10 วัน ตามลำดับ	98

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญภาพ

ภาพ		หน้า
38	การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 43, 25 และ 10 วัน ตามลำดับ	99
39	การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 43, 25 และ 10 วัน ตามลำดับ	100
40	การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 43, 25 และ 10 วัน ตามลำดับ	101
41	การเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซีของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 43, 25 และ 10 วัน ตามลำดับ	102
42	ลักษณะปรากฏของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 0 วัน	103
43	ลักษณะปรากฏของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 10 วัน	104
44	ลักษณะปรากฏของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 25 วัน	105
45	ลักษณะปรากฏของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็น เวลา 43 วัน	106

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บทที่ 1
บทนำ

ส้มเขียวหวานเป็นผลไม้ที่คนไทยนิยมบริโภคกันทั่วไป มีพื้นที่การปลูกอยู่ทั่วประเทศ โดยแหล่งปลูกที่ใหญ่ที่สุด คือ จังหวัดเชียงใหม่ ผลผลิตส่วนใหญ่จะใช้เพื่อบริโภคภายในประเทศ บางส่วนส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศ มีมูลค่าปีละหลายสิบล้านบาท (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2549) ในปี พ.ศ. 2548 มีปริมาณผลผลิตส้มเขียวหวานกระจายออกสู่ตลาดรวมทั้งสิ้น 208,008 ตัน โดยแบ่งเป็นจำหน่ายเพื่อบริโภคสด จำนวน 145,608 ตัน คิดเป็นร้อยละ 70.00 ซึ่งส่งจำหน่ายตลาดภายในประเทศ จำนวน 145,200 ตัน คิดเป็นร้อยละ 69.80 ส่งจำหน่ายตลาดต่าง ประเทศ จำนวน 408 ตัน คิดเป็นร้อยละ 0.20 และอีกส่วนหนึ่งนำไปแปรรูปจำนวน 62,400 ตัน คิดเป็นร้อยละ 30.00 โดยในปี พ.ศ. 2547 มีมูลค่าการส่งออกไปยังต่างประเทศประมาณ 7.65 ล้านบาท (เกษตรเชียงใหม่, 2549) ดังนั้นการปฏิบัติภายหลังการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม ได้แก่ การคัดผลที่มีตำหนิ เช่น ผลช้ำที่มีบาดแผลจากการเก็บเกี่ยว มีร่องรอยการทำลายของโรคและแมลงออก การทำความสะอาดโดยการใช้ผ้าสะอาดชุบน้ำเช็ดทั่วทั้งผล หรือล้างน้ำสะอาด เพื่อกำจัดสิ่งสกปรกและรอยคราบสารเคมีออกให้หมด หลังจากนั้นผึ่งให้ผิวนอกแห้ง และเคลือบผิวผลส้มด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ จะช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนักและยืดอายุการวางจำหน่ายของส้มได้นานขึ้น (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2549) เพราะการเคลือบผิวนอกจากจะทำให้ผิวส้มมีความมันวาว สามารถดึงดูดความสนใจของผู้บริโภค ช่วยลดการสูญเสียน้ำ และยังช่วยลดอัตราการแลกเปลี่ยนแก๊สระหว่างบรรยากาศภายนอกกับภายในผลส้มด้วย (ดนัยและนิธิยา, 2548) แต่การเคลือบผิวและการเก็บรักษาที่ไม่ถูกต้องจะทำให้เกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน เช่น การวางจำหน่ายที่อุณหภูมิสูง ส่งผลให้เกิดกลิ่นและรสชาติผิดปกติขึ้นภายในผลส้ม (จริงแท้, 2538) ทั้งนี้เพราะการเคลือบผิวนั้นควบคุมอัตราการซึมผ่านเข้า-ออกของแก๊สออกซิเจนระหว่างบรรยากาศเข้าสู่ผลส้มให้เกิดขึ้นได้น้อยลง ทำให้ภายในผลส้มมีปริมาณแก๊สออกซิเจนต่ำมาก และมีการสะสมแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลส้มเพิ่มมากขึ้นด้วย (Cohen, *et al*., 1990; Petracek *et. al*., 1998; Alleyne and Hagenmaier, 2000)

ในปัจจุบันผู้ผลิตส้มส่วนใหญ่มักจะเคลือบผิวผลส้มด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ ก่อนที่จะส่งออกไปจำหน่ายในท้องตลาด เพื่อเพิ่มมูลค่าและยืดอายุการวางจำหน่าย แต่ผลส้มที่วางจำหน่ายอยู่ในท้องตลาดเป็นจำนวนมากมักมีกลิ่นและรสชาติผิดปกติ ทั้งนี้อาจจะเกิดจากการเลือกใช้ชนิดของสารเคลือบผิวที่ไม่เหมาะสม ปริมาณของสารเคลือบผิวที่ใช้ไม่เหมาะสม อุณหภูมิที่วางจำหน่ายไม่เหมาะสม หรือระยะเวลาในการวางจำหน่ายนานเกินไป

ดังนั้น จึงควรมีการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติของสารเคลือบผิวแต่ละชนิด ที่ผู้ผลิตส้มทางภาคเหนือนิยมนำมาใช้เคลือบผิวผลส้ม ซึ่งอาจจะช่วยให้ผู้ผลิตสามารถตัดสินใจเลือกใช้สาร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เคลือบผิวที่ถูกต้องและเหมาะสม รวมถึงทราบอายุการวางจำหน่ายของผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวแต่ละชนิดด้วย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาคุณสมบัติและอายุการวางจำหน่ายผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้ง ตลอดจนการตอบสนองทางสรีรวิทยาและทางชีวเคมีของผลส้มที่เคลือบผิวด้วยแวกซ์ชนิดต่างๆ ที่เป็นสารเคลือบผิวทางการค้าและสารเคลือบผิวที่เตรียมในห้องปฏิบัติการ เปรียบเทียบกับผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บทที่ 2
การตรวจเอกสาร

ส้มเป็นไม้พุ่มหรือไม้ต้นขนาดเล็กในสกุล Citrus วงศ์ Rutaceae มีอยู่นับร้อยชนิด มีการเจริญเติบโตกระจายอยู่ทั่วโลก โดยมากจะมีน้ำมันหอมระเหยอยู่ในใบ ดอก และผล และมีกลิ่นฉุน ส้มหลายชนิดบริโภคได้ ผลมีรสเปรี้ยวหรือหวาน เป็นแหล่งของแร่ธาตุและวิตามินบางชนิด เช่น มีแคลเซียม โพแทสเซียม และวิตามินซี มากเป็นพิเศษ (วิกิพีเดีย, 2549) ส้มเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของโลก เป็นที่นิยมบริโภคของผู้คนทั่วไป เนื่องจากราคาไม่แพงนัก และมีจำหน่ายอยู่ทั่วไปในท้องตลาด สามารถหาซื้อมาบริโภคได้ง่าย อีกทั้งเป็นผลไม้ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง จึงมีการนำส้มมาใช้เป็นอาหารประจำวันทั้งในรูปการบริโภคผลสดและแปรรูปเป็นน้ำส้มคั้น ดังนั้นพืชตระกูลส้มจึงมีความสำคัญ และมีการปลูกกันอย่างแพร่หลายทุกภูมิภาคของโลก ซึ่งสามารถแบ่งพืชตระกูลส้มออกเป็น 4 กลุ่มใหญ่ๆ โดยอ้างตาม Hodgson System ได้ดังนี้ (พายัพ, 2542)

1. กลุ่มส้มเกลี้ยงและส้มตรา (Orange group)

เป็นกลุ่มใหญ่ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจมากที่สุดในโลก มีถิ่นกำเนิดในทวีปเอเชียทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศอินเดียทางแถบทิเบตไปจนถึงจีนและพม่า แบ่งเป็น 2 พวก คือ

1.1 ส้มที่มีรสหวาน (Sweet orange: *Citrus sinensis*)

เป็นผลไม้สดในประเทศสหรัฐอเมริกา นอกจากจะใช้บริโภคผลสดแล้วยังแปรรูปเป็นน้ำส้ม ซึ่งเมื่อนำไปแช่เยือกแข็งจะสามารถเก็บรักษาได้นาน ส้มที่มีรสหวานแบ่งออกเป็น 4 ชนิด ได้แก่

1.1.1 ออเรนซ์ (orange) เป็นผลส้มเปลือกหนา มีการปลูกกันมากในแถบเมดิเตอเรเนียน ได้แก่ สเปน อิตาลี และฝรั่งเศส พันธุ์ที่ปลูกเป็นการค้า เช่น Hamlian, Berma, Pineapple และ Shamouti

1.1.2 ชนิดที่เนื้อผลมีกรดน้อย ผลส้มในกลุ่มนี้จะมีปริมาณกรดน้อย คือ ประมาณ 0.2 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้น ได้แก่ ส้ม Sukkari ในประเทศอียิปต์ และ de Nice ในประเทศฝรั่งเศส

1.1.3 ชนิดที่มีเนื้อผลสีแดงส้ม ผลส้มในกลุ่มนี้จะพบแอนโทไซยานินที่เปลือกและในน้ำคั้น เรียกว่า blood orange ได้แก่ ส้มพันธุ์ Moro, Taroco และ Sanguinelli เป็นต้น

1.1.4 นาเวล (Navel) ลักษณะของผลส้มชนิดนี้ปลายผลจะมีลักษณะเป็นแอ่งคล้ายสะดือ (navel) ที่ตรงแอ่งนี้อาจมีผลเล็กๆ เกิดขึ้นซ้อนอยู่อีก นอกจากนี้ยังไม่มีเมล็ด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.2 ส้มที่มีรสเปรี้ยวหรือรสออกขม (sour or bitter orange: *Citrus aurantium*)

ส้มกลุ่มนี้มีถิ่นกำเนิดทางแถบตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศอินเดีย จีน และพม่า ต่อมาได้แพร่กระจายไปทางตอนเหนือของประเทศญี่ปุ่น ทางตะวันตกของอินเดีย และแถบเมดิเตอเรเนียนจนถึงทวีปยุโรป ในตอนต้นคริสต์ศตวรรษที่ 16 กลุ่มส้มที่มีรสเปรี้ยวนี้จัดเป็นส้มชนิดแรกที่แพร่กระจายเข้าไปในแถบต่างๆ ของทวีปยุโรปและอเมริกา เช่น รัฐฟลอริดา

ผลส้มที่มีรสเปรี้ยวและหวานจะมีลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่คล้ายคลึงกันมากและแตกต่างกันเล็กน้อยที่ใบของผลส้มที่มีรสเปรี้ยวจะมีสีเข้มกว่า มีก้านใบยาวกว่า และมีปีกกว้างกว่า ลักษณะผลแบน และสีเข้มกว่า มีเปลือกหนากว่าผลส้มที่มีรสหวาน ลักษณะลำต้นสูงใหญ่มีใบหนามาก และทนต่อสภาพอากาศที่เย็นจัดหรือร้อนจัดได้ดีกว่าส้มพันธุ์อื่นๆ

2. กลุ่มส้มจีน ส้มเขียวหวาน (Mandarin group: *Citrus reticulata* Blanco)

ส้มเขียวหวาน มีชื่อสามัญว่า แมนดาริน หรือ ส้มจีน (mandarin) หรือ แทนเจอรีน (tangerine) อยู่ในตระกูล Rutaceae จัดเป็นผลไม้กึ่งร้อน มีถิ่นกำเนิดดั้งเดิมในประเทศจีน ปลูกในประเทศจีนและญี่ปุ่นมานาน ต่อมาได้แพร่กระจายไปยังประเทศสหรัฐอเมริกาและยุโรป จนปัจจุบันเป็นผลไม้ที่ปลูกกันทั่วไปในเขตร้อนและเขตกึ่งร้อนในประเทศแถบเอเชียและเอเชียอาคเนย์ เช่น ไทย ญี่ปุ่น และไต้หวัน เป็นต้น ลักษณะของผลส้มกลุ่มนี้ คือ เปลือกอ่อน เปลือกล่อนและแกะออกได้ง่าย กลีบส้มแยกหลุดจากกันได้ง่าย ส้มจีนและส้มเขียวหวานมีลักษณะแตกต่างกันดังนี้ คือ ส้มจีนผลโตกว่าส้มเขียวหวาน เปลือกค่อนข้างหนากว่า เปลือกขรุขระ เปลือกอ่อนเปราะแกะง่าย ไส้ผลกลวง กลีบแยกออกจากกันได้ง่าย สีผลและสีเนื้อเป็นสีส้มเข้ม ทรงต้นสูงชะลูด และใบเล็กกว่าส้มเขียวหวานเล็กน้อย นอกจากนี้ ยังมีส้มอีกหลายชนิดที่จัดอยู่ในกลุ่มนี้ เช่น ส้มจุก ส้มแก้ว ส้มแป้น ส้มขี้ม้า เป็นต้น (วัฒนา, 2528) ส้มในกลุ่มนี้มีความสำคัญทางเศรษฐกิจในเขตร้อน มีลักษณะผลใกล้เคียงกับกลุ่มออเรนซ์ บางครั้งอาจเรียก แทนเจอรีน มีผู้พยายามแยกแมนดารินและแทนเจอรีน โดยใช้ความแตกต่างระหว่างสีของเปลือก เช่น พวกที่มีเปลือกสีส้มหรือสีแดง เรียกแทนเจอรีน พวกที่มีเปลือกสีเหลืองอ่อนๆ เรียก แมนดาริน ได้แก่ พวกส้มจีน เป็นต้น

ส้มกลุ่มแมนดารินมีถิ่นกำเนิดอยู่ทางตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศอินเดีย บางพันธุ์มีถิ่นกำเนิดอยู่ทางอินโดจีน ได้แก่ ส้มคิง และส้มคูเนน โบแมนดาริน พันธุ์ที่มีถิ่นกำเนิดในประเทศญี่ปุ่น ได้แก่ พันธุ์ซัซซูม่า ส้มในกลุ่มแมนดาริน แบ่งออกเป็น 4 กลุ่มย่อย ดังนี้

2.1 ซัซซูม่า (*Citrus unshiu* Marcovitch) มีถิ่นกำเนิดในประเทศญี่ปุ่น เป็นพวกที่ทนต่อสภาพอากาศเย็นที่สุด จึงสามารถปรับตัวเจริญเติบโตได้ดีในเขตอากาศเย็น

2.2 คิงแมนดาริน (*Citrus nobilis* Loureiro) เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า "King of Siam" มีถิ่นกำเนิดในอินโดจีน พันธุ์ที่สำคัญได้แก่ พันธุ์คิง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

2.3 เมดิเตอเรเนียนแมนดาริน (*Citrus deliciosa* Tenore)

2.4 แมนดาริน (*Citrus reticulate* Blanco) ลักษณะโดยทั่วไปของส้มพวกนี้มีดอกและใบขนาดเล็ก ผลขนาดกลางถึงใหญ่ เปลือกบางและล่อน ปอกออกได้ง่าย ผลไม่ค่อยฟ่าม ได้แก่ ส้มเขียวหวาน และส้มจีนที่ปลูกในประเทศไทย สำหรับพันธุ์ในต่างประเทศที่นิยมปลูก เช่น พันธุ์คลีเมนไทน์ แดนซี่ และพองแกน เป็นต้น

3. กลุ่มส้มโอและเกรฟฟรุ๊ต (Pumelo and Grapefruit Group)

ทั้งสองชนิดนี้มีลักษณะทางพฤกษศาสตร์ที่คล้ายคลึงกัน โดยเฉพาะลำต้นและทรงพุ่ม แตกต่างกันตรงที่ส้มโอมีลำต้นใหญ่และแข็งแรง แต่เกรฟฟรุ๊ตมีทรงพุ่มเล็ก

3.1 ส้มโอ (*Citrus grandis* L. Osbeck) จัดเป็นส้มที่ผลขนาดใหญ่ที่สุดในบรรดาพืชตระกูลส้มทั้งหมด ที่มีถิ่นกำเนิดในเขตร้อน ส้มโอแบ่งออกเป็น 2 ชนิด

3.1.1 ชนิดที่มีเนื้อผลสีขาว มีทั้งชนิดหวานที่มีเปอร์เซ็นต์กรด 0.08-0.10 เปอร์เซ็นต์ และชนิดหวานอมเปรี้ยวที่มีเปอร์เซ็นต์กรด 1.02-1.93 เปอร์เซ็นต์ และมีอัตราส่วนของน้ำตาล : กรด เท่ากับ 5.6-17.4 เท่า

3.1.2 ชนิดที่มีเนื้อผลสีอื่นๆ มีลักษณะคล้ายกับส้มโอธรรมดา ยกเว้นลักษณะสีเนื้อที่เกิดจากสารสีแคโรทีนอยด์ และไลโคพีน ซึ่งทำให้เนื้อผลมีสีตั้งแต่ชมพูอ่อนถึงสีแดงเข้ม เป็นที่สะดุดตาผู้บริโภค แหล่งปลูกที่สำคัญในปัจจุบัน ได้แก่ ไทย จีน และอินโดนีเซีย โดยพันธุ์ส้มโอที่ปลูกเป็นการค้าส่วนใหญ่ที่มีต้นกำเนิดมาจากประเทศไทยแทบทั้งสิ้น ได้แก่ พันธุ์ขาวพวง ขาวแป้น พันธุ์การค้าของจีน ญี่ปุ่น และไต้หวัน ได้แก่ พันธุ์มาโท

3.2 เกรฟฟรุ๊ต (*Citrus paradist* Macfadyen) มีถิ่นกำเนิดในหมู่เกาะอินเดียตะวันตก ลักษณะผลคล้ายกับส้มโอมากแต่มีขนาดผลเล็กกว่าส้มโอ แหล่งปลูกอยู่ที่มลรัฐฟลอริดา อิสราเอล จาไมก้า คิวบา และอาเจนตินา เป็นต้น เกรฟฟรุ๊ต แบ่งได้ 2 พวก คือ

3.2.1 พวกที่มีเนื้อผลสีขาว ได้แก่ พันธุ์มีซ

3.2.2 พวกที่มีเนื้อผลสีอื่นๆ ได้แก่ พันธุ์ Star Ruby และ Rio Red เป็นต้น

4. กลุ่มมะนาว (Common acid member)

ผลส้มที่จัดอยู่ในกลุ่มนี้ ได้แก่ พวกซิตรอน เลมอน (lemon) และมะนาวหรือไลม์ (lime)

4.1 เลมอน (*Citrus limmon* L. Burn f.) มีถิ่นกำเนิดอยู่ทางตะวันออกของประเทศอินเดีย ประเทศไทย เรียกว่า มะนาวฝรั่ง ปัจจุบันเลมอนมีความสำคัญในตลาดโลกค่อนข้างมาก โดยเฉพาะประเทศสหรัฐอเมริกา ผลิตได้ประมาณครึ่งหนึ่งของผลผลิตทั้งหมด อิตาลีผลิตได้ร้อยละ 40 และสเปน ผลิตได้ร้อยละ 5

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2 ไลม์ หรือมะนาวไทย (*Citrus aurantifolia* Swing) มีถิ่นกำเนิดอยู่ทางตะวันออกเฉียงเหนือของอินเดีย พม่า และไทย ตลอดจนประเทศมาเลเซีย แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

4.2.1 ไลม์ชนิดผลเปรี้ยว มี 2 พวก คือ

4.2.1.1 ชนิดผลเล็ก ได้แก่ พันธุ์เวสอินเดียไลม์ หรือเม็กซิกันไลม์ เป็นต้น

4.2.1.2 ชนิดผลใหญ่ ได้แก่ พันธุ์ตาฮิติ หรือเปอร์เซียน เป็นต้น

4.2.2 ไลม์ชนิดหวาน (*Citrus limettioides* Tan) มีลักษณะเหมือนมะนาวทั่วๆ ไป แต่เนื้อมีรสหวาน มีกรดน้อย พันธุ์ที่นิยมปลูก ได้แก่ อินเดีย หรือปาเลสไตน์

4.3 ซิตรอน (*Citrus medica* L.) มีถิ่นกำเนิดทางอินเดียตะวันออกเฉียงเหนือ ผลมีเปลือกหนา ถุงน้ำหวานมีจำนวนน้อย รสเปรี้ยวจัด และมีเมล็ดมาก นิยมนำมาแปรรูป เช่น นำเปลือกมาแช่อิ่ม หรือทำขนม

สายพันธุ์ส้มที่นิยมปลูกในประเทศไทย

ปัจจุบันพันธุ์ส้มที่นิยมปลูกในประเทศไทยมีหลายชนิด ได้แก่

1. ส้มเกลี้ยง (Sweet Orange: *Citrus sinensis*) เป็นไม้ผลขนาดกลาง ต้นสูงประมาณ 5-7 เมตร ทรงพุ่มค่อนข้างทึบ กิ่งก้านแข็งแรง มีหนามขนาดใหญ่ จะเริ่มให้ผลผลิตภายหลังจากปลูกแล้ว 3 ปี ตั้งแต่เริ่มออกดอกจนถึงดอกบานใช้เวลาประมาณ 20 วัน และนับจากดอกบานจนถึงผลแก่ใช้เวลาประมาณ 7.5-8 เดือน

2. ส้มเขียวหวาน (Tangerine: *Citrus reticulata*) เป็นไม้ผลขนาดเล็ก ต้นสูงประมาณ 2.5-3 เมตร ทรงพุ่มมีลักษณะแน่นทึบ เริ่มให้ผลผลิตเมื่ออายุ 3 ปี และให้ผลผลิตไม่ต่ำกว่า 15 ปี ถ้ามีการดูแลรักษาอย่างดี ตั้งแต่เริ่มออกดอกจนถึงดอกบานใช้เวลาประมาณ 20-25 วัน นับจากดอกบานจนถึงผลแก่ใช้เวลาประมาณ 8 เดือน ต้นส้มเขียวหวานที่มีอายุ 10 ปี ให้ผลผลิตประมาณ 150-180 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี น้ำหนักเฉลี่ยของผลประมาณ 8 ผลต่อ 1 กิโลกรัม

3. ส้มจุก (Neck Orange: *Citrus nobilis*) เป็นไม้ผลขนาดกลาง เริ่มให้ผลผลิตหลังปลูกประมาณ 3 ปี และให้ผลต่อเนื่องไม่ต่ำกว่า 20 ปี ตั้งแต่ออกดอกจนถึงดอกบานใช้เวลาประมาณ 20 วัน นับจากดอกบานจนถึงผลแก่ใช้เวลาประมาณ 8 เดือน ต้นส้มจุกที่มีอายุ 5 ปี จะให้ผลผลิตที่มีน้ำหนักเฉลี่ยของผลประมาณ 5-6 ผลต่อ 1 กิโลกรัม

4. ส้มตราหรือส้มเช้ง (Acidless Orange: *Citrus sinensis*) เป็นไม้ผลทรงพุ่มขนาดเล็ก ต้นสูงประมาณ 2.5-3 เมตร เริ่มให้ผลผลิตเมื่ออายุ 3 ปี และให้ผลผลิตไม่ต่ำกว่า 10 ปี ตั้งแต่เริ่มออกดอกจนถึงดอกบานใช้เวลาประมาณ 1 เดือน และนับจากดอกบานจนถึงผลแก่ใช้เวลาประมาณ 8-9 เดือน ต้นส้มตราที่มีอายุ 5 ปี ให้ผลผลิตประมาณ 50 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี น้ำหนักเฉลี่ยของผลประมาณ 6-8 ผลต่อ 1 กิโลกรัม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5. ส้มโอ (Pumelo: *Citrus grandis* หรือ *Citrus maxima*) เป็นไม้ผลทรงพุ่มขนาดกลาง ต้นสูงประมาณ 3-7 เมตร เริ่มให้ผลผลิตเมื่ออายุ 4 ปี และให้ผลผลิตไม่ต่ำกว่า 15-20 ปี ระยะการเจริญของผลนับจากดอกบานจนถึงผลแก่ใช้เวลาประมาณ 8 เดือน ต้นส้มที่มีอายุ 8 ปี จะให้ผลผลิตประมาณ 80-100 ผลต่อต้น ต่อปี (วิกิพีเดีย, 2549)

ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของส้ม

1. ขนาดของผลส้ม ผลส้มที่เก็บเกี่ยวมาอาจมีขนาดแตกต่างกันได้ ปัจจัยที่ทำให้ขนาดผลแตกต่างกัน เช่น

ก. การบำรุงต้น ต้นส้มที่ได้รับการดูแลอย่างดี ได้รับน้ำและอาหารเพียงพอในระยะที่เหมาะสม ย่อมมส่งผลให้ได้ผลส้มที่มีขนาดตามมาตรฐานหรือขนาดใหญ่

ข. จำนวนผลที่ติดอยู่บนต้น ถ้าจำนวนผลส้มมาก หรือผลส้มติดผลดก จำนวนผลส้มทั้งหมดจะมีขนาดเล็กกว่าปกติและคุณภาพผลด้อยลง เนื่องจากอาหารที่ต้นส้มผลิตได้ไม่เพียงพอ ดังนั้นอาจต้องปลิดผลออกบ้างให้จำนวนผลที่เหลืออยู่พอดีที่ต้นจะสามารถเลี้ยงได้และผลส้มมีคุณภาพดี หรืออาจเลือกใช้วิธีบำรุงต้นให้มากขึ้นโดยไม่ต้องปลิดผลออก

ค. จำนวนใบ จำนวนใบและจำนวนผลมีส่วนสัมพันธ์กัน ถ้ามีใบน้อยเกินไปต้นส้มจะสร้างอาหารมาเลี้ยงผลไม่เพียงพอ ทำให้ผลมีขนาดเล็กกว่าปกติ คุณภาพของผลด้อยลง ยิ่งผลส้มมีขนาดใหญ่ยิ่งต้องการจำนวนใบมากขึ้น (วัฒนา, 2528)

2. สีของผิวและสีของเนื้อ สังเกตได้ว่าผลส้มที่วางจำหน่ายนั้นมีสีแตกต่างกัน ทั้งที่เป็นผลส้มพันธุ์เดียวกัน เช่น ผลส้มเขียวหวานที่ปลูกทางภาคเหนือ ผิวของผลส้มจะมีสีส้มจัดถึงสีแดง ส่วนผลส้มเขียวหวานที่ปลูกทางภาคกลาง ผิวผลจะมีสีเขียว เขียวอมเหลือง หรือเหลืองอ่อน การที่สีของผลและสีของเนื้อแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ แต่ที่เด่นชัด คือ ปัจจัยที่เกิดจากสภาพภูมิอากาศเป็นสำคัญ ถ้าอุณหภูมิของอากาศในเวลากลางวันกับกลางคืนแตกต่างกันมาก สีของผลส้มจะยิ่งเข้มขึ้น โดยเฉพาะในช่วงที่ผลส้มแก่ อุณหภูมิจะเป็นตัวกระตุ้นให้มีสีเข้มขึ้น เช่น ผลส้มที่ปลูกทางภาคเหนือเปลือกจะมีสีเข้มกว่าผลส้มที่ปลูกทางภาคกลาง หรือผลส้มที่แก่ในช่วงอากาศหนาวจะมีสีเข้มกว่าผลส้มที่แก่ในช่วงอากาศร้อน ทั้งที่เป็นผลส้มจากต้นเดียวกัน หรือปลูกในที่เดียวกัน (วัฒนา, 2528)

ในผลไม้ตระกูลส้ม สีของเปลือกส้มเป็นผลมาจากสารสีต่างๆ ร่วมกัน ได้แก่ คลอโรฟิลล์ แคโรทีนอยด์ และแอนโทไซยานิน โดยในช่วงระยะแรกเซลล์ของผลส้มมีปริมาณคลอโรฟิลล์มาก ต่อมาเมื่อเข้าสู่ช่วงท้ายของระยะที่ 2 ของการเจริญเติบโต คลอโรฟิลล์จะเริ่มสลายตัวไป สีของแคโรทีนอยด์จึงค่อยๆ ปรากฏให้เห็น (Davis and Albrigo, 1994)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3. **ปริมาณน้ำตาลและกรด** เมื่อผลส้มเริ่มแก่จะมีการสร้างน้ำตาลเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ขณะที่ปริมาณกรดจะลดลง (Kimbell, 1984) ปริมาณน้ำตาลในผลจะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น การบำรุงรักษาต้น ถ้าต้นสมบูรณ์แข็งแรงได้รับอาหารและน้ำในอัตราที่พอเหมาะจะมีปริมาณน้ำตาลมาก อายุผลส้มก็เช่นเดียวกัน ถ้าปล่อยให้ผลส้มอยู่บนต้นนานๆ ความหวานหรือปริมาณน้ำตาลจะเพิ่มขึ้น และปัจจัยสำคัญอีกประการหนึ่งที่มีผลต่อการสร้างน้ำตาลในผลส้ม คือ อุณหภูมิในช่วงที่ผลเริ่มจะแก่ ถ้าอุณหภูมิสูงผลส้มจะสร้างน้ำตาลได้มาก ยิ่งมีช่วงอุณหภูมิสูงติดต่อกันนาน จะทำให้ผลส้มมีน้ำตาลมากขึ้นหรือหวานขึ้น ส่วนปริมาณกรดในผลส้มจะมีมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างด้วยกัน เช่น การบำรุงรักษาต้นส้ม อายุของผลส้ม และความแตกต่างของอุณหภูมิในเวลากลางวันกับกลางคืน ถ้าอุณหภูมิแตกต่างกันมาก ปริมาณกรดในผลจะยิ่งมาก (วัฒนา, 2528) ผลส้มเขียวหวานอายุ 39 สัปดาห์ มีอัตราส่วนน้ำตาลต่อกรดเท่ากับ 8.0 ผลมีรสเปรี้ยวอมหวานเล็กน้อยผู้ชิมไม่ชอบ แต่เมื่อผลส้มมีอายุมากขึ้น อัตราส่วนดังกล่าวจะเพิ่มขึ้นทำให้ผลมีรสหวานขึ้น เปรี้ยวน้อยลง ผู้ชิมชอบมากขึ้น (มนตรี, 2527)

4. **ความหนาของเปลือก** ส้มที่ปลูกในแหล่งต่างๆ กันจะมีความหนาของเปลือกไม่เท่ากัน ทั้งที่เป็นส้มพันธุ์เดียวกัน ทั้งนี้เนื่องจากความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในแหล่งปลูกต่างๆ นั้นแตกต่างกัน ผลส้มที่ได้จากต้นที่ปลูกในบริเวณที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ ผลส้มจะปรับตัวให้มีโครงสร้างเปลือกหนาเพื่อป้องกันการคายน้ำออกจากผลส้ม ทำให้เกิดช่องว่างมากระหว่างผิวเปลือกนอกกับเนื้อใน เพื่อช่วยรักษาความชื้นไว้ ในทางตรงกันข้ามถ้าปลูกส้มในบริเวณที่มีความชื้นของอากาศสูง ผลส้มจะมีเปลือกบางเพราะมีการคายน้ำน้อย

การเก็บเกี่ยวผลส้ม

ผลส้มจัดเป็นผลไม้ชนิด non-climacteric คือ ภายหลังการเก็บเกี่ยวอัตราการหายใจจะลดลงเรื่อยๆ หรือมีอัตราการหายใจต่ำหลังการเก็บเกี่ยว และมีปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการสุกน้อยมาก ดังนั้นจึงควรให้ผลส้มสุกก่อนที่จะเก็บเกี่ยว เพื่อให้ได้คุณภาพที่ดีเหมาะสมสำหรับการบริโภค ผลส้มเขียวหวานเริ่มเก็บเกี่ยวได้เมื่อมีอายุประมาณ 9.5-10.5 เดือน หลังจากดอกบาน สีผิวเริ่มมีสีเหลือง มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ขั้นต่ำ 8.0-8.8 เปอร์เซ็นต์ (จริงแท้, 2538) ผลส้มไม่มีสตาร์ชเหมือนกับกล้วย มะม่วง หรือผลไม้ชนิดอื่นๆ ดังนั้นการเก็บเกี่ยวผลส้มก่อนที่ผลจะแก่เต็มที่จะทำให้ได้ผลส้มที่มีคุณภาพไม่ดีเท่าที่ควร รสชาติจะจืดไม่หวาน ผลส้มที่สุกจะมีปริมาณน้ำตาลเพิ่มขึ้นและมีกรดลดลง ความเข้มข้นของน้ำตาลในผลส้มจะสูงขึ้นอย่างรวดเร็วในระยะที่ผลเริ่มแก่เต็มที่ และอัตราการเพิ่มของน้ำตาลจะลดลงในระยะก่อนผลสุก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1. การเปลี่ยนสีเปลือก

ภายหลังการเก็บเกี่ยวผลไม้ตระกูลส้มส่วนใหญ่มีการเปลี่ยนสีของเปลือก โดยสีเขียวของคลอโรฟิลล์จะสลายตัวกลายเป็นสารที่ไม่มีสี และมีการสังเคราะห์สารสีเหลืองหรือสีส้มแดงขึ้นมาแทน การสลายตัวของสารสีคลอโรฟิลล์เป็นผลจากการทำงานของเอนไซม์คลอโรฟิลเลส (chlorophyllase) โดยพบว่าเมื่อใช้เอทิลีนเร่งการสลายสีเขียวของเปลือกผลส้มจะมีกิจกรรมของเอนไซม์คลอโรฟิลเลสเพิ่มขึ้นควบคู่กัน ทำให้สีเหลืองของสารสีแคโรทีนอยด์ปรากฏขึ้น ซึ่งสารนี้มีอยู่แล้วแต่ถูกสีเขียวปิดบังไว้ จึงไม่ปรากฏสีชัดออกมา พร้อมกับมีการสังเคราะห์แคโรทีนอยด์ใหม่ขึ้นด้วย (Gross, 1987) ปริมาณแคโรทีนอยด์ในเปลือกผลส้มแทนเจอรีนจะเพิ่มขึ้นเมื่อผลสุก และผลส้มซึ่งเก็บเกี่ยวขณะที่มีสีเขียวอยู่แล้วมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส จะมีปริมาณแคโรทีนอยด์ต่ำกว่าผลส้มที่ปล่อยให้สุกบนต้น อย่างไรก็ตาม ภายหลังการเปลี่ยนแปลงของสารสีแคโรทีนอยด์ระหว่างการสุกสามารถเกิดขึ้นได้กับผลส้มทั้งที่ติดอยู่บนต้นและเก็บเกี่ยวมาแล้ว (Eilati *et al.*, 1975) เอทิลีนเป็นตัวการสำคัญที่เร่งปฏิกิริยาการสลายคลอโรฟิลล์และสังเคราะห์แคโรทีนอยด์ และเอทิลีนเร่งปฏิกิริยาการสลายของคลอโรฟิลล์ได้เร็วกว่าการเปลี่ยนแปลงตามธรรมชาติ และทำให้ผลส้มมีสีผิวสม่ำเสมอ (Gross, 1987)

การขจัดสีเขียว (degreening) เป็นวิธีการที่นิยมใช้มากกับผลส้ม เนื่องจากผลส้มที่เก็บเกี่ยวเมื่อต้นฤดูผิวของผลส้มมีสีเขียว นอกจากนั้นยังมีรสชาติและส่วนประกอบทางเคมีไม่เหมาะสมต่อการบริโภค การที่ผลส้มมีเปลือกสีเขียวจะไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค เพราะผู้บริโภคคิดว่าผลส้มยังไม่สุก (Cohen, 1978) ทำให้จำเป็นต้องปรับสภาพสีผิวจากสีเขียวให้มีสีเหลืองสวยงาม การขจัดสีเขียวในผลไม้ตระกูลส้มเป็นการกำจัดคลอโรฟิลล์ออกจากเปลือก ซึ่งการขจัดสีเขียวนั้นไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพภายในของผลส้ม (Kader, 1985) การขจัดสีเขียวโดยใช้แก๊สเอทิลีนขึ้นกับสภาวะอุณหภูมิ และความชื้นที่เหมาะสม ทั้งนี้อุณหภูมิ ความชื้น และความเข้มข้นของแก๊สเอทิลีนที่จะใช้ผันแปรตามพันธุ์ และสภาพของผลไม้ขณะเก็บเกี่ยว (คนัยและนิธิยา, 2548) นอกจากนี้ยังขึ้นกับระยะความแก่ของผลส้มต่อระยะเวลาที่ใช้ในการขจัดสีเขียวด้วย (Vakis, 1975)

2. การสูญเสียน้ำ

การสูญเสียน้ำภายหลังการเก็บเกี่ยวเป็นสาเหตุสำคัญอย่างหนึ่งที่ทำให้เกิดความเสียหายต่อผลิตผลระหว่างการเก็บรักษา หากผลิตผลสูญเสียน้ำหนักเพียง 5-10 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักสด จะทำให้ผลเหี่ยว ความแน่นเนื้อลดลง และรสชาติไม่ดี (Peleg, 1985) และการคายน้ำที่มากกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ นอกจากจะทำให้ผลเหี่ยวและเสียรูปทรง ยังทำให้เปลือกผลบาง แข็ง ปอกยาก และวางจำหน่ายไม่ได้ ถึงแม้คุณภาพภายในยังเปลี่ยนแปลงไม่มากนักก็ตาม (Wardowski *et al.*, 1986) สำหรับผลไม้ตระกูลส้มการสูญเสียน้ำเป็นสาเหตุสำคัญของการเสื่อมคุณภาพภายหลังการเก็บเกี่ยว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลส้มที่สูญเสียน้ำหนัก 5 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้ผลเหี่ยวและไม่สามารถวางจำหน่ายได้ (Grierson and Wardowski, 1978) ผลส้มเขียวหวานที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28±2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 1 สัปดาห์ สูญเสียน้ำหนักประมาณ 8-10 เปอร์เซ็นต์ และปรากฏอาการเหี่ยวให้เห็นชัด (Sornsrivichai *et al.*, 1992) การสูญเสียน้ำของผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยวขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ปัจจัยที่เกี่ยวกับสภาวะแวดล้อม เช่น ความชื้นของอากาศ การเคลื่อนที่ของอากาศ ความดันบรรยากาศ และอุณหภูมิ (ดนัย, 2534) และปัจจัยภายในของผลิตผลเอง เช่น ลักษณะโครงสร้างของพืช สารเคลือบผิว รูปร่าง โครงสร้างผิวเปลือก และขนาดของผล (สายชล, 2528) สำหรับผลส้มเขียวหวานการสูญเสียน้ำหนักมีความสัมพันธ์โดยตรงกับอัตราส่วนของพื้นที่ผิวต่อปริมาตร นั่นคือการสูญเสียน้ำเกิดขึ้นกับผลส้มที่มีขนาดเล็กมากกว่าผลส้มที่มีขนาดใหญ่ นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับความหนาของเปลือก โดยผลส้มที่มีเปลือกหนาจะสูญเสียน้ำมากกว่าผลส้มที่มีเปลือกบาง เนื่องจากผลที่มีเปลือกหนาจะมีจำนวนปากใบ (stomata) มากกว่า ขณะเดียวกันผลส้มที่มีเปลือกบางมีชั้นของ flavedo ที่หนากว่า ทำให้มีประสิทธิภาพในการป้องกันการสูญเสียน้ำได้ดี (Ketsa, 1990)

3. อัตราการหายใจ

อัตราการหายใจเป็นการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา ซึ่งเป็นผลของกระบวนการเมแทบอลิซึมภายในเซลล์ ขณะที่มีการเจริญเติบโตภายในเซลล์ของผลไม้ต้องใช้พลังงานสูง ทำให้มีอัตราการหายใจสูง เมื่ออัตราการเจริญเติบโตลดลงอัตราการหายใจจะค่อยๆ ลดลง และจะเพิ่มสูงขึ้นอีกครั้งหนึ่งเมื่อผลไม้เริ่มสุก การหายใจของผลิตผลภายหลังการเก็บเกี่ยวเป็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงสารอาหารให้เป็นพลังงาน คือ คาร์โบไฮเดรตในรูปของน้ำตาลกลูโคสให้ไปอยู่ในรูปของพลังงานเคมี คือ adenosine triphosphate (ATP) เพื่อนำไปใช้ในกิจกรรมต่างๆ ทำให้เซลล์สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ ดังนั้นอายุการเก็บรักษา รวมทั้งคุณภาพของผลิตผลภายหลังการเก็บเกี่ยวจึงขึ้นอยู่กับอัตราการหายใจ (จริงแท้, 2538; ดนัย, 2540) การหายใจของผลไม้มี 2 แบบ ได้แก่

1. การหายใจแบบใช้ออกซิเจน (aerobic respiration) เป็นการหายใจที่ต้องอาศัยแก๊สออกซิเจนในการออกซิไดซ์น้ำตาลให้เป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และพลังงาน ดังสมการ

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + \text{พลังงาน}$$

2. การหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic respiration) เป็นการหายใจที่ไม่ใช้แก๊สออกซิเจนหรือใช้เพียงเล็กน้อย โดยกรดไพรูวิก (pyruvic acid) ที่ได้จากกระบวนการไกลโคไลซิส (glycolysis) จะไม่ผ่านเข้าสู่กระบวนการ Krebs cycle แต่จะถูกรีดิวซ์ไปเป็นกรดแลกติก เช่น ในเซลล์กล้ามเนื้อ หรือเป็นอะซิตัลดีไฮด์และเอทิลแอลกอฮอล์ เรียกว่า กระบวนการหมัก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(fermentation) การหายใจแบบนี้เกิดได้ในสภาพมีปริมาณของแก๊สออกซิเจนต่ำระหว่างเก็บรักษาผลไม้ดังสมการ

กรดไพรูวิก → อะซิตัลดีไฮด์ → เอทิลแอลกอฮอล์

ส้มเป็นผลไม้ประเภท non-climacteric ที่มีอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนต่ำ (Vines *et al.*, 1963) ดังนั้นการเสื่อมคุณภาพเนื่องจากการหายใจ (Phan *et al.*, 1975) และการผลิตเอทิลีนจึงเกิดขึ้นน้อย (Leshem *et al.*, 1986)

การใช้สารเคลือบผิวผลไม้ภายหลังการเก็บเกี่ยว

ผลไม้ส่วนใหญ่มีสารธรรมชาติประเภทไข (wax หรือ cutin) เคลือบอยู่บริเวณผิวด้านนอก เรียกว่า คิวติเคิล (cuticle) หรือมีนวลของผลไม้ปกคลุมเซลล์ผิวชั้นของคิวติเคิล สารเคลือบผิวนี้มีบทบาทสำคัญในการป้องกันการสูญเสียน้ำ และการแลกเปลี่ยนแก๊สที่บริเวณผิว ภายหลังการเก็บเกี่ยว ชั้นคิวติเคิลหรือนวลที่เคลือบผิวนี้อาจจะหลุดหายไปในขั้นตอนการเก็บเกี่ยว การขนย้าย หรือการทำความสะอาด ทำให้เกิดความเสียหายแก่ผลไม้ มีการสูญเสียน้ำมากขึ้น ส่งผลให้ความทนทานและความสวยงามของผิวผลไม้เสื่อมคุณภาพเร็วกว่าปกติ (ดนัย, 2540)

คิวติเคิลที่เคลือบอยู่ที่ผิวด้านนอกของผลไม้ส่วนใหญ่เป็นชั้นบางๆ ซึ่งมีองค์ประกอบที่แตกต่างกัน ซ้อนกันเป็นชั้นๆ จำแนกได้ 3 ชั้น คือ ชั้นนอกสุด เรียกว่า epicuticular wax ประกอบด้วยแวกซ์ที่มีรูปร่างและการเรียงตัวหลายรูปแบบ ชั้นกลางประกอบด้วย cutin, suberin และ wax และชั้นในสุดซึ่งติดอยู่กับเซลล์ epidermis หรือ periderm ประกอบด้วย cutin, suberin และน้ำตาลที่เป็นองค์ประกอบของพอลิแซกคาไรด์ โปรตีน และ wax (Goodwin and Mercer, 1983) ทั้ง wax, cutin และ suberin มีองค์ประกอบทางเคมีเป็นเอสเทอร์ของกรดไขมันและแอลกอฮอล์ สามารถป้องกันการซึมผ่านของน้ำและจำกัดการแลกเปลี่ยนแก๊สได้ ขึ้นกับชนิดและสูตรโครงสร้างของกรดไขมันและแอลกอฮอล์ที่แตกต่างกัน จึงส่งผลให้มีคุณสมบัติทางเคมีบางอย่างแตกต่างกัน เช่น cutin และ suberin ไม่หลอมเหลวเมื่อได้รับความร้อน และไม่ละลายในตัวทำละลายไขมัน แต่แวกซ์หลอมเหลวและละลายได้ในตัวทำละลายไขมัน (Pandy, 1982) จึงสามารถแยกแวกซ์ออกจากผิวพืชและเตรียมเป็นสารเคลือบผิวผลไม้ได้ ทั้งนี้ขึ้นกับชนิด พันธุ์ และอายุของผลไม้ด้วย (Kays, 1991)

แวกซ์ที่เคลือบผิวผลไม้แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ hard wax และ soft wax ถ้าชั้นของคิวติเคิลประกอบด้วย soft wax มาก การสูญเสียน้ำจะเกิดขึ้นน้อย (สายชล, 2528) สำหรับผลไม้ตระกูลส้มในระยะผลอ่อนแวกซ์ที่สร้างส่วนใหญ่เป็น soft wax แต่เมื่อผลแก่จะสร้าง hard wax เป็นปริมาณมากขึ้น (Ben-Yehoshua, 1987) ทั้ง soft wax และ hard wax มีองค์ประกอบทางเคมีเป็น hydrocarbons long-chain alcohol และ aldehyde แต่มีคุณสมบัติทางเคมีบางอย่างแตกต่างกัน คือ soft wax ไม่ละลายในกรดโอเลอิก ในขณะที่ hard wax ละลายได้ในกรดโอลีโนอิก (Ben-

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Yehoshua, 1987) ซึ่งมีรายงานว่าการสูญเสียน้ำหนักของผลส้มพันธุ์ Valencia เกิดขึ้นน้อยถ้ามี soft wax อยู่มาก (Albrigo, 1972) ในการปฏิบัติภายหลังการเก็บเกี่ยวของผลไม้ เช่น การล้างทำความสะอาด การขนส่ง ทำให้แวกซ์ที่มีอยู่ตามธรรมชาติหลุดออกได้ง่าย เป็นผลให้มีการสูญเสียน้ำออกทางคิวติเคิลมากขึ้น ดังนั้นการเคลือบผิวผลไม้ด้วยสารเคลือบผิวจึงเป็นการทดแทนแวกซ์ธรรมชาติที่หลุดออกไปและปิดรอยเปิดตามธรรมชาติ รวมทั้งรอยแผลที่เกิดขึ้นหลังการเก็บเกี่ยว ทำให้ลดการสูญเสียน้ำได้ เป็นที่ทราบดีว่าการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวทำให้ผลไม้มีอัตราการคายน้ำและการหายใจสูง จึงได้มีการผลิตสารเคลือบผิวขึ้นมาใช้เคลือบผิวผลไม้ทดแทนไขตามธรรมชาติที่หลุดไป โดยเฉพาะสารเคลือบผิวชนิดที่บริโภคได้ เนื่องจากค่านิยมของผู้บริโภคในปัจจุบันนิยมความเป็นอยู่ที่ใกล้ชิดกับธรรมชาติ และตระหนักถึงสารพิษที่เป็นอันตรายทั้งกับสภาพแวดล้อมและสุขภาพของผู้บริโภค (จริงแท้, 2538)

สารเคลือบผิวที่ใช้กับผลส้มในปัจจุบันนี้มีหลายชนิด แต่ละชนิดมีส่วนผสมแตกต่างกันและมีหลายบริษัทที่ผลิตจำหน่าย สารเคลือบผิวแต่ชนิดมีสัดส่วนของแวกซ์กับตัวทำละลายที่ใช้เป็นส่วนผสมยังคงเป็นความลับทางการค้า โดยทั่วไปแล้วการเตรียมสารเคลือบผิวจะต้องใช้ emulsifier ช่วยให้แวกซ์เจือจางผสมรวมอยู่ในน้ำในรูปของสารแขวนลอยซึ่งเรียกว่า อิมัลชัน (emulsion) (Bennett, 1975a and b) แวกซ์ที่ใช้เตรียมอาจได้จากแหล่งต่างๆ ดังนี้ (Hampel and Hawley, 1973)

1. แวกซ์จากพืช (vegetable wax) สกัดแยกได้จากผิวพืช มีหลายชนิด แต่ที่นิยมใช้เป็นส่วนผสมของสารเคลือบผิวผลไม้ คือ

1.1 คาร์นูบาแวกซ์ (carnauba wax) เป็นแวกซ์ที่สกัดแยกได้จากผิวของ Brazilian palm (*Copernicia cerifera*) เป็นแวกซ์ที่มีคุณภาพดีที่สุด มีความแข็งมากที่สุด เป็นมันวาวมากที่สุด มีกลิ่นหอม และมีจุดหลอมเหลวสูงที่สุด คือ 84-96 องศาเซลเซียส

1.2 แคนเดลิลลาแวกซ์ (candelilla wax) เป็นแวกซ์ที่สกัดแยกได้จากต้นของวัชพืช *Pedilianthus pavonis* มีความแข็ง เปราะ และเป็นมันวาวรองจากคาร์นูบาแวกซ์ และมีกลิ่นหอม เมื่อรวมตัวกับกรดโอเลอิก จะเกิดผลึกน้อยลง และมีความอ่อนนุ่มเพิ่มขึ้น

2. แวกซ์จากสัตว์ (animal wax) มีความแตกต่างกันหลายชนิด แต่ที่นิยมใช้เป็นส่วนผสมของสารเคลือบผิวผลไม้ คือ

2.1 เชลแลก (shellac) ได้จากมูลครั่ง มีความเป็นมันเงาสูง มีจุดหลอมเหลวสูงที่อุณหภูมิ 72-80 องศาเซลเซียส

2.2 spermaceti ได้จากไขปลาวาฬ

2.3 wool wax ได้จากขนแกะ

2.4 bee wax ได้จากผึ้ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3. แวกซ์จากการกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม (petroleum wax) เป็นผลพลอยได้จากการกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม มีแตกต่างกัน 4 ชนิด แต่ชนิดที่สามารถนำมาใช้เพื่อเป็นส่วนผสมของสารเคลือบผิวได้ คือ

3.1 paraffin wax มีลักษณะเป็นของแข็ง สีขาว อ่อนนุ่ม ลื่น ไม่มีกลิ่น เมื่อผสมกับตัวทำละลายจะมีลักษณะเหนียว

3.2 microcrytalline wax เป็นผลึกขนาดเล็ก เหนียว และอ่อนนุ่ม มีน้ำหนักโมเลกุลสูง มี tensile strength และจุดหลอมเหลวสูงกว่า paraffin wax มีความเป็นมันวาวน้อย ลื่นมือ สามารถรวมกับ vegetable wax และ resin ได้ ซึ่งมีผลให้จุดหลอมเหลวและความแข็งเพิ่มขึ้น

4. แวกซ์จาก fossil (mineral wax) เช่น montan wax แต่ไม่นิยมใช้เป็นส่วนผสมของสารเคลือบผิวเนื่องจากมีสีเข้ม

5. แวกซ์จากการสังเคราะห์โดยกระบวนการทางเคมี (chemical synthetic wax) เช่น polyethylene wax, polyoxyethylene glycol (carbowax), chlorinated naphthalene (Halowax), polyoxyethylene, sorbitol, polyethylene glycols และ ethylene glycol monosterate เป็นต้น

แวกซ์ที่ใช้เป็นส่วนผสมของสารเคลือบผิว นอกจากจะต้องมีคุณสมบัติในการป้องกันการสูญเสียน้ำได้ดี และมีคุณสมบัติอื่นๆ ที่เหมาะสมกับผลส้มหลังการเก็บเกี่ยวแล้ว ยังต้องมีความปลอดภัยต่อการบริโภคสูงด้วย คาร์นูบาแวกซ์และเชลแลกเป็นแวกซ์ที่สกัดแยกได้จากผิวพืชและมูลครั่ง จึงเชื่อว่ามีความปลอดภัยสูง และมีคุณสมบัติที่เหมาะสม เพราะสารเคลือบผิวที่ผลิตจำหน่ายทางการค้าส่วนใหญ่มักจะเตรียมจากแวกซ์ทั้ง 2 ชนิดนี้ ซึ่งอาจเตรียมโดยใช้แวกซ์ชนิดใดชนิดหนึ่งเป็นส่วนผสมหลักเพียงชนิดเดียว หรืออาจผสมเข้าด้วยกัน หรืออาจผสมกับแวกซ์ชนิดอื่น เช่น ผสมแวกซ์กับเรซิน (resin) (Hagenmaier and Shaw, 1992) แคนเดลิลลา และพาราฟฟิน เป็นต้น (Bennett, 1975a) ทั้งนี้เพื่อลดต้นทุนการผลิตให้ต่ำลง เนื่องจากคาร์นูบาแวกซ์มีราคาแพงมากที่สุด รองลงมาคือเชลแลกและแคนเดลิลลา ส่วนพาราฟฟินมีราคาถูกที่สุด

ผลของการใช้สารเคลือบผิวต่อการเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวของผลไม้

1. ผลของการใช้สารเคลือบผิวต่อการสูญเสียน้ำหนักของผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว

ขั้นตอนในการปฏิบัติภายหลังการเก็บเกี่ยวผลไม้ เช่น การล้างทำความสะอาด การขนส่ง จะทำให้แวกซ์ที่เคลือบอยู่ตามธรรมชาติหลุดออกไป ส่งผลให้ผลไม้สูญเสียน้ำออกทางคิวติเคิลมากขึ้น ดังนั้นการเคลือบผิวผลไม้ด้วยสารเคลือบผิวจึงเป็นการทดแทนแวกซ์ตามธรรมชาติที่หลุดไปและปิดรอยเปิดตามธรรมชาติ รวมทั้งรอยแผลที่เกิดขึ้นภายหลังการเก็บเกี่ยว จะช่วยลดการสูญเสียน้ำได้ เป็นที่ทราบกันดีแล้วว่าการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวทำให้ผลไม้มีอัตราการคายน้ำและอัตรา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การหายใจสูงขึ้น ซึ่ง Irving and Ludi (1969) ได้รายงานว่า ผลส้มที่ถูกล้างด้วยน้ำยาซักฟอก (detergent) จะมีอัตราการคายน้ำและอัตราการหายใจสูงกว่าผลที่ไม่ได้ล้าง การคายน้ำ (transpiration) เป็นการสูญเสียน้ำออกจากเนื้อเยื่อที่มีชีวิตโดยการระเหย (evaporation) (Wills *et al.*, 1981) การคายน้ำของผลิตผลสดพืชสวนหลังการเก็บเกี่ยวขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ปัจจัยที่เกี่ยวกับสภาวะแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และลม เป็นต้น และปัจจัยที่เกี่ยวกับผลิตผลเอง เช่น รูปทรง โครงสร้างผิวเปลือก และขนาดของผล (สายชล, 2528) การคายน้ำและการแลกเปลี่ยนแก๊สของพืชเกิดขึ้นได้น้อย (Levitt, 1974) เพราะเซลล์ชั้น epidermis ซึ่งอยู่ใต้คิวติเคิลเรียงตัวกันแน่น มีช่องว่างระหว่างเซลล์น้อย (Pandy, 1982) stomata ของผลไม้ในระยะที่ผลแก่เต็มที่จะปิด (Kays, 1991) การสูญเสียน้ำของผลไม้หลังการเก็บเกี่ยวจึงเกิดขึ้นทางคิวติเคิลเป็นส่วนใหญ่ แวกซ์ซึ่งอยู่ชั้นบนสุดของคิวติเคิลสามารถลดการคายน้ำได้ แต่จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมี และการเรียงซ้อนกันของแวกซ์ โดยแวกซ์ที่เรียงซ้อนกันไม่สนิท อาจเป็นช่องทางที่น้ำระเหยผ่านออกมาได้ (Ben-Yehoshua, 1987) และผลิตผลเมื่อได้รับการปฏิบัติตามขั้นตอนต่างๆ หลังการเก็บเกี่ยว จะมีแวกซ์เหลือติดอยู่กับผิวน้อยมากหรือไม่มีเลย การคายน้ำออกทางคิวติเคิลจะมีมากยิ่งขึ้น ดังนั้น การเคลือบผิวผลไม้ด้วยสารเคลือบผิว จึงช่วยทดแทนแวกซ์ตามธรรมชาติส่วนที่หลุดออกไป และปิดรอยเปิดตามธรรมชาติรวมทั้งรอยแผลที่เกิดขึ้นหลังการเก็บเกี่ยว ทำให้ลดการคายน้ำและจำกัดการแลกเปลี่ยนแก๊สได้ ซึ่งอาจจะได้ผลดีมากกว่าผลไม้ที่มีแวกซ์ติดอยู่อย่างสมบูรณ์ตามธรรมชาติ (จริงแท้, 2538) ดังเช่นการใช้สารเคลือบผิว Citrus shine ความเข้มข้น 60 และ 80 เปอร์เซ็นต์ เคลือบผิวผลส้มตรา และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 วัน พบว่า น้ำหนักสดของผลส้มลดลง 11.7 และ 11.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่น้ำหนักสดของผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวลดลง 17.9 เปอร์เซ็นต์ (สุภาพ, 2531)

2. ผลของการใช้สารเคลือบผิวต่อการแลกเปลี่ยนแก๊สของผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว

Ben-Yehoshua *et al.* (1985) รายงานว่า การเคลือบผิวผลส้มพันธุ์ Valencia สามารถจำกัดการผ่านเข้าออกของแก๊สออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ และเอทิลีนได้ 140, 250 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และลดการสูญเสียน้ำได้ 25 เปอร์เซ็นต์ โดยสารเคลือบผิวนั้นปิด stomata และรอยแตกตามธรรมชาติที่ผิวผลส้ม ทำให้จำกัดการซึมผ่านของแก๊สต่างๆ ได้ แต่ไม่มีผลต่อการระเหยของไอน้ำมากนัก และการเคลือบผิวผลเกรฟฟรุ๊ตพันธุ์ Marsh และผลส้มพันธุ์ Valencia ทำให้ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลเพิ่มสูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับผลที่ไม่ได้เคลือบผิว ซึ่งเป็นผลมาจากสารเคลือบผิวจำกัดการซึมผ่านของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ โดยสารเคลือบผิวไปปิดรูเปิดตามธรรมชาติในชั้น epidermis นั่นเอง (Hagenmaier and Baker, 1993) เช่นเดียวกันกับการเคลือบผิวผลส้มพันธุ์ Shamouti และพันธุ์ Valencia พบว่า ในระหว่างการเก็บรักษาผลส้มมีปริมาณ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลสูงขึ้น และมีอัตราการหายใจลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิว (Ben-Yehoshua, 1969) นอกจากนี้ การเคลือบผิวยังมีผลทำให้พืชสังเคราะห์เอทิลีนลดลงด้วย โดยการเคลือบผิวสามารถจำกัดการแลกเปลี่ยนทำให้ภายในผลมีปริมาณแก๊สออกซิเจนต่ำและคาร์บอนไดออกไซด์สูง ส่งผลให้กระบวนการสังเคราะห์เอทิลีนหยุดชะงักในสภาพบรรยากาศที่ขาดออกซิเจน เพราะออกซิเจนมีความจำเป็นในขั้นตอนการเปลี่ยน 1-aminocyclopropane 1-carbocylic acid (ACC) ให้เป็นเอทิลีน (ดนัย, 2540) และความสามารถของสารเคลือบผิวในการป้องกันการสูญเสียน้ำ จะช่วยลดการสร้างแก๊สเอทิลีนอันเนื่องมาจากความเครียดที่เกิดขึ้นจากการสูญเสียน้ำ (Wood, 1990; Paul, 1992)

การเลือกใช้ชนิดและความเข้มข้นของสารเคลือบผิวที่เหมาะสมกับผลไม้แต่ละชนิดเป็นสิ่งสำคัญ กล่าวคือการเคลือบผิวผลไม้ด้วยสารเคลือบผิวที่มีความเข้มข้นต่ำ หรือเคลือบผิวบางเกินไปจะช่วยลดการคายน้ำและจำกัดการแลกเปลี่ยนแก๊สได้น้อย แต่ถ้าใช้ความเข้มข้นสูงหรือเคลือบหนาเกินไป นอกจากจะสิ้นเปลืองสารแล้วยังจำกัดการแลกเปลี่ยนแก๊สมากเกินไป อาจจะทำให้เนื้อเยื่อพืชขาดแก๊สออกซิเจน ส่งผลให้เกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน และเกิดกลิ่นและรสชาติผิดปกติขึ้นกับผลิตผลได้ (Arthey, 1975) นอกจากนี้อาจจะมีการสะสมแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการหายใจมากถึงขั้นที่เป็นอันตรายกับเนื้อเยื่อของพืชได้ เพราะแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ความเข้มข้นสูงสามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ succinic acid dehydrogenase ทำให้เกิดการสะสมกรดซักซินิก (succinic acid) อยู่มากและอาจเป็นพิษต่อเนื้อเยื่อได้ (Weichman, 1986) นอกจากนี้อาจจะทำให้ปฏิกิริยาเคมีของการหายใจในวัฏจักรเครบส์เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม (Voet and Voet, 1990) การเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวที่มีความสามารถในการจำกัดการแลกเปลี่ยนแก๊สในระดับที่เหมาะสม ทำให้ปริมาณแก๊สออกซิเจนต่ำและคาร์บอนไดออกไซด์สูง สามารถยับยั้งการสังเคราะห์และการทำงานของแก๊สเอทิลีนได้ เพราะออกซิเจนมีความจำเป็นต่อการทำงานของเอนไซม์ 1-amino-cyclopropane 1-carboxylic acid synthase ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยน ACC ไปเป็นเอทิลีน และจำเป็นต่อการรวมตัวของเอทิลีนกับตัวรับ (receptor) ตรงตำแหน่งที่มีอะตอมของโลหะบางชนิดเพื่อการทำงานของเอทิลีน (Leshem *et al.*, 1986)

3. การเลือกใช้สารเคลือบผิวให้เหมาะสมกับชนิดของผลไม้ เพื่อชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยว

การใช้สารเคลือบผิวควรเลือกให้เหมาะสมกับชนิดของผลไม้ เพราะมีผลต่อคุณภาพภายในของผลไม้ เช่น สารเคลือบผิว Semperfresh มีคุณสมบัติในการป้องกันการสูญเสียน้ำและจำกัดการแลกเปลี่ยนแก๊สได้ดี แต่แห้งช้า มีส่วนผสมประกอบด้วย sucrose ester ของกรดไขมัน สามารถใช้เคลือบผิวทุเรียนและชะลอการเสื่อมคุณภาพได้ (สิริพันธ์, 2531) แต่ใช้ไม่ได้กับผลส้มเขียวหวาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เพราะผิวส้มเป็นมัน การเคลือบด้วย Semperfresh จะติดได้น้อยไม่สม่ำเสมอ (สุภาวดี, 2531) Davis and Hofman (1973) รายงานว่า ผลส้มที่เคลือบผิวด้วยแวกซ์ทางการค้าสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าผลส้มที่เคลือบผิวด้วย water wax หรือ polyethylene ในขณะที่ผลส้มที่เคลือบผิวด้วย water wax และแวกซ์ทางการค้า เกิดกลิ่นผิดปกติและมีเอทานอลเพิ่มขึ้น แต่ไม่พบในผลส้มที่เคลือบผิวด้วยพอลีเอทิลีน

คุณสมบัติของสารเคลือบผิวที่เหมาะสมสำหรับผลไม้ตระกูลส้มควรมีความมันวาว ลดการสูญเสียน้ำเพื่อชะลอการเหี่ยวของผล และยอมให้แก๊สออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ซึมผ่านได้อย่างเหมาะสม เพื่อป้องกันการเกิดกลิ่นผิดปกติ (Hagenmaier and Baker, 1995) แต่สารเคลือบผิวส่วนใหญ่มีคุณสมบัติดังกล่าวไม่ครบถ้วน Hagenmaier and Baker (1995) จึงแก้ปัญหาโดยการเคลือบผิวผลส้มเป็นชั้นๆ โดยอาศัยคุณสมบัติของสารเคลือบผิวแต่ละชนิด โดยพบว่าการใช้สารเคลือบผิวที่จำกัดการคายน้ำ (moisture-barrier wax) เป็นสารเคลือบผิวชั้นในช่วยลดการสูญเสียน้ำหนัก ส่วนชั้นนอกใช้สารเคลือบผิวพวกพอลีเอทิลีนหรือสารผสมระหว่างเชลแลกและเรซินเอสเทอร์ จะให้ความมันวาว และสารผสมระหว่างเชลแลกและเรซินเอสเทอร์ยังจำกัดการแลกเปลี่ยนแก๊สออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่าสารเคลือบผิวพวกพอลีเอทิลีน

นอกจากนี้ Hagenmaier and Shaw (1992) ได้แนะนำว่าสารเคลือบผิวที่เหมาะสมสำหรับผลไม้ตระกูลส้มควรจะยอมให้แก๊สออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ และเอทิลีนซึมผ่านได้มาก แต่ควรจำกัดการระเหยของไอน้ำเพื่อลดการสูญเสียน้ำของผลส้ม แต่การจำกัดการซึมผ่านของแก๊สไม่สามารถชะลอการเสื่อมคุณภาพของผลส้มได้มากนัก (Ben-Yehoshua, 1987) ในทางตรงกันข้ามอาจทำให้เกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน ส่งผลให้เกิดกลิ่นและรสชาติผิดปกติขึ้นภายในผลส้มได้ ผลการศึกษาของ Cohen *et al.* (1990) พบว่า การเคลือบผิวผลส้มพันธุ์ Murcott สามารถลดการสูญเสียน้ำหนักได้ แต่ทำให้ปริมาณเอทานอลภายในผลสูงขึ้น เป็นผลให้เกิดกลิ่นและรสชาติผิดปกติในผลส้มด้วย นอกจากนี้การเคลือบผิวผลส้มเขียวหวานด้วยคาร์นูบาแวกซ์ความเข้มข้น 0-15 เปอร์เซ็นต์ และเชลแลกความเข้มข้น 0-20 เปอร์เซ็นต์ พบว่า สารเคลือบผิวที่เตรียมจากคาร์นูบาแวกซ์สามารถลดการสูญเสียน้ำหนักได้ 60 เปอร์เซ็นต์ และไม่จำกัดการแลกเปลี่ยนแก๊ส ทำให้ปริมาณแก๊สออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลไม่แตกต่างจากผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิว ส่วนสารเคลือบผิวที่เตรียมจากเชลแลกสามารถลดการสูญเสียน้ำหนักได้ 20 เปอร์เซ็นต์ และจำกัดการแลกเปลี่ยนแก๊ส แต่การเคลือบผิวผลส้มด้วยสารเคลือบผิวทั้งสองชนิดไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพภายใน (ปรีดา, 2536)

การเปลี่ยนแปลงของสีเปลือกและการสูญเสียน้ำหนักมีผลกระทบต่อคุณภาพของผลส้มในเชิงการยอมรับของผู้บริโภค การใช้สารเคลือบผิวบางชนิดสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงของสีผิวและลดการสูญเสียน้ำหนักของผลส้มได้ โดยสารเคลือบผิวที่ใช้อยู่ในปัจจุบันส่วนใหญ่นำเข้ามาจาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ต่างประเทศ และผลิตขึ้นเพื่อใช้กับผลไม้ชนิดใดชนิดหนึ่งโดยเฉพาะ ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาเพื่อให้แน่ใจว่าสามารถนำมาใช้ได้ดีกับผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้ง ซึ่งปลูกกันมากในเขตภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย โดยไม่ก่อให้เกิดผลเสียต่อคุณภาพของผลส้ม

ไคโตซาน (chitosan)

ไคโตซาน เป็นอนุพันธ์ของไคติน (chitin) ซึ่งเป็นพอลิเมอร์ชีวภาพในกลุ่มคาร์โบไฮเดรตที่มีมากเป็นอันดับสองรองจากเซลลูโลส (cellulose) ไคตินมีสูตรโครงสร้างคล้ายคลึงกับเซลลูโลส ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของผนังเซลล์ของพืช แต่ไคตินเป็นพอลิเมอร์ในสัตว์ (Austin *et al.*, 1981) แหล่งที่พบไคตินได้มาก คือ ในสัตว์ที่มีข้อปล้อง (arthopoda) เช่น กุ้ง ปู แมลงทุกชนิด หอยเปลือกแข็ง หอยมุก ปลาหมึก ไคตินช่วยให้เปลือกสัตว์เหล่านี้แข็งแกร่ง และยังพบในสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ทั้งพืชและจุลินทรีย์ นอกจากนี้ยังพบไคตินเคลือบอยู่ที่ระบบย่อยอาหาร ระบบขับถ่ายของสัตว์ หรือตามผนังเซลล์ของเห็ด รา ยีสต์ และแบคทีเรีย โดยจะรวมอยู่ในสารพวกพอลีแซกคาไรด์ (มยุรา, 2539) ส่วนไคโตซานเป็นพอลิเมอร์ของหน่วยย่อยกลูโคซามีน (glucosamine) ที่ได้จากกระบวนการแยกหมู่อะซิทิล (acetyl group) ออกโดยกระบวนการ deacetylation ด้วยด่าง ทำให้เหลือหมู่เอมีนในโครงสร้างของไคตินได้เป็น D-glucosamine polymer ซึ่งเป็นอนุพันธ์ของน้ำตาลกลูโคส (amino sugar)

ไคติน มีชื่อทางเคมีว่า poly-β-(1→4)-2-deoxy-D-glucosamine เป็นสารอินทรีย์โมเลกุลยาวที่มีโครงสร้างคล้ายเซลลูโลส แตกต่างกันที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 2 ของไคตินเป็น NH_2-CO-CH_3 แทนที่จะเป็นหมู่ -OH ซึ่งพบในเซลลูโลส เมื่อพิจารณาสูตรโครงสร้างของไคตินจะพบว่าไคตินเป็นสารโมเลกุลยาวที่ไม่มีประจุ (non-electrolytic polymer) ส่งผลให้ไคตินละลายได้ยากในสารละลายทั่วไป ดังนั้นการใช้ประโยชน์จากไคตินจึงไม่แพร่หลาย แต่สามารถดัดแปลงไคตินโดยวิธีการทางเคมีเป็นไคโตซานเพื่อเพิ่มประโยชน์ในการใช้งานให้มากยิ่งขึ้น

ไคโตซาน มีชื่อทางเคมีว่า poly-β-(1→4)-2-amino-2-deoxy-D-glucose (หรือ D-glucosamine) ผลิตได้โดยการแยกเอาหมู่อะซิทิล (acetyl group) ออกจากไคติน (deacetylation) โดยทั่วไปประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ ของหน่วยไคตินทั้งหมดจะถูกดึงหมู่อะซิทิลออก ส่วนอีกประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ ยังเป็นหมู่อะซิทิลอยู่ เมื่อพิจารณาสูตรโครงสร้างของไคโตซานจะเห็นว่าไคโตซานอาจมีประจุบวกบนหมู่ -NH_2 ได้ จึงทำให้ไคโตซานสามารถละลายได้ในสารละลายหลายชนิดที่เป็นกรด การใช้ประโยชน์จากไคโตซานจึงมีได้กว้างกว่าไคติน ไคโตซานส่วนใหญ่ละลายได้ในตัวทำละลายอินทรีย์หลายชนิดที่มีภาวะเป็นกรดเจือจาง คือ มีค่าพีเอช (pH) น้อยกว่า 6.0 (Filar and Wirick, 1978) ตัวทำละลายไคโตซานที่ดีที่สุด คือ กรดอะซิติก และกรดฟอร์มิก (Kienzle-sterzer *et al.*, 1982; ภาวดี และคณะ, ม.ป.พ.)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ประโยชน์ของไคโตซานในเชิงวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว

เนื่องจากไคโตซานมีคุณสมบัติที่สำคัญ คือ สามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มใสเหนียวและยืดหยุ่น ซึ่งสามารถใช้ห่อหุ้มอาหารเนื่องจากบริโภคได้ ทนต่อสภาพอุณหภูมิสูง และสามารถควบคุมการผ่านเข้าออกของแก๊สออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ได้ จึงมีผลต่อเมแทบอลิซึมของผลไม้ (ไพรัตน์และคณะ, 2536)

ไคโตซานมีประสิทธิภาพในการลดอัตราการเจริญของเชื้อรา โดยยับยั้งการเจริญของเชื้อราโดยตรง และกระตุ้นกระบวนการต่างๆ ในเนื้อเยื่อพืช เพื่อให้เกิดภูมิต้านทานเชื้อรา ดังนั้นจึงได้มีการนำไคโตซานมาเคลือบผิวผลิตผลทางการเกษตร ซึ่งมีประสิทธิภาพดีกว่ายาฆ่าเชื้อราบางชนิด และยังปลอดภัยกว่าด้วย เช่น มีการใช้ไคโตซานเคลือบผิวผลส้มเพื่อยืดอายุการเก็บรักษา ในประเทศเวียดนามมีการใช้สารละลายไคโตซานความเข้มข้น 1.6-1.8 เปอร์เซ็นต์ เคลือบผิวผลส้มด้วยความหนาประมาณ 30-35 ไมครอน สามารถเก็บรักษาผลส้มได้นานถึง 35-40 วัน โดยที่คุณภาพ เช่น สีของเปลือกด้านนอกไม่เปลี่ยนแปลง (Dien and Binh, 1996) Ghaouth *et al.* (1992) พบว่าสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ ที่เคลือบผิวผลสตรอเบอรี่สามารถยับยั้งการเข้าทำลายของเชื้อราเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส ได้ไม่แตกต่างจากสารยับยั้งเชื้อรา Rovral ในช่วงการเก็บรักษา 21 วันแรก แต่หลังจากนั้นไคโตซานจะยับยั้งการเข้าทำลายของเชื้อราได้ดีกว่า Rovral อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้เพราะหลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 21 วัน แล้ว Rovral จะเกิดอาการเป็นพิษต่อผลสตรอเบอรี่ ทำให้เกิดอาการช้ำน้ำ (water-soaked areas) ทำให้เกิดโรคได้มากกว่าชุดที่เคลือบผิวด้วยไคโตซาน และการที่ไคโตซานสามารถยับยั้งการเกิดโรคได้ เนื่องมาจากคุณสมบัติการเป็นสารยับยั้งการเจริญของเชื้อราโดยตรงจากไคโตซานเอง หรือการเหนี่ยวนำให้เกิดเอนไซม์ (chitinase และ β-1,3–glucanase) มาย่อยผนังเซลล์ของเชื้อราและการกระตุ้นให้เกิดการสร้างสารต่อต้านเชื้อราของผลสตรอเบอรี่ (phytoalexins) หรือทั้ง 3 สาเหตุรวมกัน นอกจากนี้ Ghaouth *et al.* (1992) ได้ศึกษาเกี่ยวกับเรื่องนี้ต่อ โดยการนำเอาผลสตรอเบอรี่ที่ปลูกเชื้อด้วยสปอร์ของ *Botrytis cinerea* และ *Rhizopus stolonifer* แล้วเคลือบผิวผลสตรอเบอรี่ด้วยสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ พบว่าการเกิดโรคจากเชื้อราทั้ง 2 ชนิดลดลง และกลไกการเกิดโรคจะสัมพันธ์กับคุณสมบัติการเป็นสารยับยั้งเชื้อรามากกว่าความสามารถในการกระตุ้นการทำงานของ chitinase, chitosanase และ β-1,3-glucanase ไคโตซานมีผลอย่างมากในการยับยั้งการงอกของสปอร์และการเจริญของเชื้อราทั้ง 2 ชนิดนี้ในอาหารเลี้ยงเชื้อ สอดคล้องกับ Du *et al.* (1992) ซึ่งศึกษาการยับยั้งการเกิดโรคจากเชื้อรา *Botrytis cinerea* ของไคโตซานที่เคลือบผิวผลแอปเปิลพันธุ์ Jonagold โดยพิจารณาจากภาพที่ได้จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (Scanning Electron Micrograph) พบว่า ไคโตซานสามารถยับยั้งการงอกของ conidia และการเจริญของ hyphaในเชื้อ *Botrytis cinerea* ได้ โดยให้เหตุผล 2 ประการ ประการแรก คือ เกิดจาก phyto-

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

alexin และเอนไซม์บางชนิดที่ถูกกระตุ้นโดยไคโตซานให้ไปยับยั้งการงอกของ conidia และประการที่สอง คือ ลักษณะผิวที่ตึง เรียบ ไม่มีรอยแตก ของผลแอปเปิลที่เคลือบผิวด้วยไคโตซาน ดังนั้นจึงเกิดการเจริญของเส้นใยเชื้อราได้ยาก

นอกจากนี้ยังมีการศึกษาการเคลือบผิวผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกด้วยไคโตซานความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ หลังแช่ผลมะม่วงในน้ำร้อนอุณหภูมิ 52 และ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 และ 10 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (29 องศาเซลเซียส) ผลการทดลองพบว่า การแช่ผลมะม่วงในน้ำร้อนอุณหภูมิ 52 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที และ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที แล้วเคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ สามารถลดการเกิดโรคแอนแทรกโนสได้ดีที่สุด (วิทวัส, 2545) นอกจากนี้มีการศึกษาประสิทธิภาพการยับยั้งการงอกสปอร์ของเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporoides* ที่ปลูกเชื้อบนผลมะม่วง แล้วจุ่มผลมะม่วงที่ปลูกเชื้อในสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 800 และ 1600 μg/ml ที่พีเอช 4.0 และ 4.5 ตามลำดับ ผลการทดลองพบว่า ที่ระดับความเข้มข้น 800 μg/ml ที่พีเอช 4.5 สามารถยับยั้งการงอกของสปอร์ได้ 100 เปอร์เซ็นต์ (ธวัชและสมศิริ, 2546) และมีการศึกษาการปลูกเชื้อ *Colletotrichum* sp. ซึ่งเป็นสาเหตุโรคแอนแทรกโนสบนผลมะละกอหลังการเก็บเกี่ยว โดยปลูกเชื้อด้วยสปอร์ของเชื้อราความเข้มข้น 10×10^5สปอร์/มิลลิลิตร แล้วเคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 0, 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับการใช้บีโนมิลความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ประสิทธิภาพในการยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อราไม่มีความแตกต่างกันระหว่างสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 1.0, 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ และบีโนมิล 0.1 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีอายุการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 วัน โดยไม่มีอาการของโรค แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับผลที่ไม่ได้รับการเคลือบผิวที่มีอายุเก็บรักษาเป็นเวลา 4 วัน (นันท์นภัสและคณะ, 2546) และผลการเคลือบผิวผลลิ้นจี่พันธุ์ Huaizhi ด้วยสารละลายไคโตซานสามารถช่วยชะลอการเกิดสีน้ำตาลที่เปลือกของผลลิ้นจี่ได้ และยังช่วยยับยั้งการเกิดโรคได้ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90 เปอร์เซ็นต์ (Zhang and Quantick, 1997) นอกจากนี้การใช้สารละลายไคโตซานความเข้มข้น 0.5, 1.0 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ เคลือบผิวผลลำไยแล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดลองพบว่า การเคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซานช่วยลดอัตราการหายใจและการสูญเสียน้ำหนักของผลลำไย

นอกจากนี้การเคลือบผิวผลลำไยด้วยไคโตซานยังมีผลชะลอการทำงานของเอนไซม์ polyphenol oxidase (PPO) ซึ่งเป็นสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงของสีผิวผล และมีผลยับยั้งการเน่าเสียของผลลำไยในระหว่างการเก็บรักษา (Jiang and Li, 2001) การใช้สารละลายไคโตซานจากเปลือกกุ้งและแกนหมึกความเข้มข้น 0, 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ เคลือบผิวส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งแล้วเก็บ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (28-35 องศาเซลเซียส) พบว่า การเคลือบผิวด้วยไคโตซานทำให้ส้มโอมีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าส้มโอที่ไม่ได้เคลือบผิว (เบญมาสและคณะ, 2546)

นอกจากนี้ยังมีการทดลองใช้สารละลายไคโตซานในการเคลือบผิวของผักหลายชนิด ได้แก่ มะเขือเทศ แตงกวา และพริกหยวก พบว่า สามารถช่วยลดอัตราการหายใจ ลดการสูญเสียน้ำจากกระบวนการคายน้ำ และลดอัตราการผลิตแก๊สเอทิลีนด้วย ซึ่งทำให้ผักผลไม้คงความกรอบ ผิวไม่เหี่ยวย่น สีผิวไม่เปลี่ยนแปลง (Ghouth *et al.*, 1991) สอดคล้องกับการทดลองของ Ghouth *et al.* (1992) ซึ่งรายงานว่าการเคลือบผิวผลมะเขือเทศด้วยสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 2.0 เปอร์เซ็นต์ แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์ สามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลมะเขือเทศได้ดีกว่ากลุ่มที่เคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มที่ไม่ได้ผ่านการเคลือบผิว นอกจากนี้ยังพบว่าการเกิดโรคจากเชื้อรา *Botrytis cinerea* ลดลง ซึ่งเชื้อราชนิดนี้เป็นเชื้อสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดโรคในผลมะเขือเทศ และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 4 สัปดาห์ เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคจะต่ำกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

การใช้สารละลายไคโตซานความเข้มข้น 1.25 เปอร์เซ็นต์ เคลือบผิวผลมะนาวที่ผ่านการทำความสะอาดด้วยน้ำผสมสารฆ่าเชื้อรา ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงสีผิวมะนาวได้อย่างมีประสิทธิภาพ ได้นาน 24 วัน ที่อุณหภูมิห้อง (28±1 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 82±5 เปอร์เซ็นต์ และที่อุณหภูมิ 11±1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85±5 เปอร์เซ็นต์ สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีผิวของมะนาวได้นานถึง 56 วัน (ไพรัตน์และคณะ 2536) นอกจากนี้ไคโตซานยังสามารถเคลือบบนผิวเครื่องเทศได้ เพื่อรักษาและป้องกันการสูญเสียกลิ่นของเครื่องเทศจากการสเตอริไรซ์ด้วยไอน้ำ (Patent Abstracts of Japan, 1998) และยังมีการใช้ไคโตซานในการเคลือบผิวไข่เพื่อรักษาความสดของไข่ให้ยาวนานยิ่งขึ้น โดยคุณภาพ เช่น ลักษณะของไข่แดง ความหนาของไข่ขาว และรสชาติไม่เปลี่ยนแปลง รวมทั้งมีผลทำให้เปลือกไข่มีความแข็งขึ้น ป้องกันการแตก ทำให้สะดวกต่อการขนส่ง (Patent Abstracts of Japan, 1998)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

อุปกรณ์และวัสดุเกษตร

1. ผลส้ม

ผลส้มที่ใช้ทดลองเป็นผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้ง (*Citrus reticulata* Blanco cv. Sai Nam Paung) เก็บเกี่ยวจากสวนส้มทรายทอง อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ เป็นผลส้มขนาดเบอร์ 4 ที่มีน้ำหนักประมาณ 90-130 กรัมต่อผล บรรจุใส่ในกล่องกระดาษ แล้วขนส่งมาที่ห้องปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยว พืชสวน ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยรถตู้ปรับอากาศ ใช้เวลาประมาณ 2-3 ชั่วโมง แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เพื่อทำการทดลองในวันรุ่งขึ้น

2. สารเคลือบผิวที่ใช้ในการวิจัย

สารเคลือบผิวที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นสารเคลือบผิวทางการค้าที่ผู้ผลิตผลส้มนิยมใช้ จำนวน 9 ชนิด และสารเคลือบผิวที่เตรียมในห้องปฏิบัติการ 3 ชนิด ดังนี้

1. CITRA SHINE	ความเข้มข้น 100%
2. SEALKOTE	ความเข้มข้น 100%
3. FOMESA	ความเข้มข้น 100%
4. ROSY PLUS	ความเข้มข้น 100%
5. CITROSOL AK	ความเข้มข้น 100%
6. SUPERSHINE-C	ความเข้มข้น 100%
7. ZIVDAR	ความเข้มข้น 100%
8. PERFECT SHINE	ความเข้มข้น 100%
9. WAX (unknown)	ความเข้มข้น 100%
10. Polyethylene (PE) microemulsion	ความเข้มข้น 25% (น้ำหนัก/ปริมาตร)
11. Chitosan	ความเข้มข้น 1.5%
12. Chitosan	ความเข้มข้น 2.0%

หมายเหตุ - สารเคลือบผิวชนิดที่ 1 ถึง 9 เป็นสารเคลือบผิวทางการค้า
- สารเคลือบผิวชนิดที่ 10 เป็นสารเคลือบผิวที่พัฒนาขึ้น
- สารเคลือบผิวชนิดที่ 11 และ 12 เป็นสารเคลือบผิวที่บริโภคได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3. อุปกรณ์

3.1 เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (digital refractometer) รุ่น PR-101 (บริษัท ATAGO, ประเทศญี่ปุ่น) อ่านค่าได้ตั้งแต่ 0-45 เปอร์เซ็นต์

3.2 เครื่องชั่งละเอียดแบบทศนิยม 2 ตำแหน่ง รุ่น EK-600H (บริษัท Sartorius) ชั่งน้ำหนักได้สูงสุด 600 กรัม และแบบทศนิยม 4 ตำแหน่ง รุ่น HR-200 (บริษัท AND, ประเทศญี่ปุ่น) ชั่งน้ำหนักได้สูงสุด 210 กรัม

3.3 เครื่องวัดความเป็นกรดเป็นด่าง (pH-meter) รุ่น CG842 (บริษัท SCHOTT, ประเทศเยอรมนี)

3.4 เครื่องไทเทรต (digital burette) รุ่น Burette Digital III (บริษัท Brand, ประเทศเยอรมนี)

3.5 เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (digital spectrophotometer) รุ่น Spectro 23 (บริษัท LaboMed, ประเทศสหรัฐอเมริกา) และเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Thermo Spectronic) รุ่น Genesys 10UV-Scanning (บริษัท CE, ประเทศสหรัฐอเมริกา)

3.6 เครื่องกวนสารเคมีด้วยแท่งแม่เหล็กและให้ความร้อน รุ่น SP 18420-26 (บริษัท Nuova II, ประเทศสหรัฐอเมริกา)

3.7 ไมโครปิเปต (Micropipette) รุ่น Nichipet EX (บริษัท NICHIRYO, ประเทศญี่ปุ่น)

3.8 กระดาษกรอง Whatman No. 1 เส้นผ่านศูนย์กลาง 110 มิลลิเมตร (บริษัท Whatman International, ประเทศอังกฤษ)

3.9 เครื่องบดกาแฟ รุ่น F203 (บริษัท KRUPS, ประเทศเม็กซิโก)

3.10 เครื่อง mixer รุ่น Vortex-Genie 2 (บริษัท Scientific Industries, ประเทศสหรัฐ-อเมริกา)

3.11 เครื่อง centrifuge รุ่น UNIVERSAL 32 R (บริษัท CE, ประเทศสหรัฐอเมริกา) หมุนเหวี่ยงด้วยความเร็วสูงสุดที่ 12,000 รอบต่อนาที

3.12 water bath รุ่น WB 10 ของบริษัท Memmert (ประเทศเยอรมนี)

3.13 เครื่องวัดสี (Chroma meter) ตัวเครื่องรุ่น CR-300 หัววัด CR-310 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มิลลิเมตร (บริษัท Minolta, ประเทศญี่ปุ่น) ซึ่งวัดสีออกมาเป็นค่า L*, a* และ b* โดยมีรายละเอียดดังนี้ คือ

L* = The lightness factor (value)

- ค่า L* เท่ากับ 100 เมื่อวัตถุมีสีขาว
- ค่า L* เท่ากับ 0 เมื่อวัตถุมีสีดำ

a*, b* = The chromaticity coordinates (hue, chroma)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ค่า a* - มีค่าบวก หมายถึง วัตถุมีสีแดง

- มีค่าลบ หมายถึง วัตถุมีสีเขียว

ค่า b* - มีค่าบวก หมายถึง วัตถุมีสีเหลือง

- มีค่าลบ หมายถึง วัตถุมีสีน้ำเงิน

ทั้ง a* และ b* หากมีค่าเป็นศูนย์ หมายถึง วัตถุมีสีเทา

ค่า chroma - มีค่าเข้าใกล้ 0 หมายถึง วัตถุมีสีซีดจาง (เทา)

- มีค่าเข้าใกล้ 60 หมายถึง วัตถุมีสีเข้ม

คำนวณหาค่า chroma ซึ่งเป็นค่าที่แสดงให้เห็นถึงความอิ่มตัวของสี (McGuire, 1992)

ค่า hue angle (H°) เป็นค่าที่แสดงสีที่แท้จริงของวัตถุ ซึ่งเป็นมุมในการตกกระทบของค่า a* ซึ่ง H° มีค่าอยู่ระหว่าง 0-360 องศา

คำนวณหาค่า hue angle จากสมการดังนี้ (McGuire, 1992)

H°	=	arctangent (b*/a*)	เมื่อ $a^* > 0$ และ $b^* > 0$
	=	arctangent (b*/a*) + 180°	เมื่อ $a^* < 0$
	=	arctangent (b*/a*) + 360°	เมื่อ $a^* > 0$ และ $b^* < 0$

ค่า H° เป็นค่าที่แสดงช่วงสีของวัตถุ คือ

0-45	องศา แสดงสีม่วงแดงถึงสีส้มแดง	180-225	องศา แสดงสีเขียวถึงสีน้ำเงินเขียว
45-90	องศา แสดงสีส้มแดงถึงสีเหลือง	225-270	องศา แสดงสีน้ำเงินเขียวถึงน้ำเงิน
90-135	องศา แสดงสีเหลืองถึงเหลืองเขียว	270-315	องศา แสดงสีน้ำเงินถึงม่วง
135-180	องศา แสดงสีเหลืองเขียวถึงเขียว	315-360	องศา แสดงสีม่วงถึงม่วงแดง

3.14 ที่คั้นน้ำผลไม้

3.15 มีด

3.16 เขียงพลาสติก

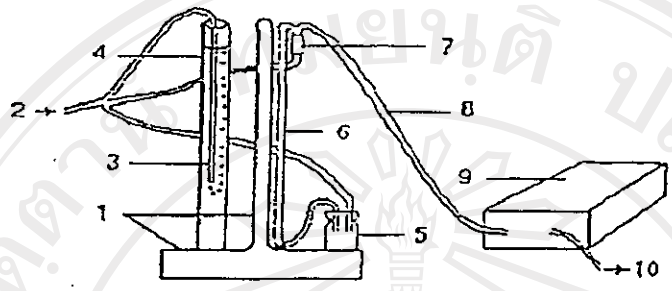
3.17 กล้องถ่ายรูป รุ่น FinePix Z3 (บริษัท FUJI PHOTO FILM Co., LTD., ประเทศญี่ปุ่น)

3.18 ชุดแผงควบคุมการไหลของอากาศ (flow board) ประกอบด้วย (ภาพที่ 1)

- แผงและฐานไม้
- ทางอากาศเข้า
- หลอดแก้วระบายอากาศ
- ขวดแก้วใหญ่บรรจุน้ำเต็ม
- หลอดแก้ว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- แคพิลลารี (capillary)
- หลอดนำแก๊ส
- ภาชนะบรรจุผลิตผล
- ทางอากาศออก



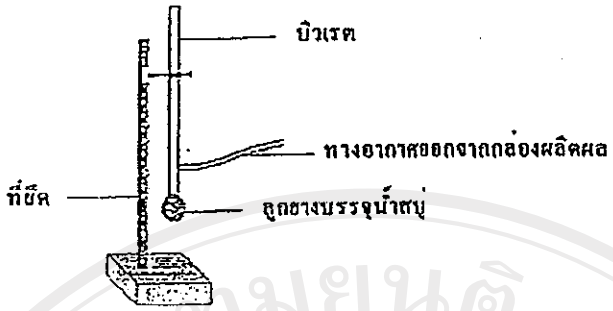
ภาพที่ 1 ชุดแผงควบคุมการไหลของอากาศ

หลักการทำงานของชุดแผงควบคุมการไหลของอากาศ คือ เมื่อให้อากาศจากเครื่องสูบลมผ่านเข้าช่องอากาศเข้า (2) อากาศจะแยกออกเป็น 3 ทาง คือ ผ่านไปเข้าสู่น้ำในหลอดแก้วระบายอากาศ (3) หรือผ่านเข้าไปในหลอดบรรจุน้ำ (5) หรือออกไปทางหลอดแคพิลลารี (7) แล้วออกสู่ภาชนะบรรจุผลิตผล (9) กรณีที่อากาศผ่านเข้ามามีแรงดันต่ำ อากาศส่วนใหญ่จะไหลไปทางหลอดแคพิลลารี เพราะไม่สามารถดันน้ำในหลอดแก้วระบายอากาศ (3) หรือในขวดแก้ว (5) ได้ แต่เมื่อเพิ่มความดันของอากาศที่ผ่านเข้ามาให้มากขึ้น อากาศจะออกทางหลอดแคพิลลารีไม่ทัน เพราะมีช่องขนาดเล็ก อากาศจะดันน้ำในหลอดแก้วระบายอากาศ (3) ให้ต่ำลง และดันน้ำในหลอดแก้ว (5) ขึ้นไปตามหลอดแก้วแสดงระดับความดัน (6) ซึ่งจะสูงเท่ากับระดับความดันของอากาศที่ผ่านเข้ามาในขณะนั้น ถ้าความดันอากาศเพิ่มขึ้นจะดันน้ำในหลอดแก้ว (3) ให้ต่ำลงจนเห็นเป็นฟองอากาศออกไปที่ด้านปลายของหลอดแก้วระบายอากาศ (3)

3.19 ชุดวัดอัตราการไหลของอากาศ (air flow meter) (ภาพที่ 2) ประกอบด้วย

- ทางอากาศเข้า
- บิวเรต (burette)
- ลูกยางบรรจุน้ำสบู่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 2 ชุดวัดอัตราการไหลของอากาศ

หลักการทำงานของเครื่อง คือ เมื่อต่อสายยางที่มีอากาศผ่านจากแคพิลลารีในชุดแผงควบคุมอัตราการไหลเข้ากับชุดวัดอัตราการไหลของอากาศแล้ว เมื่อบีบลูกยางให้น้ำสบู่ไหลขึ้นไปปิดทางออกอากาศ ขณะที่อากาศไหลออกจากหลอดแคพิลลารีเข้าสู่บิวเรต อากาศจะดันน้ำสบู่ให้เป็นฟองไหลออกไปตามบิวเรต วัดอัตราการไหลของอากาศโดยจับเวลาการเคลื่อนที่ของฟองสบู่แล้วคำนวณเป็นอัตราไหลของอากาศมีหน่วยเป็นมิลลิลิตรต่อนาที

3.20 เครื่อง gas chromatography รุ่น GC-8A (บริษัท SHIMADZU, ประเทศญี่ปุ่น) โดยมีรายละเอียดดังนี้

- Detector: Thermal conductivity detector (TCD)
- Column: CTR-1 column (2 m x 6 mm o.d.) (Alltech, Deerfield, IL) และ Parapak Type N (80-100 Mesh) (SHIMADZU)
- Carrier gas: helium, 150 ml/min
- Oven temperature: 110°C
- Injection temperature: 110°C
- Column temperature: 65°C

3.21 นาฬิกาจับเวลา รุ่น STOP WATCH (บริษัท CITIZEN TRADING CO., LTD., ประเทศญี่ปุ่น)

3.22 เครื่องแก้ว

- บีกเกอร์ (beaker)
- ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask)
- ขวดปรับปริมาตร (volumetric flask)
- กระบอกตวง (cylinder)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- บิวเรต (burette)
- ปิเปต (pipette)
- แท่งแก้วคนสารละลาย (stirrer)
- หลอดหยด (dropper)
- กรวยกรอง
- คิวเวต (cuvette)
- หลอดทดลอง
- ช้อนตักสารเคมี

4. สารเคมีและวิธีการเตรียมสารเคมี

4.1 สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้

- สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide, UNIVAR) ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล เตรียมโดยชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ 4.0 กรัม ละลายในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 1,000 มิลลิลิตร

4.2 สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์ปริมาณวิตามินซี

- สารละลายกรดออกซาลิก (Oxalic acid, UNIVAR) ความเข้มข้น 0.4 เปอร์เซ็นต์ เตรียมโดยชั่งกรดออกซาลิก 4.0 กรัม ละลายในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 1,000 มิลลิลิตร

- สารละลาย 2, 6-ไดคลอโรฟีนอล อินโดฟีนอล (2, 6-dichlorophenol indophenol, SIGMA) ความเข้มข้น 0.04 เปอร์เซ็นต์ เตรียมโดยชั่ง 2, 6-ไดคลอโรฟีนอล อินโดฟีนอล 0.4 กรัม ละลายในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 1,000 มิลลิลิตร แล้วนำมากรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No.1 เก็บไว้ในขวดสีชาที่อุณหภูมิต่ำ

- สารละลายกรดแอสคอร์บิกมาตรฐาน (Ascorbic acid, Merck) ชั่งกรดแอสคอร์บิก 0.050 กรัม ละลายในกรดออกซาลิกความเข้มข้น 0.4 เปอร์เซ็นต์ แล้วปรับปริมาตรด้วยกรดออกซาลิกให้ครบ 50 มิลลิลิตร แล้วนำไปไทเทรตกับสารละลาย 2, 6-ไดคลอโรฟีนอล อินโดฟีนอล ความเข้มข้น 0.04 เปอร์เซ็นต์ จนถึงจุดยุติ บันทึกปริมาตรสารละลาย 2, 6-ไดคลอโรฟีนอล อินโดฟีนอล ที่ใช้ไปเพื่อเป็นมาตรฐานในการคำนวณหาปริมาณวิตามินซีในน้ำส้มคั้น

4.3 สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์ปริมาณเอทานอลในน้ำคั้น

การวิเคราะห์เอทานอลใช้ชุด Kit (Diagnostic Chemicals Limited, Canada) โดยเตรียมสารเคมีต่างๆ จากชุด ดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- สารละลาย buffer-NAD-ADH-buffer เตรียมโดยเติมน้ำกลั่นปริมาตร 2.3 มิลลิลิตร ลงในขวด NAD-ADH reagent วางไว้เป็นเวลา 1 นาที แล้วเขย่าให้สารละลายผสมกันอย่างรวดเร็ว หลังจากนั้นเติม ethanol buffer ลงในสารผสมปริมาตร 23 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน เก็บใส่ในภาชนะที่มีฝาปิดแล้วเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 2-8 องศาเซลเซียส สารละลายนี้สามารถใช้ได้ภายใน 1 สัปดาห์

4.4 สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์แอลกอฮอล์ดีไฮโดรจีเนส

- สารละลาย 2-(N-morpholino) ethane-sulfonic acid (MES) buffer (MES buffer Solution, Fluka) ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ ค่าพีเอช 6.5 โดยปิเปตสารละลาย MES buffer 19.524 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 1,000 มิลลิลิตร และปรับค่าพีเอชให้ได้เท่ากับ 6.5 ด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกและสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

- สารละลายสกัดเอนไซม์แอลกอฮอล์ดีไฮโดรจีเนส โดยผสมสารละลาย MES buffer ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ ค่าพีเอช 6.5 ปริมาตร 500 มิลลิลิตร กับไดไทโอไทรทอล (DL-dithiothreitol, Fluka) ที่ชั่งมา 0.1543 กรัม และพอลีไวนีลไพโรไลโดนเค 30 (Polyvinylpyrrolidone K 30, Fluka) ที่ชั่งมา 5 กรัม ให้เข้ากัน แล้วเก็บรักษาไว้ในขวดสีชา ที่อุณหภูมิต่ำ

- สารละลายนิโคตินาไมด์ อะดีนีน ไดนิวคลีโอไทด์ (β-Nicotinamide adenine dinucleotide (NADH), Fluka) ความเข้มข้น 1.6 มิลลิโมลาร์ โดยชั่ง NADH 0.1135 กรัม มาละลายในสารละลาย MES buffer พีเอช 6.5 แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตร ด้วยสารละลาย MES buffer พีเอช 6.5 แล้วเก็บรักษาไว้ในขวดสีชา ที่อุณหภูมิต่ำ

- สารละลายแอซีทัลดีไฮด์ (Acetaldehyde, Riedel-de Haen) โดยปิเปตสารละลายอะซิทัล-ดีไฮด์มา 350 ไมโครลิตร แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตร ด้วยสารละลาย MES buffer พีเอช 6.5 แล้วเก็บรักษาไว้ในขวดสีชา ที่อุณหภูมิต่ำ

4.5 สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์แอซิดฟอสฟาเตส

- สารละลายโซเดียมอะซิเทต (Sodium acetate, Merck) ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ ชั่งสารโซเดียมอะซิเทตมา 13.608 กรัม ละลายในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 1,000 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำ

- สารละลายกรดอะซิติก (Acetic acid glacial, Merck) ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ โดยปิเปตสารละลายกรดอะซิติกเข้มข้นมา 3.00 มิลลิลิตร เติมลงในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 500 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำ

- สารละลายโซเดียมอะซิเทต บัฟเฟอร์ (Sodium acetate buffer) ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ พีเอช 5.0 โดยเติมสารละลายกรดอะซิติกลงในสารละลายโซเดียมอะซิเทต จนกระทั่งได้ค่าพีเอชเท่ากับ 5.0 แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- สารละลายพาราไนโตรฟีนิลฟอสเฟต (4-Nitrophenyl phosphate disodium salt hexahydrate (ρ-NP), Fluka) ความเข้มข้น 0.5 มิลลิโมลาร์ โดยชั่ง ρ-NP มา 0.0186 กรัม ละลายในสารละลายโซเดียมอะซิเทตบัฟเฟอร์ แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตร ด้วยสารละลายโซเดียมอะซิเทตบัฟเฟอร์ แล้วเก็บรักษาไว้ในขวดสีชา ที่อุณหภูมิต่ำ

- สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide, UNIVAR) ความเข้มข้น 1.0 นอร์มัล โดยชั่งสารโซเดียมไฮดรอกไซด์มา 20 กรัม ละลายในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 500 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น

4.6 สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์ปริมาณโปรตีน

- สารละลายโปรตีนมาตรฐาน โดยชั่งโปรตีนอัลบูมิน (Bovine serum albumin หรือ BSA, Fluka) 0.2500 กรัม ละลายในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรเป็น 25 มิลลิลิตร จะได้สารละลายโปรตีนความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปิเปตสารละลายโปรตีนที่เตรียมได้ 0.5 มิลลิลิตร ใส่ในขวดปรับปริมาตรขนาด 25 มิลลิลิตร แล้วเติมสารละลายบัฟเฟอร์จนครบปริมาตร จะได้สารละลายโปรตีนมาตรฐานความเข้มข้น 200 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

- สารละลาย Coomassie (Coomassie Brilliant Blue G 250, Fluka) 0.0125 กรัม ละลายในเอทานอล 99.5 เปอร์เซ็นต์ (Ethanol absolute, Merck) ปริมาตร 12.5 มิลลิลิตร เติมกรดฟอสฟอริกความเข้มข้น 85 เปอร์เซ็นต์ (*ortho*-Phosphoric acid 85%, Fluka) ปริมาตร 25 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 250 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น

สถานที่ทำการวิจัย

- ห้องปฏิบัติการวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวพืชสวน ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- ห้องปฏิบัติการกลาง ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

วิธีการทดลอง

การทดลองที่ 1 ผลของสารเคลือบผิวทางการค้า สารเคลือบผิวที่พัฒนาขึ้น และสารเคลือบผิวไคโตซานต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้ง

1.1 การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) มี 13 วิธีการ แต่ละวิธีการมี 5 ซ้ำ แต่ละซ้ำ คือ ผลส้ม 1 ผล โดยเคลือบผิวผลส้มด้วยสารเคลือบผิว 12 ชนิด และชุดควบคุม คือผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิว มีขั้นตอนและวิธีการดังต่อไปนี้

วิธีการที่ 1 เคลือบผิวผลส้มด้วยสารเคลือบผิว CITRA SHINE C ความเข้มข้น 100%

วิธีการที่ 2 เคลือบผิวผลส้มด้วยสารเคลือบผิว SEALKOTE ความเข้มข้น 100%

วิธีการที่ 3 เคลือบผิวผลส้มด้วยสารเคลือบผิว FOMESA ความเข้มข้น 100%

วิธีการที่ 4 เคลือบผิวผลส้มด้วยสารเคลือบผิว ROSY PLUS ความเข้มข้น 100%

วิธีการที่ 5 เคลือบผิวผลส้มด้วยสารเคลือบผิว CITROSOL ความเข้มข้น 100%

วิธีการที่ 6 เคลือบผิวผลส้มด้วยสารเคลือบผิว SUPERSHINE-C ความเข้มข้น 100%

วิธีการที่ 7 เคลือบผิวผลส้มด้วยสารเคลือบผิว ZIVDAR ความเข้มข้น 100%

วิธีการที่ 8 เคลือบผิวผลส้มด้วยสารเคลือบผิว PERFECT SHINE ความเข้มข้น 100%

วิธีการที่ 9 เคลือบผิวผลส้มด้วยสารเคลือบผิว WAX ความเข้มข้น 100%

วิธีการที่ 10 เคลือบผิวผลส้มด้วยสารเคลือบผิว PE microemulsion ความเข้มข้น 25%

วิธีการที่ 11 เคลือบผิวผลส้มด้วยสารเคลือบผิว Chitosan ความเข้มข้น 1.5%

วิธีการที่ 12 เคลือบผิวผลส้มด้วยสารเคลือบผิว Chitosan ความเข้มข้น 2.0%

วิธีการที่ 13 ชุดควบคุม เป็นผลส้มที่ไม่เคลือบผิว

1.2 วิธีการเคลือบผิวผลส้ม

นำผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งมาคัดเลือกเอาผลที่มีขนาดสม่ำเสมอและไม่มีการเข้าทำลายของเชื้อโรคและแมลงศัตรูพืช ใช้ผ้าเช็ดทำความสะอาดผิวของผลส้ม แล้วนำมาเคลือบผิวโดยหยดสารเคลือบผิวแต่ละชนิดลงบนผลส้ม (ประมาณ 0.20 กรัม/ผล) แล้วใช้มือที่สวมถุงมือยางลูบสารเคลือบผิวให้เคลือบทั่วทั้งผลส้ม ผึ่งให้ผิวแห้งที่อุณหภูมิห้อง บรรจุผลส้มลงในกล่องกระดาษขนาดกว้าง×ยาว×สูง เท่ากับ 29×44×9 เซ็นติเมตร แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บันทึกลักษณะปรากฏ ความผิดปกติด้านกลิ่นและรสชาติ และวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและส่วนประกอบทางเคมีทุกๆ 3 วัน จนหมดอายุการเก็บรักษา โดยพิจารณาจากการเกิดกลิ่นและรสชาติที่ผิดปกติร่วมกับลักษณะปรากฏภายนอก

1.3 การบันทึกผลการทดลอง

1.3.1 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด (weight loss)

ชั่งน้ำหนักผลส้มเมื่อวันเริ่มต้นทดลอง แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง และชั่งน้ำหนักผลส้มซ้ำทุกๆ 3 วัน โดยแต่ละวิธีการใช้ผลส้มชุดเดิมจนหมดอายุการเก็บรักษา โดยใช้เครื่องชั่งละเอียดแบบทศนิยม 2 ตำแหน่ง นำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด จากสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด} = \frac{\text{น้ำหนักผลก่อนเก็บรักษา} - \text{น้ำหนักผลหลังเก็บรักษา}}{\text{น้ำหนักผลก่อนเก็บรักษา}} \times 100$$

1.3.2 การวิเคราะห์ปริมาณแก๊สออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลส้ม (internal O_2 and internal CO_2)

ใช้ syringe ขนาด 1 มิลลิลิตร ที่ผ่านการฉีดไล่แก๊สออกซิเจนออกด้วยแก๊สฮีเลียม แล้วใช้ปลายเข็มแทงเข้าไปบริเวณกึ่งกลางของก้นผลส้มระหว่างแช่ผลส้มไว้ใต้น้ำ โดยให้ปลายเข็มเข้าไปอยู่บริเวณช่องว่างภายในผลส้ม แล้วดูดเอาแก๊สออกมา (Hagenmaier, 2001) วิเคราะห์หาปริมาณแก๊สออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลส้มด้วยเครื่อง gas chromatograph (Model CR-8A, SHIMUDZU, Japan) โดยใช้คอลัมน์ CTR-1 column (2 m × 6 mm o.d.) (Alltech, Deerfield, IL, ประเทศสหรัฐอเมริกา) นำพื้นที่ใต้กราฟที่ได้มาคำนวณหาปริมาณแก๊สออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลส้ม โดยเปรียบเทียบกับแก๊สมาตรฐาน

1.3.3 ปริมาณเอทานอลในน้ำส้มคั้น (internal ethanol)

วิเคราะห์หาปริมาณเอทานอลในน้ำส้มคั้นโดยใช้ enzymatic method (Bonnichsen and Theorell, 1951) ซึ่งใช้ ethanol assay kit (Diagnostic Chemical Limited, Canada) โดยใช้เครื่องคั้นน้ำผลไม้คั้นน้ำส้ม นำน้ำส้มที่คั้นได้มา 10 ไมโครลิตร ผสมกับสารละลาย buffer-NADH-ADH-buffer ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันแล้วบ่ม (incubated) ไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 20 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 340 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Spectrophotometer (SPECTRO 23, ประเทศสหรัฐอเมริกา) ภายในเวลา 30 นาที หลังบ่ม โดยใช้น้ำกลั่นเป็น blank แล้วนำค่าที่ได้มาคำนวณหาปริมาณเอทานอล จากสูตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

$$\text{Ethanol (ppm)} = \frac{A}{As} \times \text{concentration of the standard}$$

เมื่อ A = ค่าการดูดกลืนแสงของสารตัวอย่าง

As = ค่าการดูดกลืนแสงของสารมาตรฐาน

1.3.4 การประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัส

1.3.4.1 การประเมินด้านกลิ่นและรสชาติผิดปกติ กำหนดคะแนนดังนี้

4 = ไม่มีรสชาติผิดปกติและไม่มีกลิ่นหมัก

3 = มีรสชาติผิดปกติและกลิ่นหมักเล็กน้อย

2 = มีรสชาติผิดปกติและกลิ่นหมักปานกลาง

1 = มีรสชาติผิดปกติและกลิ่นหมักรุนแรง

1.3.4.2 การประเมินด้านลักษณะปรากฏภายนอก กำหนดคะแนนดังนี้

5 = ผลปกติ

4 = ผลเริ่มเหี่ยว

3 = ขั้วและรอบๆ ผลเหี่ยว

2 = ผลเหี่ยวปานกลาง

1 = ผลเหี่ยวมาก

โดยกำหนดให้ ผลส้มที่มีคะแนนการประเมินด้านกลิ่นและรสชาติผิดปกติที่มีค่าเท่ากับหรือต่ำกว่า 3 คะแนน และ/หรือ มีคะแนนการประเมินด้านลักษณะปรากฏภายนอกเท่ากับหรือต่ำกว่า 3 คะแนน คือ ผลส้มที่ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้ประเมิน นั่นคือ ผลส้มหมดอายุการวางจำหน่าย ซึ่งในการทดลองครั้งนี้ใช้ผู้ประเมินทั้งสิ้น 10 คน

1.3.5 การวัดสีผิว (color)

วัดสีผิวผลส้มโดยใช้เครื่อง Chroma meter รุ่น CR300 หัววัด CR310 ของบริษัท Minolta และใช้แหล่งกำเนิดแสง D65 โดยการวัดสีผิวภายนอกบริเวณกึ่งกลางผลส้มด้านข้างผลละ 1 จุด ค่าที่ได้แสดงเป็น L*, a*, b* คำนวณหาค่า chroma และ hue angle จากสมการดังนี้ (McGuire, 1992)

$$\text{chroma} = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$$

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

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.3.6 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (total soluble solids; TSS)

วัดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ โดยใช้เครื่อง digital refractometer, (รุ่น PR-101 ของบริษัท ATAGO) อ่านค่าได้ตั้งแต่ 0-45 เปอร์เซ็นต์ โดยอ่านค่าจากน้ำส้มคั้นซ้ำ 3 ครั้งแล้วหาค่าเฉลี่ย

1.3.7 ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ (titratable acidity; TA)

นำผลส้มมาคั้นเป็นน้ำส้มด้วยที่คั้นน้ำผลไม้ แล้วนำน้ำส้มคั้นปริมาตร 10 มิลลิลิตร มาเติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร แล้วจึงไทเทรตกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล โดยใช้เครื่องวัดพีเอช (pH meter รุ่น CG842 ของบริษัท SCHOTT ประเทศเยอรมนี) จนสารละลายมีค่าพีเอชเท่ากับ 8.2 แล้วจึงคำนวณหาปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ในรูปของกรดซิตริกต่อ 100 มิลลิลิตรน้ำส้มคั้น มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ โดยใช้สูตร

$$\%TA = \frac{\text{normality of NaOH (0.1 N)} \times \text{equi.wt. of citric acid (0.070)} \times \text{vol. NaOH} \times 100}{\text{volume of sample}}$$

1.3.8 ปริมาณวิตามินซี

วิเคราะห์หาปริมาณวิตามินซีในน้ำส้มคั้น ด้วยวิธีการไทเทรชันด้วย Indophenol โดยปิเปตน้ำส้มที่คั้นได้มา 10 มิลลิลิตร แล้วเติมกรดออกซาลิกความเข้มข้น 0.4 เปอร์เซ็นต์ ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ในขวดปรับปริมาตร แล้วกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No.1 ปิเปตสารละลายที่กรองได้มา 10 มิลลิลิตร แล้วจึงนำไปไทเทรตกับสารละลาย 2, 6–ไดคลอโรฟีนอล อินโดฟีนอล ความเข้มข้น 0.04 เปอร์เซ็นต์ จนถึงจุดยุติ ซึ่งสารละลายที่ได้มีสีชมพู คงตัวนานประมาณ 15 วินาที แล้วคำนวณหาปริมาณวิตามินซี โดยใช้ปริมาตร 2, 6–ไดคลอโรฟีนอล อินโดฟีนอล ที่ใช้ไทเทรตกับสารตัวอย่าง เปรียบเทียบกับปริมาตร 2, 6–ไดคลอโรฟีนอล อินโดฟีนอล ที่ใช้ไทเทรตกับสารละลายวิตามินซีมาตรฐาน โดยคำนวณตามสูตรดังนี้ (Ranganna, 1977)

ปริมาตร indophenol dye a มิลลิลิตร ทำปฏิกิริยาพอดีกับ ascorbic acid เท่ากับ 1 มิลลิกรัม (จาก standard)

ปริมาตร indophenol dye b มิลลิลิตร ทำปฏิกิริยาพอดีกับ ascorbic acid เท่ากับ (1 × b)/a มิลลิกรัม (จากสารละลายตัวอย่าง) เท่ากับ c มิลลิกรัม

สารละลายน้ำส้มเจือจาง 10 มิลลิลิตร มีปริมาณ ascorbic acid เท่ากับ c มิลลิกรัม

สารละลายน้ำส้ม 100 มิลลิลิตร มีปริมาณ ascorbic acid เท่ากับ (c × 100) /10 มิลลิกรัม

เท่ากับ d มิลลิกรัม

น้ำส้มคั้น 10 มิลลิลิตร มีปริมาณ ascorbic acid เท่ากับ d มิลลิกรัม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

น้ำส้มคั้น 100 มิลลิลิตร มีปริมาณ ascorbic acid เท่ากับ (d × 100) /10 มิลลิกรัม เท่ากับ e มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตรน้ำส้มคั้น

1.3.9 อัตราการหายใจ

วัดปริมาณของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ผลส้มผลิตออกมา โดยใช้เครื่อง gas chromatograph รุ่น GC-8A (บริษัท SHIMADZU ประเทศญี่ปุ่น) โดยนำผลส้มที่มีน้ำหนักประมาณ 1,000 กรัม บรรจุลงในกล่องพลาสติกขนาด กว้าง×ยาว×สูง เท่ากับ 17.5×27.0×11.5 เซ็นติเมตร นำกล่องพลาสติกที่บรรจุผลส้มแล้วต่อเข้ากับชุดแผงควบคุมอัตราการไหลของอากาศ วัดอัตราการหายใจของผลส้มทุกๆ 3 วัน ที่อุณหภูมิห้อง จนหมดอายุการเก็บรักษา แล้วนำมาคำนวณอัตราการหายใจโดยใช้สูตรดังนี้

อัตราการหายใจ (มิลลิกรัม CO_2/กิโลกรัม/ชั่วโมง)

$$= \frac{(\%CO_2 - \text{blank}\%CO_2) \times \text{flow rate (ml/min)} \times 321750}{\text{weight (g)} \times (273 + \text{temp } (^{\circ}C) \text{ at measured flow rate})} \text{ mg kg}^{-1} \text{ hr}^{-1}$$

1.3.10 การวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์แอลกอฮอล์ดีไฮโดรจีเนส

วิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์แอลกอฮอล์ดีไฮโดรจีเนส โดยใช้วิธีที่ดัดแปลงจากวิธีการของ Ke *et al.* (1994) โดยมีวิธีการดังต่อไปนี้

แช่เยื่อกแข็งเนื้อส้มในไนโตรเจนเหลว แล้วปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่องบดกาแฟ

↓

ชั่งเนื้อส้มมา 5 กรัม ผสมกับ MES buffer อัตราส่วน 1:2 แล้วเขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่อง Mixer เป็นเวลา 1 นาที

↓

นำไปหมุนเหวี่ยงที่ความเร็ว 9,000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ของเหลวส่วนใสที่ได้ คือ crude enzyme

↓

ผสม crude enzyme กับสารละลาย MES buffer สารละลาย NADH และสารละลายแอซีทัลดีไฮด์ ในอัตราส่วน 1:8:0.5:0.5 ให้เข้ากัน

↓

วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 340 นาโนเมตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

1.3.11 การวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์แอซิดฟอสฟาเทส

วัดกิจกรรมของเอนไซม์แอซิดฟอสฟาเทส โดยใช้วิธีที่ดัดแปลงจากวิธีการของ Aoyama *et al.* (2001) ซึ่งมีวิธีการดังต่อไปนี้

แช่เยื่อกแข็งเนื้อส้มในไนโตรเจนเหลว แล้วปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่องบดกาแฟ

↓

ชั่งเนื้อส้ม 2 กรัม ผสมกับสารละลายโซเดียมอะซิเทตบัฟเฟอร์ อัตราส่วน 1:6
แล้วเขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่อง Mixer นาน 1 นาที

↓

นำไปหมุนเหวี่ยงที่ความเร็ว 9,000 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที
ของเหลวส่วนใสที่ได้ คือ crude enzyme

↓

ผสม crude enzyme กับสารละลายโซเดียมอะซิเทต บัฟเฟอร์
และสารละลายพาราไนโตรฟีนิลฟอสเฟต ในอัตราส่วน 5:2:3 ให้เข้ากัน

↓

นำไปบ่มไว้ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที

↓

เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 1.0 นอร์มัล ลงไป 1.0 มิลลิลิตร

↓

วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 405 นาโนเมตร

การทดลองที่ 2 ผลของอุณหภูมิต่ำและสารเคลือบผิวบางชนิดต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้ง

2.1 การวางแผนการทดลอง

นำผลการทดลองและผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติที่ได้จากการทดลองที่ 1 มาศึกษาต่อ คือ ได้เลือกใช้สารเคลือบผิวทางการค้าบางชนิด ได้แก่ CITRA SHINE, SEALKOTE, ROSY PLUS, ZIVDAR และ PERFECT SHINE รวมถึงสารเคลือบผิวที่พัฒนาขึ้น คือ PE microemulsion และสารเคลือบผิวที่บริโภคได้ คือ Chitosan 2.0% เพื่อศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเก็บรักษา เปรียบเทียบกับผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิว

วางแผนการทดลองแบบปัจจัยร่วมในสุ่มสมบูรณ์ (Factorial in CRD) แต่ละวิธีการมี 5 ซ้ำ แต่ละซ้ำ คือผลส้ม 1 ผล มีปัจจัยที่ศึกษา 2 ปัจจัย คือ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปัจจัยที่ 1 คือ อุณหภูมิที่ใช้เก็บรักษา 3 อุณหภูมิ

- เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90±2 เปอร์เซ็นต์
- เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90±2 เปอร์เซ็นต์
- เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 50±3 เปอร์เซ็นต์

ปัจจัยที่ 2 คือ การเคลือบผิว

- เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิด CITRA SHINE ความเข้มข้น 100%
- เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิด SEALKOTE ความเข้มข้น 100%
- เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิด ROSY PLUS ความเข้มข้น 100%
- เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิด ZIVDAR ความเข้มข้น 100%
- เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิด PERFECT SHINE ความเข้มข้น 100%
- เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิด PE microemulsion ความเข้มข้น 25%
- เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิด Chitosan ความเข้มข้น 2.0%
- ไม่เคลือบผิวผลส้ม

2.2 วิธีการเคลือบผิวผลส้ม

นำผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งมาคัดเลือกเอาผลที่มีขนาดสม่ำเสมอและไม่มีการเข้าทำลายของเชื้อโรคและแมลงศัตรูพืช ใช้ผ้าเช็ดทำความสะอาดผลส้ม แล้วนำมาเคลือบผิวโดยหยดสารเคลือบผิวแต่ละชนิดลงบนผลส้ม (ประมาณ 0.20 กรัม/ผล) แล้วใช้มือที่สวมถุงมือยางลูบสารเคลือบผิวให้เคลือบผลส้มทั่วทั้งผล ผึ่งให้ผิวแห้งที่อุณหภูมิห้อง บรรจุผลส้มลงในกล่องกระดาษขนาด กว้าง×ยาว×สูง เท่ากับ 29×44×9 แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส (ความชื้นสัมพัทธ์ 90±2 เปอร์เซ็นต์) 10±2 องศาเซลเซียส (ความชื้นสัมพัทธ์ 90±2 เปอร์เซ็นต์) และอุณหภูมิห้อง (23±3 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 50±3 เปอร์เซ็นต์) เปรียบเทียบกับผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิว บันทึกลักษณะปรากฏความผิดปกติด้านกลิ่นและรสชาติ และวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและส่วนประกอบทางเคมีเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 จนหมดอายุการเก็บรักษา โดยพิจารณาจากการเกิดกลิ่นและรสชาติผิดปกติร่วมกับลักษณะปรากฏภายนอก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพ เคมี และสรีรวิทยาของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวทางการค้าชนิดต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษา

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพ เคมี และสรีรวิทยาของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวทางการค้า 9 ชนิด สารเคลือบผิวที่เตรียมเอง 1 ชนิด และสารละลายไคโตซาน 2 ระดับความเข้มข้น ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 7 วัน ได้ผลการทดลองดังนี้

4.1.1 การสูญเสียน้ำหนัก

ผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว FOMESA, SEALKOTE, WAX (unknown), CITRASHINE, SUPERSHINE-C, PE microemulsion, ZIVDAR, CITROSOL AK, ROSY PLUS, PERFECT SHINE, Chitosan 2.0% และ Chitosan 1.5% สูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 2.91±0.50, 3.11±0.20, 3.37±0.37, 3.41±0.35, 3.73±0.21, 3.84±0.25, 4.41±0.54, 4.75±0.59, 4.76±0.82, 4.92±0.33, 5.20±0.83 และ 5.31±0.74 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวที่สูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 6.47±0.57 เปอร์เซ็นต์ ผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว FOMESA สูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุดเพียง 2.91±0.50 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้น นอกจากนี้ผลการทดลองยังพบว่าผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวที่บริโภคได้คือ Chitosan 2.0% และ Chitosan 1.5% สามารถลดการสูญเสียน้ำหนักของผลส้มได้ดีกว่าผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิว แต่ยังมีการสูญเสียน้ำหนักมากกว่าการใช้สารเคลือบผิวทางการค้าและสารเคลือบผิวที่พัฒนาขึ้น และผลส้มในทุกกรรมวิธีสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา (ตารางที่ 1 และภาพที่ 3)

โดยทั่วไปผักและผลไม้มักมีสารเคลือบผิวตามธรรมชาติ คือ มีชั้นคิวติเคิล (cuticle) ปกคลุมอยู่บริเวณผิวด้านนอกของชั้น epidermis ซึ่งจะช่วยป้องกันการผ่านเข้าออกของน้ำ และช่วยชะลอการเหี่ยวของผลิตผลได้ (จริงแท้, 2544; คนัยและนิธิยา, 2548) แต่ในระหว่างกระบวนการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว อาจจะทำให้สารเคลือบผิวตามธรรมชาติของผลิตผลบางส่วนหายไป จึงมีการใช้สารเคลือบผิวที่ได้จากธรรมชาติ หรือสารสังเคราะห์นำมาเคลือบผิวผลิตผลเพื่อทดแทนสารเคลือบผิวตามธรรมชาติที่หายไป เพื่อลดการสูญเสียน้ำของผลิตผล (คนัยและนิธิยา, 2548; Kolattukudy, 2003) ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับการศึกษาของ Porat *et al.* (2005) ที่รายงานว่าผลส้มพันธุ์ 'Mor' ที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวทางการค้า Tag และ Tag ที่ผสมกับพอลิเอทิลีนความเข้มข้นต่างๆ คือ 5, 9, 13 และ 18 เปอร์เซ็นต์ และผสมกับเชลแลกอัตราส่วน 50:50 แล้วเก็บ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รักษาไว้ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส สูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิว นอกจากนี้ Hagenmaier (2005) ยังได้รายงานว่า ผลแอปเปิลพันธุ์ 'Fuji' ที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว Brilliance, Carnauba, Shellac และ APL LUSTR 275 แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60 เปอร์เซ็นต์ สูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าผลแอปเปิลที่ไม่ได้เคลือบผิว

4.1.2 ปริมาณแก๊สออกซิเจนและปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลส้ม

ก. ปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในผลส้ม

ปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวมีค่าเท่ากับ 17.67±0.63 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณออกซิเจนภายในผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวต่างๆ คือ ZIVDAR, Chitosan 1.5%, PE microemulsion, PERFECT SHINE, Chitosan 2.0%, SEALKOTE, WAX (unknown), CITRASHINE, SUPERSHINE-C, ROSY PLUS, FOMESA และ CITROSOL AK ซึ่งมีปริมาณออกซิเจนภายในผลส้มเท่ากับ 8.26±1.67, 5.72±1.36, 3.42±0.76, 3.04±1.18, 2.96±1.14, 2.91±0.91, 2.44±1.72, 2.18±1.29, 2.16±0.62, 2.14±1.32, 1.63±0.29 และ 1.51±0.31 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ มีค่าลดลงอย่างมากตั้งแต่วันแรกของการเก็บรักษา หลังจากนั้นมีค่าผันแปรเล็กน้อย ในขณะที่ผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวมีปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในผลค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา (ตารางที่ 1 และภาพที่ 4)

ข. ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลส้ม

ผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว CITROSOL AK มีปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลเท่ากับ 18.17±7.78 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว FOMESA และ Chitosan 2.0% แต่มีค่ามากกว่าปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว ROSY PLUS, CITRASHINE, WAX (unknown), Chitosan 1.5%, SUPERSHINE-C, ZIVDAR, PE microemulsion, PERFECT SHINE, SEALKOTE และผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิว ที่มีปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลส้มเท่ากับ 12.21±3.00, 12.13±2.35, 11.32±3.49, 11.14±3.53, 10.63±2.67, 7.36±0.63, 7.36±0.63, 7.10±0.61, 6.34±1.63, 6.22±1.71 และ 2.91±0.60 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา พบว่าปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลส้มที่เคลือบผิวทุกกรรมวิธีเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง แต่ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลส้มที่ไม่เคลือบผิวมีค่าน้อยที่สุดและมีการเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยจากวันเริ่มต้นทำการทดลอง (ตารางที่ 1 และภาพที่ 5)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การเคลือบผิวมีผลในการลดอัตราการแลกเปลี่ยนแก๊สออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ระหว่างบรรยากาศภายนอกกับภายในผลส้ม ทำให้ภายในผลส้มมีปริมาณแก๊สออกซิเจนต่ำลงมาก ส่งผลให้เกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic respiration) และส่งผลให้ภายในผลส้มมีการสะสมแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มมากขึ้น (Cohen, *et al.*, 1990; Petracek *et. al.*, 1998; Alleyne and Hagenmaier, 2000) เช่นเดียวกับการเคลือบผิวผลส้มพันธุ์ 'Valencia' ด้วยสารเคลือบผิว 590 HS, Candelilla, Brilliance และ Polyethylene แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส พบว่าผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวทุกชนิดมีปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในผลน้อยกว่าและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลมากกว่าผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิว (Hagenmaier, 2005) นอกจากนี้ผลเกรฟฟรุ๊ตที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว Carnauba, Polyethylene, Shellac 1, Shellac 2 และ Shellac 3 แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 21 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง มีปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในผลน้อยกว่าและมีปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลมากกว่าผลเกรฟฟรุ๊ตที่ไม่ได้เคลือบผิว (Petracek *et. al.*, 1998) ในขณะที่ผล melon พันธุ์ 'Galia' ที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวทางการค้า Tag, Zivdar และ Tag-A แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5-6 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน แล้วย้ายไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 17 องศาเซลเซียส นาน 3 วัน พบว่า ผล melon ที่เคลือบผิวมีปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในผลน้อยกว่าและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่าผล melon ที่ไม่ได้เคลือบผิว (Fallik *et al.*, 2005)

4.1.3 ปริมาณเอทานอลในน้ำคั้น

ผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวมีปริมาณเอทานอลในน้ำคั้นน้อยที่สุด คือ 294.80±61.25 ppm ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณเอทานอลในน้ำคั้นของผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว PERFECT SHINE, ZIVDAR, ROSY PLUS, PE microemulsion, Chitosan 1.5%, CITRASHINE, SEALKOTE, WAX (unknown), Chitosan 2.0%, SUPERSHINE-C, FOMESA และ CITROSOL AK ที่มีปริมาณเอทานอลในน้ำคั้นมากกว่าคือเท่ากับ 515.23±29.53, 655.69±66.79, 709.58±14.53, 732.58±31.32, 753.17±33.80, 818.56±21.52, 886.16±78.76, 1,142.47±40.57, 1,213.31±18.44, 1,580.20±13.39, 1,620.16±14.53 และ 1,655.28±13.39 ppm ตามลำดับ โดยผลส้มที่มีปริมาณเอทานอลในน้ำคั้นมากที่สุด คือ ผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว SUPERSHINE-C, FOMESA และ CITROSOL AK และจากผลการทดลองยังแสดงให้เห็นว่า เมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้นผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวทุกชนิด มีปริมาณเอทานอลในน้ำคั้นมากกว่าผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวประมาณ 2 ถึง 5 เท่า (ตารางที่ 1 และภาพที่ 6)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การเคลือบผิวผลส้มจะทำให้จำกัดการแลกเปลี่ยนแก๊สออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ระหว่างภายในผลกับบรรยากาศภายนอกลดน้อยลง ส่งผลให้ปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในผลที่จะนำไปใช้ในกระบวนการหายใจแบบใช้ออกซิเจนมีปริมาณต่ำมาก จึงเกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน และมีการสะสมสารพวกแอซีทัลดีไฮด์ เอทานอล และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลเพิ่มมากขึ้น (Hagenmaier and Baker, 1994; Petracek *et al.*, 1998) เช่นเดียวกับการเคลือบผิวผล melon พันธุ์ 'Galia' ด้วยสารเคลือบผิว Zivdar และ Tag-A และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5-6 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน แล้วย้ายไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 17 องศาเซลเซียส อีก 3 วัน พบว่า มีปริมาณเอทานอลสูงกว่าผล melon ชุดควบคุม (Fallik *et al.*, 2005) นอกจากนี้ การเคลือบผิวผลแอปเปิลพันธุ์ 'Gala' ด้วยสารเคลือบผิว Carnauba, Zein 10 และ Shellac พบว่า มีปริมาณเอทานอลภายในผลมากกว่าผลแอปเปิลชุดควบคุม (Bai *et al.*, 2003) และผลส้มพันธุ์ 'Mor' ที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว Commercial 'Tag' และ Modified 'Tag' แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 สัปดาห์ หลังจากนั้นย้ายไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน มีปริมาณเอทานอลในน้ำคั้นสูงกว่าผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิว (Porat *et al.*, 2005)

4.1.4 อัตราการหายใจ

ผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว SUPERSHINE-C มีอัตราการหายใจต่ำที่สุด คือ 8.73±0.16 มิลลิกรัม CO_2/กิโลกรัม/ชั่วโมง ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการหายใจของผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว ROSY PLUS, FOMESA, PE microemulsion, WAX (unknown), PERFECT SHINE, SEALKOTE, CITROSOL AK, CITRASHINE, ZIVDAR, Chitosan 2.0% และ Chitosan 1.5% ที่มีอัตราการหายใจเท่ากับ 9.56±0.47, 15.05±2.44, 16.16±0.18, 16.30±0.29, 16.50±0.26, 17.09±0.17, 18.13±0.18, 18.34±0.34, 18.52±0.60, 19.11±0.94 และ 25.93±6.80 มิลลิกรัม CO_2/กิโลกรัม/ชั่วโมง ตามลำดับ โดยผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวมีอัตราการหายใจมากที่สุด คือ 29.98±0.70 มิลลิกรัม CO_2/กิโลกรัม/ชั่วโมง และผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวทุกชนิดมีอัตราการหายใจต่ำกว่าอัตราการหายใจของผลส้มที่ไม่เคลือบผิว ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณแก๊สออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลส้ม กล่าวคือผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ มีปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในผลต่ำกว่าและปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลสูงกว่าผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิว เมื่อระยะเวลาของการเก็บรักษานานขึ้น พบว่า ผลส้มในทุกกรรมวิธีมีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง (ตารางที่ 1 และภาพที่ 7)

ส้มเป็นผลไม้ประเภท non-climacteric ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราการหายใจของผลส้มมีหลายประการด้วยกัน ได้แก่ การปฏิบัติที่ไม่ถูกต้องในระหว่างการเก็บเกี่ยวและ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ภายหลังเก็บเกี่ยว การเข้าทำลายของจุลินทรีย์ อุณหภูมิ ความชื้น การไหลเวียนของอากาศ ปริมาณแก๊สออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ (Mitra, 2001; ดนัย, 2540) ซึ่งการเคลือบผิวเป็นวิธีการหนึ่งที่ช่วยลดอัตราการหายใจของผลส้มได้ โดยการเคลือบผิวนั้นมีผลต่อการลดอัตราการแลกเปลี่ยนแก๊สระหว่างบรรยากาศภายนอกกับภายในผลส้ม ซึ่งส่งผลให้ชะลอกระบวนการหายใจให้ช้าลง (ดนัยและนิธิยา, 2548) เช่นเดียวกับการเคลือบผิวผลส้มพันธุ์ 'Valencia' ด้วยสารเคลือบผิว Candelilla, Brilliance และ Polyethylene แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส พบว่า ผลส้มมีการผลิตแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่าผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิว (Hagenmaier, 2005) สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Maftoonazad and Ramaswamy (2005) ที่รายงานว่า ตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษาผลอะโวคาโดที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว methyl cellulose แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน มีอัตราการหายใจต่ำกว่าผลอะโวคาโดที่ไม่ได้เคลือบผิว นอกจากนี้ Martinez-Romero *et al.* (2006) รายงานว่า ผลเชอรี่ที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว *Aloe vera* แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 วัน และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน ก่อนที่จะย้ายไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส อีก 1 วัน มีอัตราการหายใจต่ำกว่าผลเชอรี่ที่ไม่ได้เคลือบผิว

4.1.5 กิจกรรมของเอนไซม์แอลกอฮอล์ดีไฮโดรจีเนส (alcohol dehydrogenase activity)

ผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว Chitosan 1.5% และ Chitosan 2.0% มีกิจกรรมของเอนไซม์แอลกอฮอล์ดีไฮโดรจีเนสสูงที่สุด คือเท่ากับ 35.08±13.82 และ 35.48±5.21 หน่วย/นาที/มิลลิกรัมโปรตีน ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกิจกรรมของเอนไซม์แอลกอฮอล์ดีไฮโดรจีเนสของผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว ZIVDAR, WAX (unknown), PERFECT SHINE, ROSY PLUS, FOMESA, SEALKOTE, PE microemulsion, CITRASHINE, SUPERSHINE-C และ CITROSOL AK และผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวที่มีกิจกรรมของเอนไซม์ต่ำกว่า คือเท่ากับ 19.81±12.89 13.17±5.91 8.99±7.87 5.19±2.46 4.37±2.99 2.41±1.30 2.39±0.39 2.19±0.77 1.56±0.54 1.26±0.09 และ 3.42±2.03 หน่วย/นาที/มิลลิกรัมโปรตีน ตามลำดับ โดยผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวมีกิจกรรมของเอนไซม์แอลกอฮอล์ดีไฮโดรจีเนสเพิ่มขึ้นจากวันเริ่มต้นเล็กน้อย และหลังจากนั้นกิจกรรมของเอนไซม์ลดลง ในขณะที่ผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวแต่ละชนิดมีกิจกรรมของเอนไซม์แอลกอฮอล์ดีไฮโดรจีเนสเพิ่มขึ้นอย่างมาก และลดลงในช่วงหลังของการเก็บรักษาจนมีค่าใกล้เคียงกับวันเริ่มต้นทำการทดลอง โดยการเพิ่มขึ้นของกิจกรรมของเอนไซม์แอลกอฮอล์ดีไฮโดรจีเนสในผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวแต่ละชนิดมีการเพิ่มขึ้นในช่วงเวลาของการเก็บรักษาแตกต่างกันไป ซึ่งพบว่าผลส้มที่เคลือบผิวส่วนใหญ่มีกิจกรรมของเอนไซม์เพิ่มขึ้นในช่วงวันที่ 4 ของการเก็บรักษา (ตารางที่ 2 และภาพที่ 8)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลการทดลองครั้งนี้ พบว่า ผลส้มที่เคลือบผิวส่วนใหญ่มีกิจกรรมของเอนไซม์แอลกอฮอล์ดีไฮโดรจีเนสสูงกว่าผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิว ซึ่งในสภาพบรรยากาศของการเก็บรักษาที่มีปริมาณแก๊สออกซิเจนต่ำหรือคาร์บอนไดออกไซด์สูง มักจะชักนำให้เกิดกระบวนการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic respiration) ขึ้นภายในผลิตผล และส่งผลให้เกิดการสังเคราะห์และสะสมสารที่เกิดจากกระบวนการนี้ คือ แอซีทัลดีไฮด์ และเอทานอล รวมถึงสารระเหยให้กลิ่น (volatile compounds) อื่นๆ ในผลส้ม (Davis *et al.*, 1973; Norman and Craft, 1971; Pesis and Avissar, 1989) นอกจากนี้การเก็บรักษาผลิตผลไว้ในสภาพบรรยากาศที่มีแก๊สออกซิเจนต่ำและคาร์บอนไดออกไซด์สูงยังมีผลกระตุ้นให้กิจกรรมของเอนไซม์ pyruvate decarboxylase และ alcohol dehydrogenase สูงขึ้นด้วย (Davis *et al.*, 1973) ซึ่งในระหว่างที่เกิดกระบวนการหายใจโดยไม่ใช้ออกซิเจน เอนไซม์ pyruvate decarboxylase จะทำให้เกิดการสร้างแอซีทัลดีไฮด์ผ่านกระบวนการ pyruvate decarboxylation หลังจากนั้นเอนไซม์ alcohol dehydrogenase จึงจะเปลี่ยนแอซีทัลดีไฮด์ให้เป็นเอทานอล (Imahori *et al.*, 2003) โดยมีรายงานว่า ผลอะโวคาโดที่เก็บรักษาไว้ในสภาพที่มีแก๊สออกซิเจนต่ำ (0.1 เปอร์เซ็นต์) เป็นเวลา 120 ชั่วโมง แล้วย้ายไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 96 ชั่วโมง มีกิจกรรมของเอนไซม์แอลกอฮอล์ดีไฮโดรจีเนสสูงกว่ากิจกรรมของเอนไซม์แอลกอฮอล์ดีไฮโดรจีเนสในผลอะโวคาโดที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (Burdon *et al.*, 2006) นอกจากนี้ ยังมีรายงานว่าผลมะเขือเทศที่เก็บรักษาไว้ในสภาพที่มีแก๊สออกซิเจน 0 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน มีกิจกรรมของเอนไซม์แอลกอฮอล์ดีไฮโดรจีเนสสูงกว่ากิจกรรมของเอนไซม์แอลกอฮอล์ดีไฮโดรจีเนสในผลมะเขือเทศที่เก็บรักษาไว้ในสภาพที่มีแก๊สออกซิเจน 3 เปอร์เซ็นต์ และบรรยากาศปกติ (Imahori *et al.*, 2003)

4.1.6 กิจกรรมของเอนไซม์แอซิดฟอสฟาเทส (acid phosphatase activity)

กิจกรรมของเอนไซม์แอซิดฟอสฟาเทสของผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว PERFECT SHINE เท่ากับ 18.47±15.66 หน่วย/นาที/มิลลิกรัมโปรตีน ซึ่งมากกว่าผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว CITRASHINE, Chitosan 1.5%, FOMESA, WAX (unknown) และ PE microemulsion ที่มีกิจกรรมของเอนไซม์แอซิดฟอสฟาเทสเท่ากับ 3.14±1.56, 3.06±1.65, 2.79±2.60, 2.61±1.40 และ 2.21±1.51 หน่วย/นาที/มิลลิกรัมโปรตีน ตามลำดับ แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกิจกรรมของเอนไซม์แอซิดฟอสฟาเทสของผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว ZIVDAR, SEALKOTE, CITROSOL AK, ROSY PLUS, SUPERSHINE-C, Chitosan 2.0% และผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิว โดยผลการทดลอง พบว่ากิจกรรมของเอนไซม์แอซิดฟอสฟาเทสของผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วงแรกของการเก็บรักษา หลังจากนั้นมีค่าค่อนข้างคงที่ ในขณะที่ผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวทุกชนิดกิจกรรมของ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เอนไซม์เพิ่มขึ้นแล้วลดลงในช่วงหลัง ทั้งนี้การเพิ่มขึ้นและลดลงของกิจกรรมของเอนไซม์เกิดขึ้นในช่วงระยะเวลาที่แตกต่างกันออกไปตามชนิดของสารเคลือบผิว (ตารางที่ 2 และภาพที่ 9)

เอนไซม์แอซิดฟอสฟาเทส หรือ orthophosphoric-monoester phosphohydrolases ทำหน้าที่กระตุ้นปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส หมู่ orthophosphate monoesters ได้ดีที่สุดในสภาพที่มีค่าพีเอชต่ำกว่า 6.0 (Vincent, 1992) ซึ่งกิจกรรมของเอนไซม์แอซิดฟอสฟาเทสภายในพืชนั้นถูกชักนำได้จากปัจจัยหลายประการ เช่น การขาดน้ำ การงอกของเมล็ด การออกดอก การสุกของผล การเสื่อมสลาย (senesence) และการเข้าทำลายของจุลินทรีย์ต่างๆ (Duff *et al.*, 1994; Bozzo *et al.*, 2002, del Pozo *et al.*, 1999; Plaxton and Carswell, 1999) ตัวอย่างเช่น Kanellis *et al.* (1989) รายงานว่า ผลกล้วยที่เก็บรักษาไว้ในสภาพบรรยากาศที่มีแก๊สออกซิเจน 2.5 เปอร์เซ็นต์ และออกซิเจน 2.5 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับเอทิลีนความเข้มข้น 500 ไมโครลิตร/ลิตร เป็นเวลา 10 วัน มีกิจกรรมของเอนไซม์แอซิดฟอสฟาเทสเพิ่มขึ้นในอัตราที่ช้ากว่าผลกล้วยที่เก็บรักษาไว้ที่สภาพบรรยากาศปกติ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองในครั้งนี้ ที่มีแนวโน้มว่าผลส้มที่เคลือบผิวส่วนใหญ่มีกิจกรรมของเอนไซม์แอซิดฟอสฟาเทสต่ำกว่าผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิว แสดงว่าการลดปริมาณออกซิเจนส่งผลให้กิจกรรมของเอนไซม์แอซิดฟอสฟาเทสลดลง และอาจจะเป็นผลเนื่องมาจากผลส้มมีแมทาบอลิซึมช้าลงด้วย

4.1.7 การประเมินด้านกลิ่นและรสชาติผิดปกติและลักษณะปรากฏภายนอก

ก. กลิ่นและรสชาติผิดปกติ

ผลการประเมินทางประสาทสัมผัส พบว่า ภายหลังการเก็บรักษา เป็นเวลา 7 วัน ผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวยังไม่ปรากฏว่ามีกลิ่นและรสชาติผิดปกติ เช่นเดียวกันกับผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว SEALKOTE, FOMESA และ ZIVDAR คือ มีคะแนนการประเมินด้านกลิ่นและรสชาติผิดปกติเท่ากับ 3.88±0.64 คะแนน เท่ากัน และไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับคะแนนผลการประเมินด้านกลิ่นและรสชาติผิดปกติของผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว CITROSOL AK, Chitosan 2.0%, PERFECT SHINE, CITRASHINE และ Chitosan 1.5% ที่มีคะแนนเท่ากับ 3.63±0.74, 3.50±0.76, 3.50±0.53, 3.38±0.92 และ 3.25±0.71 คะแนน ตามลำดับ แต่ได้คะแนนมากกว่าผลการประเมินด้านกลิ่นและรสชาติผิดปกติของผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว ROSY PLUS, PE microemulsion, WAX (unknown) และ SUPERSHINE-C โดยผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว SUPERSHINE-C ได้คะแนนผลการประเมินด้านกลิ่นและรสชาติผิดปกติต่ำที่สุด คือ 1.63±0.74 คะแนน ซึ่งแสดงว่าเกิดกลิ่นและรสชาติผิดปกติมากที่สุด

เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาผลส้มนานขึ้น พบว่า คะแนนผลการประเมินด้านกลิ่นและรสชาติผิดปกติของผลส้มในทุกกรรมวิธีลดลง โดยผลส้มที่ไม่เคลือบผิวได้คะแนนผลการประเมินด้านกลิ่นและรสชาติผิดปกติสูงที่สุด ซึ่งหมายถึงเกิดกลิ่นและรสชาติผิดปกติน้อยที่สุด และการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เคลือบผิวผลส้มด้วยสารเคลือบผิว ZIVDAR ทำให้เกิดอาการผิดปกติด้านกลิ่นและรสชาติน้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดอื่นๆ (ตารางที่ 3 และภาพที่ 10)

ข. ลักษณะปรากฏภายนอก

เมื่อพิจารณาลักษณะปรากฏภายนอกของผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว CITRASHINE, SEALKOTE, FOMESA, CITROSOL AK, PERFECT SHINE, ROSY PLUS, WAX (unknown) และ PE microemulsion พบว่า ได้คะแนนผลการประเมินด้านลักษณะปรากฏภายนอกไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือเท่ากับ 4.88±0.35, 4.75±0.71, 4.63±0.52, 4.63±0.52, 4.50±1.07, 4.38±0.74, 4.38±0.74 และ 4.25±0.46 คะแนน ตามลำดับ แต่ได้คะแนนมากกว่าผลการประเมินด้านลักษณะปรากฏภายนอกของผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว Chitosan 2.0%, SUPERSHINE-C, ZIVDAR, Chitosan 1.5% และผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิว ซึ่งผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวมีคะแนนผลการประเมินด้านลักษณะปรากฏภายนอกต่ำที่สุด คือ 3.25±1.04 คะแนน ซึ่งหมายถึงผลส้มแสดงอาการขั้วและบริเวณรอบๆ ขั้วผลเหี่ยว โดยที่ผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวทุกชนิดเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงของลักษณะปรากฏให้เห็นชัดเจนในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา คือ มีค่าลดลง และผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวที่บริโภคได้ คือ Chitosan 2.0% และ Chitosan 1.5% มีลักษณะปรากฏดีกว่าผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิว แต่คะแนนผลการประเมินด้านลักษณะปรากฏภายนอกยังต่ำกว่าผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวทางการค้าและสารเคลือบผิวที่พัฒนาขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าคะแนนลักษณะปรากฏภายนอกของผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวลดลงอย่างต่อเนื่องตั้งแต่วันแรกๆ ของการเก็บรักษา (ตารางที่ 2 และภาพที่ 11)

คุณภาพของผลิตผลพืชสวนเป็นส่วนประกอบของลักษณะและสมบัติที่ทำให้ผลิตผลนั้นมีคุณค่าต่อการบริโภค หรือมีคุณค่าต่อความเพลิดเพลินใจ โดยผู้บริโภคจะให้ความสำคัญต่อลักษณะปรากฏภายนอกของผลิตผล ความแข็งหรือนุ่มของเนื้อสัมผัส คุณค่าทางโภชนาการ และรสชาติของผลิตผล (ดนัยและนิธิยา, 2548) ซึ่งจากผลการทดลอง พบว่า คะแนนผลการประเมินด้านกลิ่นและรสชาติผิดปกติของผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวส่วนใหญ่แสดงว่ามีรสชาติและกลิ่นผิดปกติ ในขณะที่ผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวยังไม่เกิดรสชาติและกลิ่นผิดปกติเลย ลักษณะผิดปกติดังกล่าวอาจเป็นผลมาจากการเคลือบผิวจำกัดการแลกเปลี่ยนแก๊สออกซิเจนระหว่างภายในผลส้มกับบรรยากาศภายนอก ทำให้ปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในผลส้มลดลง (Hagenmaier and Baker, 1993) ส่งผลให้เกิดสภาพขาดออกซิเจนภายในผลส้มที่เคลือบผิว และเกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน ซึ่งนำมาสู่การสะสมสารที่ทำให้เกิดรสชาติและกลิ่นผิดปกติ (off-flavor) คือ แอซีทัลดีไฮด์ และเอทานอล (Davis and Hofmann, 1973; Cohen *et al.*, 1990; Baldwin *et al.*, 1995; Hagenmaier and Shaw, 2002) ซึ่งผลการทดลองครั้งนี้สอดคล้องกับผลการศึกษาในผล melon พันธุ์ 'Galia' ที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว Tag, Zivdar และ Tag-A แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5-6 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

วัน แล้วย้ายไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 17 องศาเซลเซียส อีก 3 วัน พบว่า ผล melon ที่เคลือบผิวมีรสชาติผิดปกติมากกว่าผล melon ที่ไม่ได้เคลือบผิว (Fallik *et al.*, 2005) เช่นเดียวกับ Hagenmaier (2002) ที่ได้รายงานว่าผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว Britex 555 และ Shellac-resin แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 21 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน เกิดกลิ่นและรสชาติผิดปกติมากที่สุด

นอกจากนี้ ผลการทดลองในครั้งนี้ยังพบว่าผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวมีลักษณะปรากฏที่เริ่มผิดปกติชัดเจน คือ ผลส้มเริ่มแสดงอาการเหี่ยว ในขณะที่ผลส้มที่เคลือบผิวมีอาการผิดปกติดังกล่าวน้อยกว่ามาก และผลส้มบางกรรมวิธียังไม่แสดงอาการผิดปกติเลย ซึ่งอาการเหี่ยวนั้นเกิดจากการที่ผลส้มสูญเสียน้ำ (ดนัย, 2540; จริงแท้, 2544) การเคลือบผิวเป็นวิธีการหนึ่งที่ช่วยชะลอการสูญเสียน้ำได้ 30-50 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ผลิตผลมีลักษณะผิวสด จึงสามารถชะลอการเหี่ยวได้ (ดนัยและนิธิยา, 2548) สอดคล้องกับรายงานของผ่องเพ็ญและคณะ (2549) ที่ศึกษาการเคลือบผิวผลมังคุดด้วยสารเคลือบผิว Teva และสูตร Lab A แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 75±10 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 28 วัน พบว่า ผลมังคุดที่เคลือบผิวมีความมันเงา มีสีผิวผลและสีของกลีบเลี้ยงที่ดีกว่าชุดควบคุม ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4.1.8 สีผิวผลส้ม

ก. ค่า L* ของสีผิว

ผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวมีค่า L* ของสีผิวมากที่สุด คือ 64.24±4.27 ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับค่า L* ของสีผิวผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว WAX (unknown), SEALKOTE, ZIVDAR, SUPERSHINE-C, PE microemulsion, Chitosan 2.0%, CITROSOL AK, PERFECT SHINE, FOMESA, CITRASHINE, ROSY PLUS และ Chitosan 1.5% ที่มีค่า L* เท่ากับ 59.68±2.08, 59.16±1.27, 57.82±1.38, 57.73±2.61, 57.11±0.68, 56.65±2.43, 56.41±0.87, 55.83±3.38, 55.54±2.23, 55.30±3.46, 54.24±1.85 และ 54.13±2.11 ตามลำดับ โดยผลการทดลอง พบว่า ค่า L* ของสีผิวผลส้มในทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มคงที่ตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา (ตารางที่ 2 และภาพที่ 12)

ข. ค่า chroma ของสีผิว

ค่า chroma ของสีผิวผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวมีค่าเท่ากับ 57.56±6.32 ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับค่า chroma ของสีผิวผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว WAX (unknown), SEALKOTE, ZIVDAR, PE microemulsion, SUPERSHINE-C, CITROSOL AK, PERFECT SHINE, CITRASHINE, Chitosan 2.0%, FOMESA, ROSY PLUS และ Chitosan 1.5% ที่มีค่า chroma ของสีผิวผลเท่ากับ 50.02±3.82, 48.96±2.27, 47.92±1.56, 47.11±1.60, 45.91±3.37, 45.85±2.33, 45.32±4.95, 43.40±5.15, 43.35±6.57, 41.73±2.32,

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

41.29±2.23 และ 40.20±3.30 ตามลำดับ ซึ่งตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา พบว่า ผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวทุกกรรมวิธีมีค่า chroma ของสีผิวผลค่อนข้างคงที่ มีเพียงผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวเท่านั้นที่ค่า chroma ของสีผิวเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้น (ตารางที่ 2 และภาพที่ 13)

ค. ค่า hue angle (H°) ของสีผิว

ผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว FOMESA มีค่า H° ของสีผิวเท่ากับ 110.20±1.77 องศา ซึ่งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับค่า H° ของสีผิวผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว SUPERSHINE-C, Chitosan 2.0%, ROSY PLUS และ CITROSOL AK แต่มีค่ามากกว่าผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว Chitosan 1.5%, CITRASHINE, ZIVDAR, PE microemulsion, PERFECT SHINE, SEALKOTE, WAX (unknown) และผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวที่มีค่า H° ของสีผิวผลเท่ากับ 104.43±2.63, 104.25±4.65, 103.88±5.22, 103.35±2.56, 101.50±2.42, 101.33±3.46, 101.23±5.86 และ 96.10±6.35 องศา ตามลำดับ โดยค่า H° ของสีผิวผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวทุกกรรมวิธีค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา แต่ผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวมีค่า H° ลดลงจากวันเริ่มต้นเล็กน้อย (ตารางที่ 2 และภาพที่ 14)

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษาผลส้ม ค่า L*, chroma และ H° ของสีผิวผลส้มทั้งที่เคลือบผิวและไม่เคลือบผิวมีแนวโน้มค่อนข้างคงที่ นั่นแสดงว่าการเคลือบผิวไม่มีผลต่อสีผิวที่แท้จริงของผลส้ม แต่ช่วยให้ผิวผลส้มมีความมันวาวเพิ่มขึ้นเท่านั้น

4.1.9 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว ROSY PLUS, PE microemulsion และ ZIVDAR มีค่าเท่ากับ 12.27±0.76, 12.27±0.50 และ 12.17±1.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว CITRASHINE, WAX (unknown), FOMESA, CITROSOL AK, SEALKOTE และ PERFECT SHINE ที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 11.70±0.98, 11.67±1.03, 11.37±0.60, 11.30±0.44, 11.13±0.45 และ 11.13±0.32 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่มีค่ามากกว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว Chitosan 2.0%, Chitosan 1.5%, SUPERSHINE-C และผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวซึ่งมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 10.90±0.26, 10.83±0.68, 10.80±1.21 และ 9.90±0.70 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลส้มที่เคลือบผิวและไม่ได้เคลือบผิวค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (ตารางที่ 3 และภาพที่ 15)

ผลการทดลองในครั้งนี้สอดคล้องกับผลการศึกษาการเคลือบผิวผล melon พันธุ์ 'Galia' แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5-6 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน หลังจากนั้นย้ายไปเก็บรักษาไว้ที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

อุณหภูมิ 17 องศาเซลเซียส อีก 3 วัน พบว่า ผล melon ที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว Tag, Zivdar, Tag-A และ Beeswax มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ไม่แตกต่างกับชุดควบคุม (Fallik *et al.*, 2005) เช่นเดียวกับผลแอปเปิลพันธุ์ 'Gala' ที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว Carnauba, Zein 10 และ Shellac แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 21 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน พบว่า ผลแอปเปิลที่เคลือบผิวมีปริมาณน้ำตาลซูโครส กลูโคส และฟรักโทสไม่แตกต่างกับผลแอปเปิลชุดควบคุม (Bai *et al.*, 2003)

4.1.10 ค่าพีเอช

ผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว ZIVDAR มีค่าพีเอชไม่แตกต่างจากค่าพีเอชของผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว Chitosan 1.5%, WAX (unknown), PE microemulsion, CITROSOL AK, PERFECT SHINE, Chitosan 2.0%, SUPERSHINE-C, FOMESA และผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิว คือ มีค่าพีเอชเท่ากับ 3.53±0.04, 3.49±0.12, 3.48±0.15, 3.47±0.15, 3.45±0.17, 3.45±0.01, 3.43±0.16, 3.39±0.10, 3.36±0.02 และ 3.49±0.08 ตามลำดับ แต่มีค่าพีเอชมากกว่าค่าพีเอชของผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว SEALKOTE, ROSY PLUS และ CITRASHINE ที่มีค่าพีเอชเท่ากับ 3.29±0.11, 3.25±0.18 และ 3.23±0.19 ตามลำดับ และพบว่าเมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้นค่าพีเอชของผลส้มที่เคลือบผิวและไม่เคลือบผิวเพิ่มขึ้นจากวันเริ่มต้นทำการทดลองเล็กน้อย (ตารางที่ 3 และภาพที่ 16)

ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับผลการศึกษาในผลแอปเปิลพันธุ์ 'Gala' ที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว Carnauba, Zein 10 และ Shellac แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 21 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน พบว่า มีค่าพีเอชไม่แตกต่างกับผลแอปเปิลชุดควบคุม (Bai *et al.*, 2003) นอกจากนี้การที่น้ำส้มคั้นของผลส้มมีค่าพีเอชเพิ่มขึ้น แสดงว่าผลส้มมีรสเปรี้ยวลดลง ทั้งนี้เพราะค่าพีเอชของน้ำคั้นสามารถใช้ชี้บ่งความเปรี้ยวได้ (ดนัยและนิธิยา, 2548) ซึ่งค่าพีเอชที่เพิ่มขึ้นนี้สัมพันธ์กับปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของผลส้มที่ลดลงด้วย โดยมีรายงานว่าการเคลือบผิวผลท้อและสาลี่แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 75 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 27 วัน พบว่าเมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้นค่าพีเอชของผลท้อและสาลี่ทั้งที่เคลือบผิวและไม่ได้เคลือบผิวเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน (Togrul and Arslan, 2004)

4.1.11 ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้

ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว ROSY PLUS มีค่าเท่ากับ 0.71±0.07 เปอร์เซ็นต์กรดซิตริก/100 กรัมน้ำส้มคั้น ซึ่งไม่แตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว SEALKOTE และ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

CITRASHINE แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว PE microemulsion, WAX (unknown), FOMESA, SUPERSHINE-C, Chitosan 2.0%, Chitosan 1.5%, CITROSOL AK, PERFECT SHINE, ZIVDAR และผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวที่มีปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้เท่ากับ 0.56±0.09, 0.55±0.17, 0.53±0.06, 0.50±0.07, 0.50±0.06, 0.49±0.04, 0.48±0.10, 0.45±0.04, 0.44±0.07 และ 0.48±0.06 เปอร์เซ็นต์กรดซิตริก/100 กรัมน้ำส้มคั้น ตามลำดับ โดยเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของผลส้มทั้งที่เคลือบผิวและไม่เคลือบผิวลดลง (ตารางที่ 3 และภาพที่ 17)

การที่ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของผลส้มทุกกรรมวิธีลดลง อาจจะเป็นเพราะกรดอินทรีย์ต่างๆ ถูกนำไปใช้ในกระบวนการหายใจ หรือกรดถูกเปลี่ยนไปเป็นน้ำตาลเพื่อเป็นอาหารสะสม หรือใช้เป็นสารตั้งต้นของปฏิกิริยาต่างๆ (จริงแท้, 2549; Ball, 1997) ซึ่งมีรายงานว่าผลท้อและสาลี่ทั้งที่เคลือบผิวและไม่ได้เคลือบผิว และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 75 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ลดลง เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาผ่านไปนานขึ้น (Togrul and Arslan, 2004) นอกจากนี้ Chien *et al.* (2007) ได้รายงานว่า เนื้อมะม่วงหั่นชิ้นที่เคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 6 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน มีปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้มากที่สุด ในขณะที่มะม่วงหั่นชิ้นที่เคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 0.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ไม่แตกต่างกับชุดควบคุม และ Maciel *et al.* (2004) รายงานว่า ผล Acerola ที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว cassava biofilm ความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน มีปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้มากกว่าผล Acerola ที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว cassava biofilm ความเข้มข้น 2.0, 3.0, 4.0 เปอร์เซ็นต์ และชุดควบคุม

4.1.12 อัตราส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้

ผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว ZIVDAR มีอัตราส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้เท่ากับ 28.45±6.00 ซึ่งไม่แตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบกับอัตราส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว PERFECT SHINE, CITROSOL AK, Chitosan 1.5%, WAX (unknown) และ PE microemulsion ที่มีอัตราส่วนเท่ากับ 24.94±1.70, 24.05±4.69, 22.49±1.29, 22.47±5.80 และ 22.32±4.35 ตามลำดับ แต่มีค่ามากกว่าอัตราส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว Chitosan 2.0%, SUPERSHINE-C, FOMESA, CITRASHINE, SEALKOTE, ROSY PLUS และผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิว ซึ่งมี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อัตราส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้เท่ากับ 21.90±4.27, 21.89±3.53, 21.86±3.91, 19.85±1.68, 19.13±3.13, 17.46±2.79 และ 20.85±2.47 ตามลำดับ เมื่อเก็บรักษาผลส้มไว้นานขึ้นอัตราส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของผลส้มทุกกรรมวิธีมีค่าเพิ่มขึ้นจากวันแรกเมื่อเริ่มต้นเก็บรักษา (ตารางที่ 3 และภาพที่ 18)

การที่อัตราส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของผลส้มในทุกกรรมวิธีมีค่าเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เป็นเพราะปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลส้มมีค่าค่อนข้างคงที่ ในขณะที่ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้มีค่าลดลง จึงส่งผลให้อัตราส่วนของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของผลส้มในทุกกรรมวิธีมีค่าเพิ่มขึ้น

4.1.13 ปริมาณวิตามินซี

ผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว ROSY PLUS, FOMESA, SUPERSHINE-C, Chitosan 1.5%, CITRASHINE, SEALKOTE, WAX (unknown), PE microemulsion, CITROSOL AK, Chitosan 2.0%, PERFECT SHINE, ZIVDAR และผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวมีปริมาณวิตามินซีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือเท่ากับ 21.66±2.21, 21.66±1.10, 21.66±1.10, 21.66±1.10, 21.02±1.91, 21.02±1.91, 21.02±1.91, 21.02±1.91, 20.38±2.21, 20.38±1.10, 20.38±1.10, 19.75±1.10 และ 19.11±0.00 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตรน้ำส้มคั้น ตามลำดับ เมื่อพิจารณาปริมาณวิตามินซีตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา พบว่า ปริมาณวิตามินซีของผลส้มในทุกกรรมวิธีมีค่าค่อนข้างผันแปร (ตารางที่ 3 และภาพที่ 19)

ผลการทดลองครั้งนี้ พบว่า ปริมาณวิตามินซีของผลส้มในทุกกรรมวิธีมีค่าไม่แตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Mota *et al.* (2003) ที่รายงานว่า ผลเสาวรสที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว Fruit Wax, Sparcitrus และ Sunny Side Citrus แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 21 วัน มีปริมาณวิตามินซีไม่แตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 1 การสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณแก๊สออกซิเจนและปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผล ปริมาณเอทานอลในน้ำคั้น และอัตราการหายใจของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 7 วัน

ชนิดของสารเคลือบผิว	การสูญเสียน้ำหนัก (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในผล (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผล (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณเอทานอลในน้ำคั้น (ppm)	อัตราการหายใจ (มิลลิกรัม CO_2/กิโลกรัม/ชั่วโมง)
CITRASHINE	3.41±0.35^{ef}	2.18±1.29^{cde}	12.13±2.35^{bc}	818.56±21.52^{c}	18.34±0.34^{c}
SEALKOTE	3.11±0.20^{ef}	2.91±0.91^{cde}	6.22±1.71^{e}	886.16±78.76^{c}	17.09±0.17^{cd}
FOMESA	2.91±0.50^{f}	1.63±0.29^{de}	14.23±4.48^{ab}	1620.16±14.53^{a}	15.05±2.44^{d}
ROSY PLUS	4.76±0.82^{bc}	2.14±1.32^{cde}	12.21±3.00^{bc}	709.58±14.53^{cd}	9.56±0.47^{e}
CITROSOL AK	4.75±0.59^{bc}	1.51±0.31^{e}	18.17±7.78^{a}	1655.28±13.39^{a}	18.13±0.18^{c}
SUPERSHINE-C	3.73±0.21^{de}	2.16±0.62^{cde}	10.63±2.67^{bcde}	1580.20±13.39^{a}	8.73±0.16^{f}
ZIVDAR	4.41±0.54^{cd}	8.26±1.67^{b}	7.36±0.63^{de}	655.69±66.79^{d}	18.52±0.60^{c}
PERFECT SHINE	4.92±0.33^{bc}	3.04±1.18^{cd}	6.34±1.63^{e}	515.23±29.53^{d}	16.50±0.26^{cd}
WAX (unknown)	3.37±0.37^{ef}	2.44±1.72^{cde}	11.32±3.49^{bcd}	1142.47±40.57^{b}	16.30±0.29^{cd}
PE microemulsion	3.84±0.25^{de}	3.42±0.76^{c}	7.10±0.61^{de}	732.58±31.32^{c}	16.16±0.18^{cd}
Chitosan 1.5%	5.31±0.74^{b}	5.72±1.36^{b}	11.14±3.53^{bcd}	753.17±33.80^{c}	25.93±6.80^{b}
Chitosan 2.0%	5.20±0.83^{b}	2.96±1.14^{cde}	13.46±1.93^{abc}	1213.31±18.44^{b}	19.11±0.94^{c}
Non-coated	6.47±0.57^{a}	17.67±0.63^{a}	2.91±0.60^{f}	294.80±61.25^{e}	29.98±0.70^{a}
$LSD_{0.05}$	0.77	1.52	4.77	195.98	2.92
C.V. (%)	12.28	26.44	31.28	2.91	12.36

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

NN
634.316
ก15110
เลขหมู่.....
สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ตารางที่ 2 กิจกรรมของเอนไซม์แอลกอฮอล์ดีไฮโดรจีเนส และกิจกรรมของเอนไซม์แอซิดฟอสฟาเทสของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 7 วัน

ชนิดของสารเคลือบผิว	กิจกรรมของเอนไซม์แอลกอฮอล์ดีไฮโดรจีเนส (หน่วย/นาที/มิลลิกรัมโปรตีน)	กิจกรรมของเอนไซม์แอซิดฟอสฟาเทส (หน่วย/นาที/มิลลิกรัมโปรตีน)
CITRASHINE	2.19±0.77^{cd}	3.14±1.56^{b}
SEALKOTE	2.41±1.30^{cd}	13.56±8.30^{ab}
FOMESA	4.37±2.99^{cd}	2.79±2.60^{b}
ROSY PLUS	5.19±2.46^{cd}	8.02±6.08^{ab}
CITROSOL AK	1.26±0.09^{d}	9.46±8.28^{ab}
SUPERSHINE-C	1.56±0.54^{d}	5.81±5.06^{ab}
ZIVDAR	19.81±12.89^{b}	15.70±7.23^{ab}
PERFECT SHINE	8.99±7.87^{bcd}	18.47±15.66^{a}
WAX (unknown)	13.17±5.91^{bc}	2.61±1.40^{b}
PE microemulsion	2.39±0.39^{cd}	2.21±1.51^{b}
Chitosan 1.5%	35.08±13.82^{a}	3.06±1.65^{b}
Chitosan 2.0%	35.48±5.21^{a}	5.01±3.37^{ab}
Non-coated	3.42±2.03^{cd}	7.70±5.24^{ab}
$LSD_{0.05}$	11.02	13.55
C.V. (%)	63.02	57.48

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 3 การประเมินคุณภาพด้านกลิ่นและรสชาติผิดปกติ ลักษณะปรากฏ ค่า L*, chroma และ hue angle ของสีผิวผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 7 วัน

ชนิดของสารเคลือบผิว	การประเมินด้านกลิ่นและรสชาติผิดปกติ (คะแนน)	การประเมินด้านลักษณะปรากฏ (คะแนน)	สีผิว		
			L*	chroma	hue angle
CITRASHINE	3.38±0.92^{abc}	4.88±0.35^{a}	55.30±3.46^{def}	43.40±5.15^{cdef}	104.25±4.65^{bcd}
SEALKOTE	3.88±0.35^{a}	4.75±0.71^{ab}	59.16±1.27^{bc}	48.96±2.27^{bc}	101.33±3.46^{cde}
FOMESA	3.88±0.74^{a}	4.63±0.52^{abc}	55.54±2.23^{def}	41.73±2.32^{def}	110.20±1.77^{a}
ROSY PLUS	3.13±0.64^{bc}	4.38±0.74^{abcd}	54.24±1.85^{ef}	41.29±2.23^{ef}	106.00±1.97^{abcd}
CITROSOL AK	3.63±0.74^{ab}	4.63±0.52^{abc}	56.41±0.87^{bcdef}	45.85±2.33^{bcdef}	105.63±2.67^{abcd}
SUPERSHINE-C	1.63±0.74^{g}	4.00±0.76^{cd}	57.73±2.61^{bcde}	45.91±3.37^{bcde}	107.33±2.50^{ab}
ZIVDAR	3.88±0.35^{a}	4.00±0.53^{cd}	57.82±1.38^{bcd}	47.92±1.56^{bc}	103.88±5.22^{bcd}
PERFECT SHINE	3.50±0.53^{abc}	4.50±1.07^{abc}	55.83±3.38^{cdef}	45.32±4.95^{cdef}	101.50±2.42^{cde}
WAX	2.25±0.71^{efg}	4.38±0.74^{abcd}	59.68±2.08^{b}	50.02±3.82^{b}	101.23±5.86^{de}
PE microemulsion	3.00±0.93^{bcd}	4.25±0.46^{abcd}	57.11±0.68^{bcdef}	47.11±1.60^{bcd}	103.35±2.56^{bcd}
Chitosan 1.5%	3.25±0.71^{abc}	3.75±0.46^{de}	54.13±2.11^{f}	40.20±3.30^{f}	104.43±2.63^{bcd}
Chitosan 2.0%	3.50±0.76^{abc}	4.13±0.64^{bcd}	56.65±2.43^{bcdef}	43.35±6.57^{cdef}	106.78±3.53^{abc}
Non-coated	3.88±0.64^{a}	3.25±1.04^{e}	64.24±4.27^{a}	57.56±6.32^{a}	96.10±6.35^{e}
$LSD_{0.05}$	0.69	0.68	3.54	5.68	5.52
C.V. (%)	23.95	16.15	4.28	8.54	3.66

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

กำหนดให้

การประเมินคุณภาพทางด้านรสชาติและกลิ่นผิดปกติ ตามระดับคะแนนดังนี้

4 = ไม่มีรสชาติผิดปกติและไม่มีกลิ่นหมัก 3 = มีรสชาติผิดปกติและกลิ่นหมักเล็กน้อย

2 = มีรสชาติผิดปกติและกลิ่นหมักปานกลาง 1 = มีรสชาติผิดปกติและกลิ่นหมักรุนแรง

การประเมินคุณภาพทางด้านลักษณะปรากฏภายนอก ตามระดับคะแนนดังนี้

5 = ผลปกติ 4 = ผลเริ่มเหี่ยว 3 = ขั้วและรอบๆ ขั้วผลเหี่ยว

2 = ผลเหี่ยวปานกลาง 1 = ผลเหี่ยวมาก

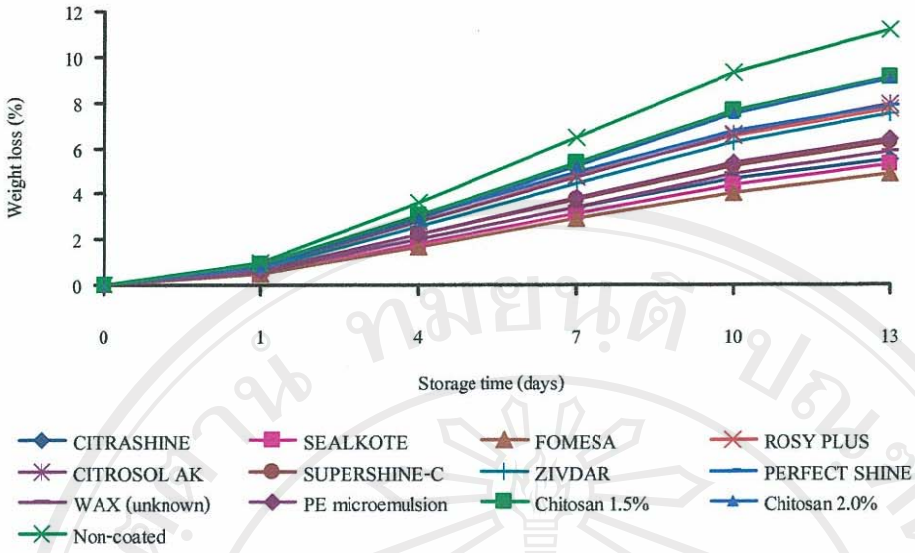
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ค่าพีเอช ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ อัตราส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ และปริมาณวิตามินซีของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 7 วัน

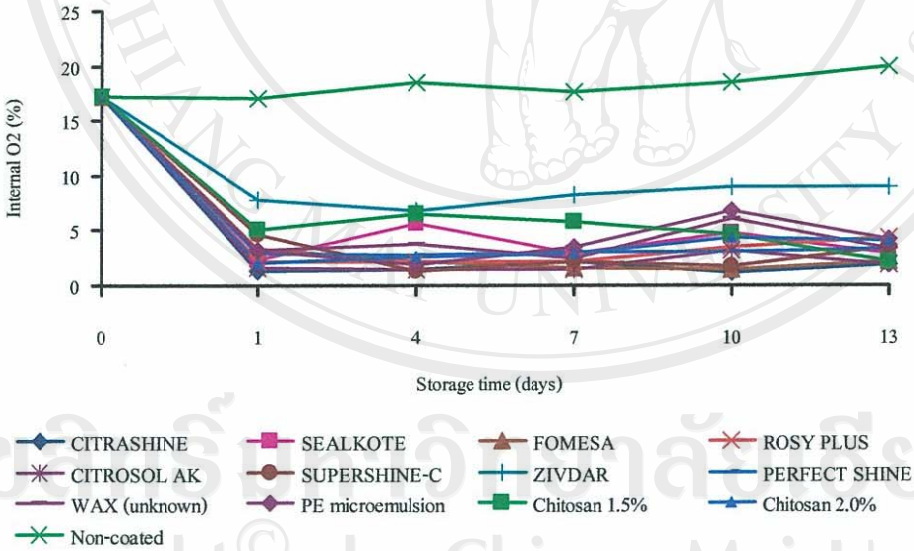
ชนิดของสารเคลือบผิว	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (เปอร์เซ็นต์)	ค่าพีเอช	ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ (เปอร์เซ็นต์กรดซิตริก/100 กรัมน้ำส้มคั้น)	อัตราส่วนของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้	ปริมาณวิตามินซี (มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตรน้ำส้มคั้น)
CITRASHINE	11.70±0.98^{ab}	3.23±0.19^{d}	0.59±0.04^{ab}	19.85±1.68^{bc}	21.02±1.91
SEALKOTE	11.13±0.45^{abc}	3.29±0.11^{bcd}	0.59±0.09^{ab}	19.13±3.13^{bc}	21.02±1.91
FOMESA	11.37±0.60^{ab}	3.36±0.02^{abcd}	0.53±0.06^{bc}	21.86±3.91^{bc}	21.66±1.10
ROSY PLUS	12.27±0.76^{a}	3.25±0.18^{cd}	0.71±0.07^{a}	17.46±2.79^{c}	21.66±2.21
CITROSOL AK	11.30±0.44^{ab}	3.45±0.17^{abc}	0.48±0.10^{bc}	24.05±4.69^{ab}	20.38±2.21
SUPERSHINE-C	10.80±1.21^{bc}	3.39±0.10^{abcd}	0.50±0.07^{bc}	21.89±3.53^{bc}	21.66±1.10
ZIVDAR	12.17±1.00^{a}	3.53±0.04^{a}	0.44±0.07^{c}	28.45±6.00^{a}	19.75±1.10
PERFECT SHINE	11.13±0.32^{abc}	3.45±0.01^{abc}	0.45±0.04^{c}	24.94±1.70^{ab}	20.38±1.10
WAX	11.67±1.03^{ab}	3.48±0.15^{ab}	0.55±0.17^{bc}	22.47±5.80^{abc}	21.02±1.91
PE microemulsion	12.27±0.50^{a}	3.47±0.15^{ab}	0.56±0.09^{bc}	22.32±4.35^{abc}	21.02±1.91
Chitosan 1.5%	10.90±0.26^{bc}	3.49±0.12^{ab}	0.49±0.04^{bc}	22.49±1.29^{abc}	21.66±1.10
Chitosan 2.0%	10.83±0.68^{bc}	3.43±0.16^{abcd}	0.50±0.06^{bc}	21.90±4.27^{bc}	20.38±1.10
Non-coated	9.90±0.70^{c}	3.49±0.08^{ab}	0.48±0.06^{bc}	20.85±2.47^{bc}	19.11±0.00
$LSD_{0.05}$	1.25	0.22	0.14	6.38	2.77
C.V. (%)	6.57	3.76	15.40	17.16	7.93

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

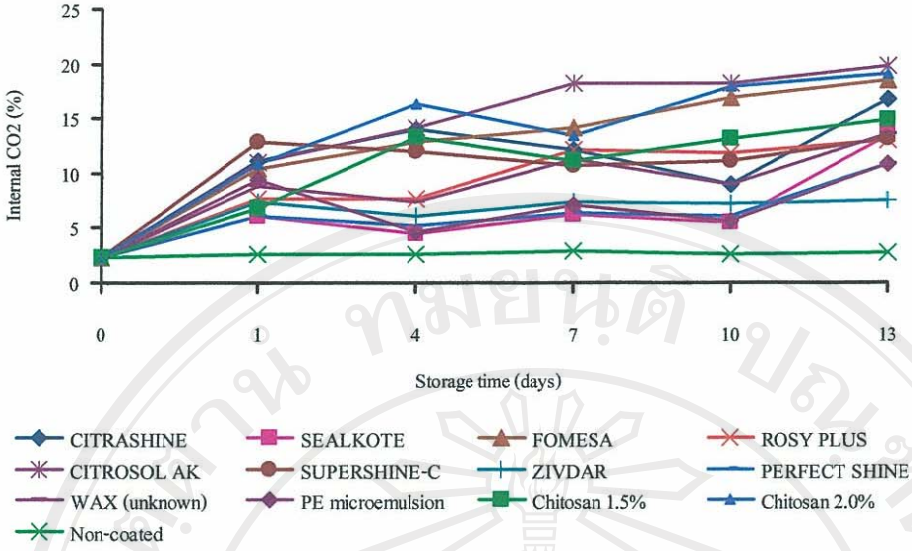


ภาพที่ 3 การเปลี่ยนแปลงการสูญเสียน้ำหนักของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 13 วัน

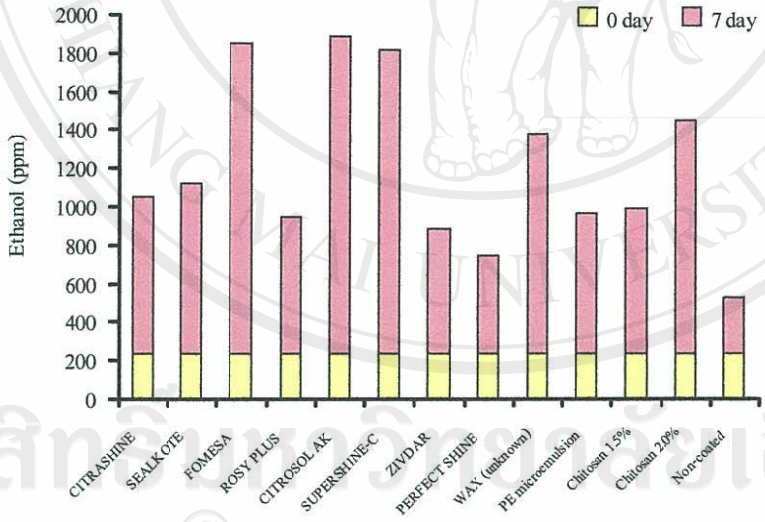


ภาพที่ 4 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในผลของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 13 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

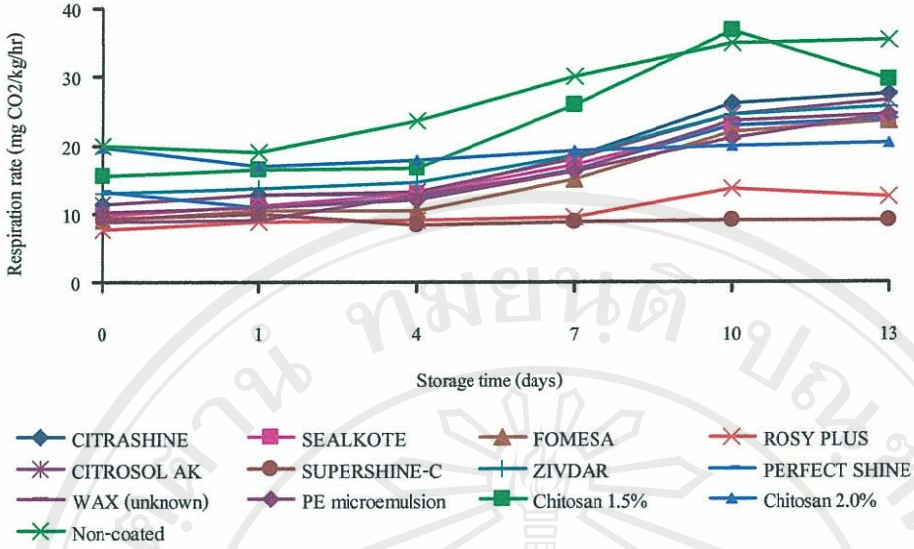


ภาพที่ 5 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 13 วัน

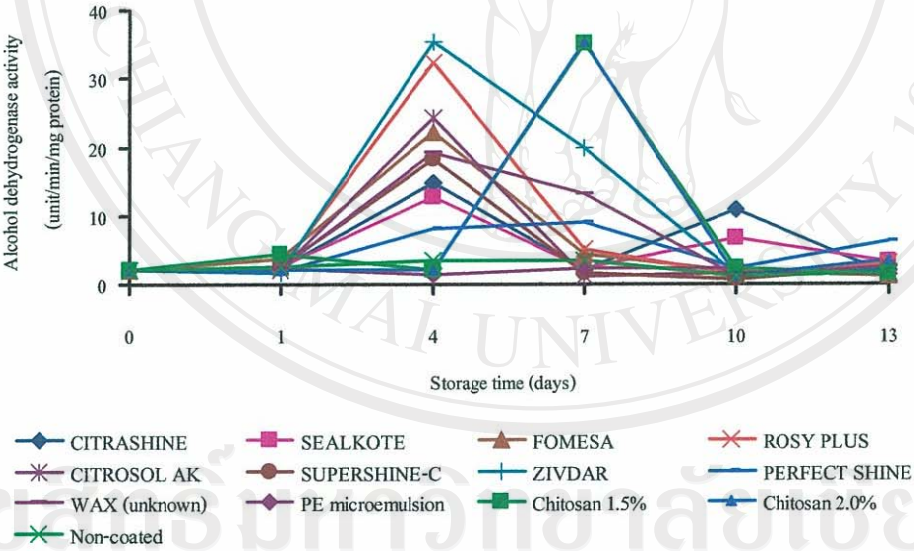


ภาพที่ 6 การเปลี่ยนแปลงปริมาณเอทานอลในน้ำคั้นของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 7 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

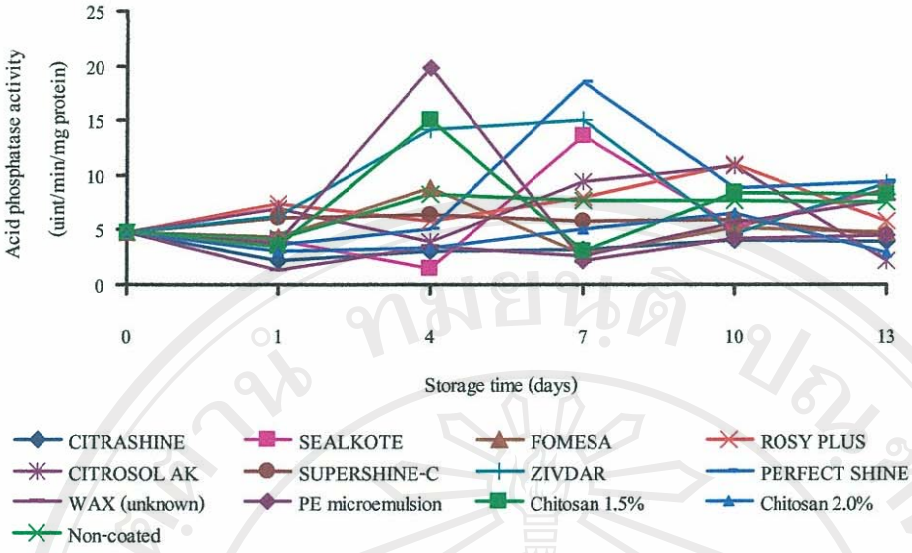


ภาพที่ 7 การเปลี่ยนแปลงอัตราการหายใจของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 13 วัน

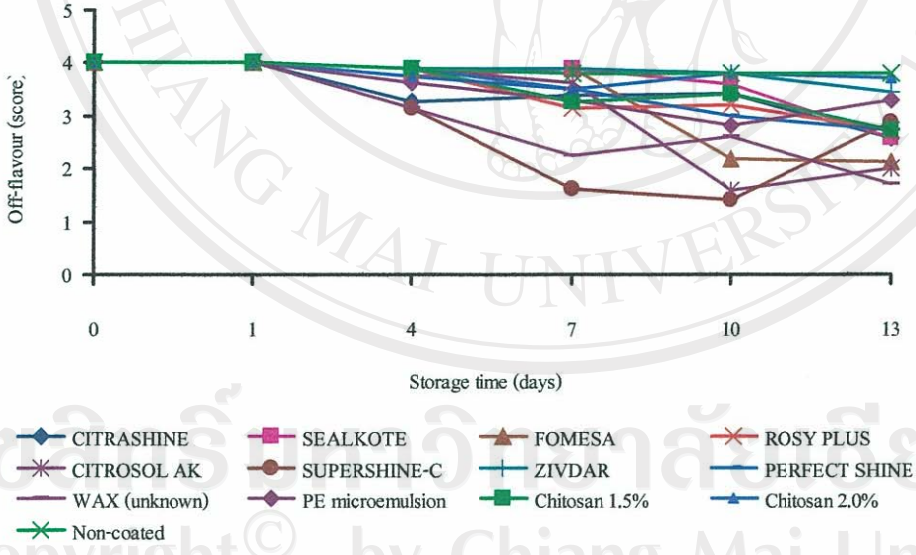


ภาพที่ 8 การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์แอลกอฮอล์ดีไฮโดรจีเนสของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 13 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

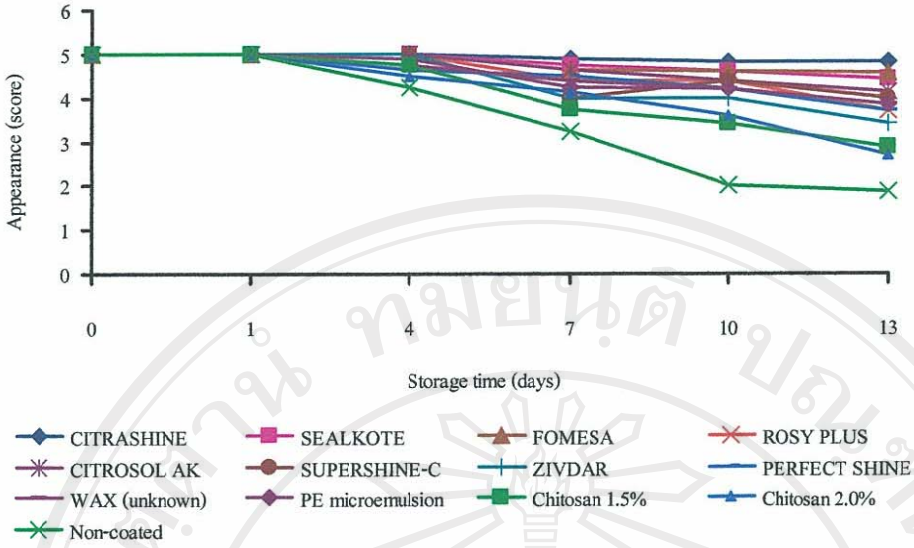


ภาพที่ 9 การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์แอซิดฟอสฟาเทสของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 13 วัน

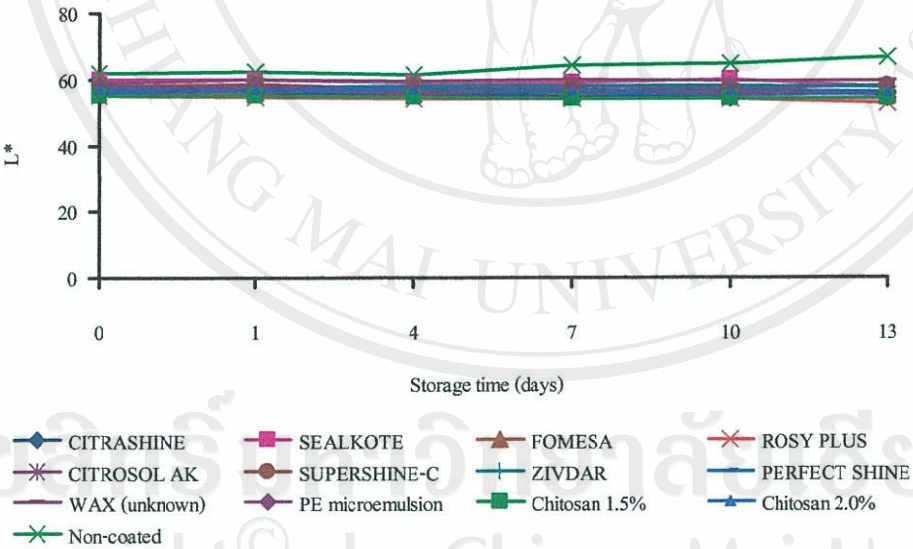


ภาพที่ 10 การเปลี่ยนแปลงด้านกลิ่นและรสชาติผิดปกติของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 13 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

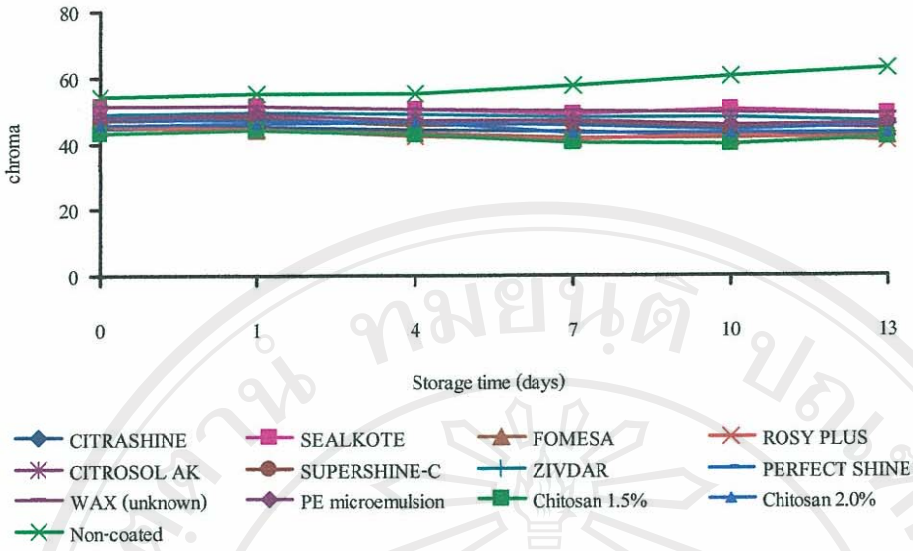


ภาพที่ 11 การเปลี่ยนแปลงด้านลักษณะปรากฏของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 13 วัน

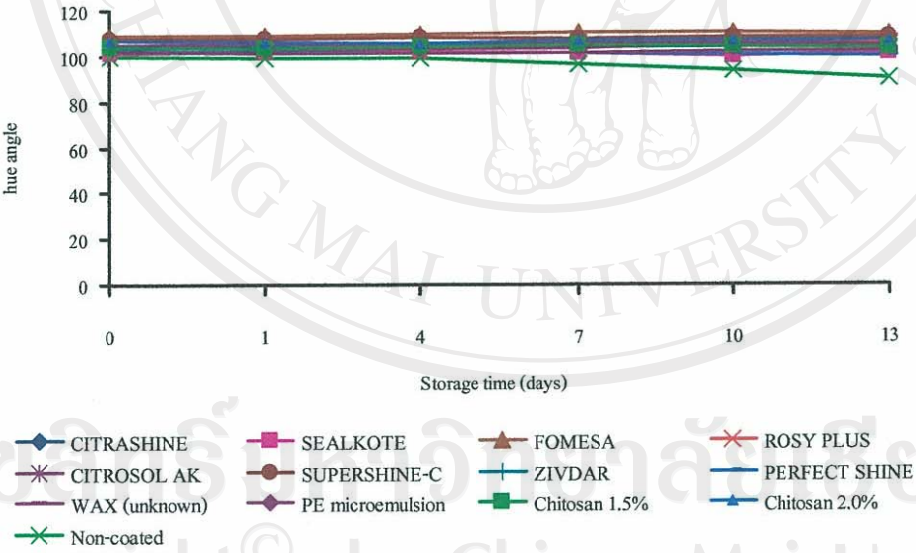


ภาพที่ 12 การเปลี่ยนแปลงค่า L* ของสีผิวผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 13 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

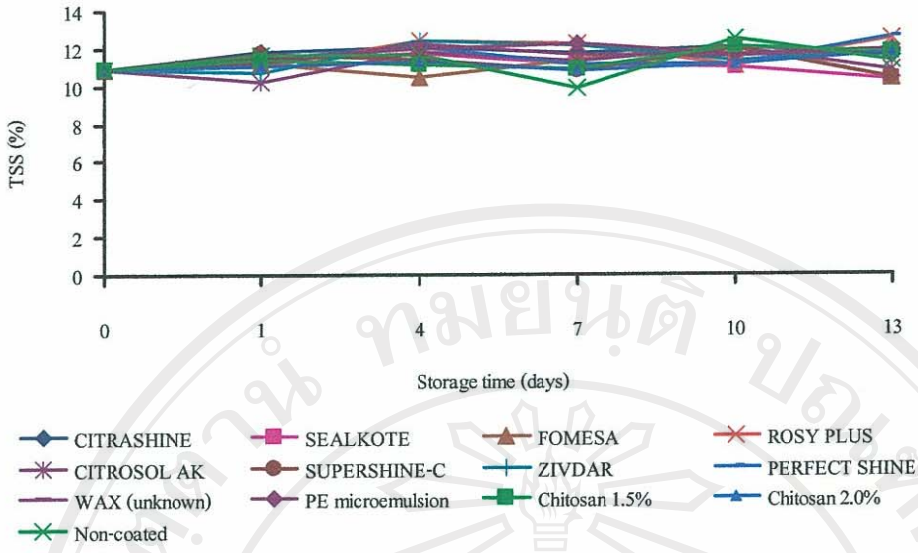


ภาพที่ 13 การเปลี่ยนแปลงค่า chroma ของสีผิวผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 13 วัน

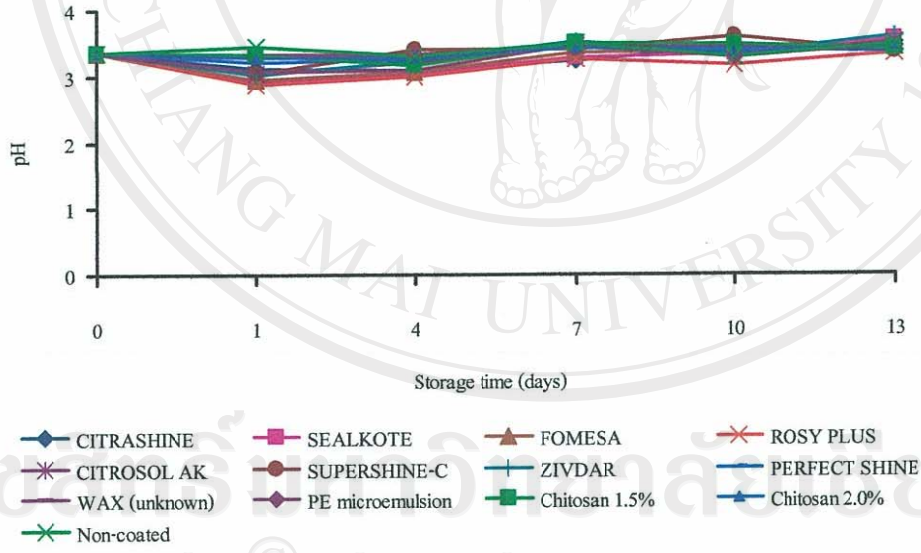


ภาพที่ 14 การเปลี่ยนแปลงค่า hue angle ของสีผิวผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 13 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

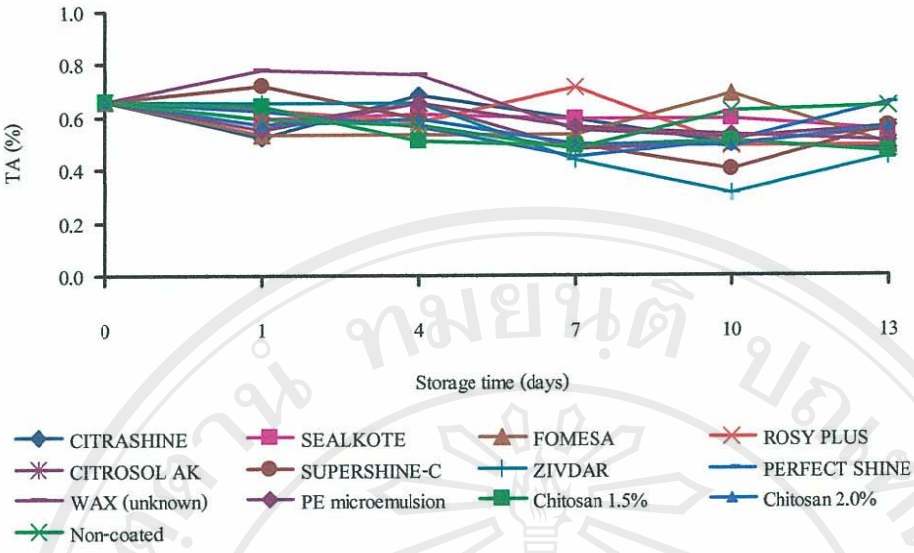


ภาพที่ 15 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 13 วัน

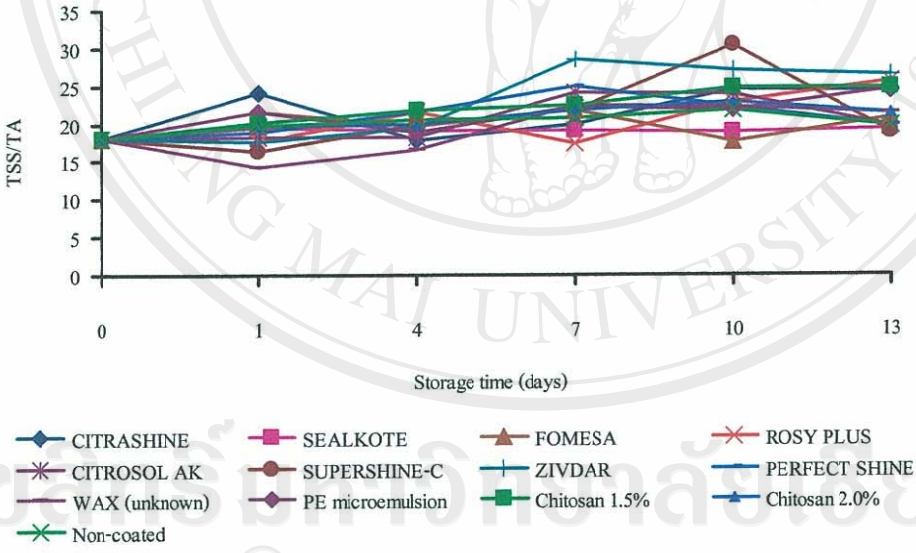


ภาพที่ 16 การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 13 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

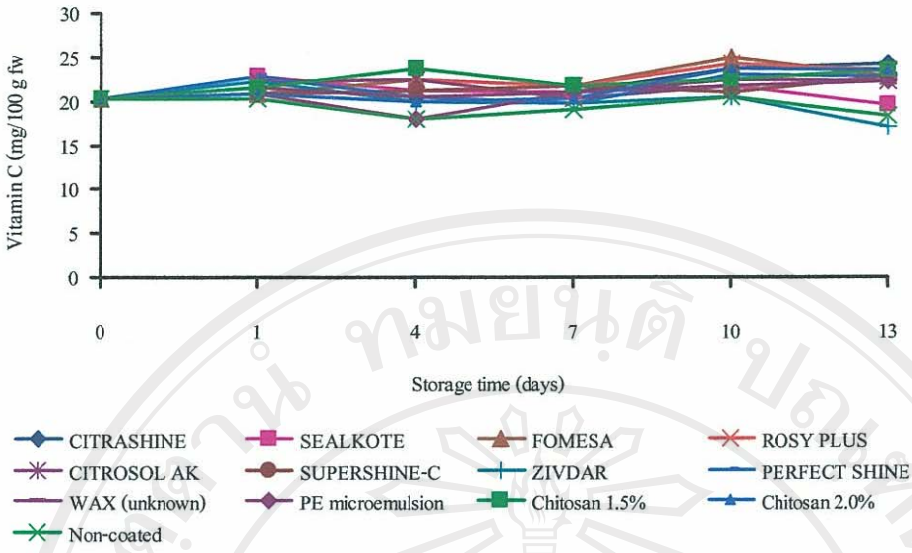


ภาพที่ 17 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 13 วัน

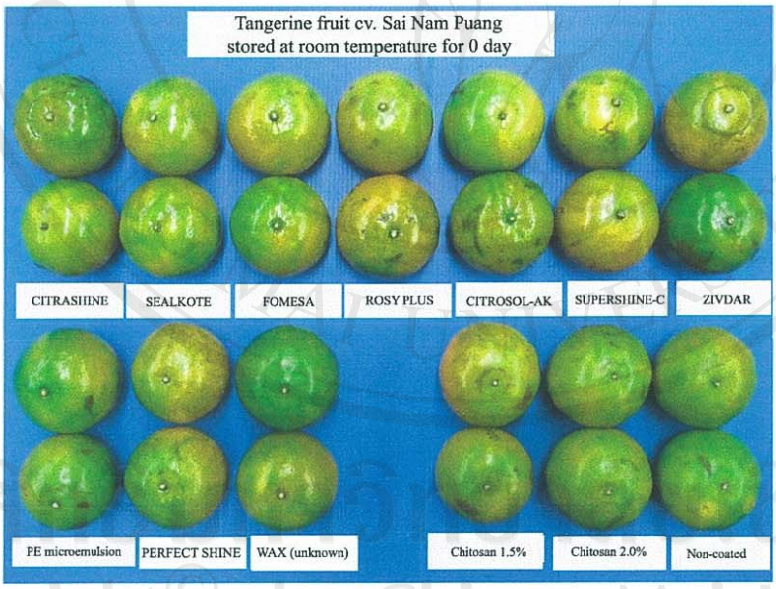


ภาพที่ 18 การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 13 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

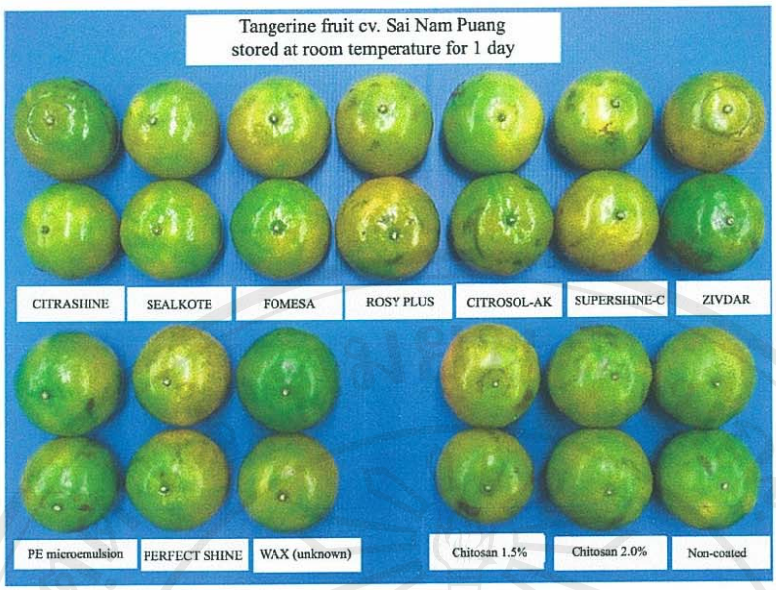


ภาพที่ 19 การเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซีของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 13 วัน



ภาพที่ 20 ลักษณะปรากฏของผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 0 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 21 ลักษณะปรากฏของผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 1 วัน

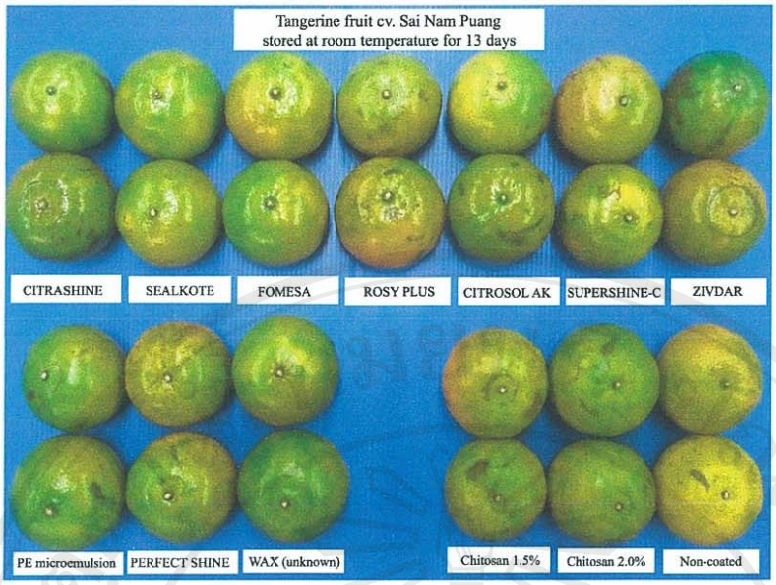
ภาพที่ 22 ลักษณะปรากฏของผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 4 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ 23 ลักษณะปรากฏของผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 7 วัน

ภาพที่ 24 ลักษณะปรากฏของผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 10 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 25 ลักษณะปรากฏของผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 13 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2 การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพ เคมี และลรีรวิทยาของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 10 วัน

4.2.1 การสูญเสียน้ำหนัก

ผลส้มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส สูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 2.41±1.09 และ 2.30±0.71 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่สูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าผลส้มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง ที่สูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 7.75±2.26 เปอร์เซ็นต์ ผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว CITRASHINE, SEALKOTE, ZIVDAR, ROSY PLUS, PE microemulsion, PERFECT SHINE และ Chitosan 2.0% สูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 2.90±2.31, 3.01±2.30, 3.15±1.95, 3.32±2.20, 4.33±2.90, 4.72±2.97 และ 5.29±2.74 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวที่สูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 6.57±4.38 เปอร์เซ็นต์ และผลส้มในทุกกรรมวิธีสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ทั้งนี้อิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิที่เก็บรักษากับชนิดของสารเคลือบผิวมีปฏิสัมพันธ์กัน (ตารางที่ 5 และภาพที่ 26)

ผลการทดลองที่ได้แสดงว่า การเก็บรักษาผลส้มไว้ที่อุณหภูมิต่ำสามารถลดการสูญเสียน้ำหนักได้ดีกว่าการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง และผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ สูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิว ซึ่งผลิตผลที่เก็บเกี่ยวมาจากต้นแล้วยังคงมีการสูญเสียน้ำเกิดขึ้นตลอดเวลา (จริงแท้, 2544) การสูญเสียน้ำออกจากเซลล์พืชเกิดขึ้นโดยน้ำเคลื่อนที่ไปสู่อากาศภายนอกผ่านทางรูเปิดธรรมชาติและรอยแผลของผลิตผล (จริงแท้, 2544; สายชล, 2528) นอกจากนี้การเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิสูงจะทำให้ผลิตผลมีการคายน้ำสูงและสูญเสียน้ำได้รวดเร็วกว่าที่อุณหภูมิต่ำ เพราะเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นความดันของไอน้ำในอากาศจะเพิ่มขึ้น คือ ที่อุณหภูมิสูงอากาศสามารถอุ้มไอน้ำไว้ได้มากกว่าที่อุณหภูมิต่ำ (จริงแท้, 2544; ดนัยและนิธิยา, 2548) ดังนั้นการเก็บผลส้มไว้ที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส จึงสามารถลดการสูญเสียน้ำหนักได้ดีกว่าการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง จากผลการทดลองสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Worrell *et al.* (2002) ซึ่งรายงานว่า ผลสาเก (breadfruit) ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 7, 12, 13, 14, 15, 16 และ 17 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 และ 10 วัน สูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าผลสาเกที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง และในวันที่ 10 ของการเก็บรักษา พบว่า ผลสาเกที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้องเกิดการเน่าเสียแล้ว นอกจากนี้ Yaman and Bayoindirli (2002) ได้รายงานว่า ผลเชอรี่ที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว Semperfresh™ ความเข้มข้น 10 และ 20

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กรัม/ลิตร แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส สูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าผลเชอรี่ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง

นอกจากนี้ยังพบว่าผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ สูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิว ซึ่ง Fallik *et al.* (2005) รายงานว่า ผล melon พันธุ์ 'Galia' ที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว Tag, Zivdar, Tag-A และ Beeswax แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5-6 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน สูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าผล melon ที่ไม่ได้เคลือบผิว เช่นเดียวกับการเคลือบผิวผลส้มด้วยสารเคลือบผิวที่มีส่วนประกอบของสารกลุ่ม hydrocolloid คือ xanthan 0.5%, guar 0.5%, LBG 0.5% และสารทางการค้า แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 19 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 44 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 30 และ 37 วัน พบว่า ผลส้มที่เคลือบผิวทุกกรรมวิธีสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิว (Chen and Nussinovitch, 2000)

4.2.2 ปริมาณแก๊สออกซิเจนและปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลส้ม

ก. ปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในผลส้ม

ปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในผลส้มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส มีค่าเท่ากับ 10.54±5.13 และ 8.90±5.41 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีค่ามากกว่าปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในผลส้มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องที่มีค่าเท่ากับ 3.78±4.42 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวมีปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในผลมากที่สุด คือ 16.28±1.78 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในผลของผลส้มที่เคลือบผิวด้วย Chitosan 2.0%, ROSY PLUS, PE microemulsion, ZIVDAR, SEALKOTE, PERFECT SHINE และ CITRASHINE ซึ่งมีค่าเท่ากับ 10.32±6.08, 8.71±6.81, 8.43±4.52, 7.47±4.92, 4.87±3.50, 4.20±2.04 และ 2.51±1.45 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยพบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นปริมาณแก๊สออกซิเจนของผลส้มในทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง ซึ่งอิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิที่เก็บรักษากับชนิดของสารเคลือบผิวมีปฏิสัมพันธ์กัน (ตารางที่ 5 และภาพที่ 27)

ข. ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลส้ม

ผลส้มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส มีปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลไม่แตกต่างกัน คือ 4.60±1.20 และ 5.98±2.15 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับผลส้มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องที่มีปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลเท่ากับ 14.95±10.12 เปอร์เซ็นต์ ผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวมีปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลน้อยที่สุด คือ 3.72±1.52 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ของผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว PE microemulsion, PERFECT SHINE, ZIVDAR, SEALKOTE, ROSY PLUS, Chitosan 2.0% และ CITRASHINE ซึ่งมีปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 5.90±1.32, 6.95±2.89, 7.55±2.73, 8.43±4.86, 9.21±9.60, 9.69±3.84 และ 16.45±3.47 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลส้มในทุกกรรมวิธีเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยผลส้มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องมีอัตราการเพิ่มขึ้นสูงกว่าผลส้มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส ทั้งนี้อิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิที่เก็บรักษากับชนิดของสารเคลือบผิวมีปฏิสัมพันธ์กัน (ตารางที่ 5 และภาพที่ 28)

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ผลส้มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำ คือ 5 และ 10 องศาเซลเซียส มีปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในผลสูงกว่าและมีปริมาณแก๊สคาร์บอนไดอกไซด์ภายในผลต่ำกว่าผลส้มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งการแลกเปลี่ยนแก๊สของผลิตผลที่มีการเคลือบผิวนั้นขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมที่เก็บรักษา คือ อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ด้วย (Baldwin *et al.*, 1995) กล่าวคือ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นอัตราการหายใจของผลิตผลจะเพิ่มขึ้น (ดนัย, 2540) ดังนั้นการเก็บรักษาผลส้มไว้ที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส จึงช่วยลดอัตราการหายใจของผลส้มให้เกิดต่ำกว่าผลส้มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง ส่งผลให้ความต้องการใช้แก๊สออกซิเจนในกระบวนการหายใจลดลง ในขณะเดียวกันก็มีการผลิตแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์น้อยลงด้วย ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Ke *et al.* (1991) ที่ศึกษาเกี่ยวกับการเก็บรักษาผลท้อพันธุ์ 'Fairtime' ไว้ในสภาพควบคุมบรรยากาศที่อุณหภูมิ 0 และ 5 องศาเซลเซียส พบว่า ผลท้อที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส มีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลต่ำกว่าผลท้อที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส

นอกจากนี้ยังพบว่า ผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ มีปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในผลต่ำกว่าและปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลสูงกว่าผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิว ทั้งนี้เป็นเพราะการเคลือบผิวช่วยทดแทนสารเคลือบผิวตามธรรมชาติที่สูญเสียไป (ดนัยและนิธิยา, 2548) นอกจากนี้การเคลือบผิวยังช่วยปิดรูเปิดตามธรรมชาติและบาดแผลของผลิตผลด้วย (จริงแท้, 2544) ซึ่งส่งผลให้การแลกเปลี่ยนแก๊สระหว่างผลส้มกับบรรยากาศเกิดได้น้อยลง ดังนั้นปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในผลส้มจึงลดลง ในขณะที่ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลส้มเพิ่มขึ้น (Hagenmaier and Baker, 1994; Petracek *et al.*, 1998) ซึ่งลักษณะดังกล่าวที่เกิดขึ้นนั้นเหมือนกับการเก็บรักษาผลส้มไว้ในสภาพควบคุมบรรยากาศ (Hatton and Spalding, 1990; Ke and Kader, 1990) ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับรายงานของ Hagenmaier (2005) ที่พบว่าผลส้มพันธุ์ 'Valencia' ที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 590 HS และ Brilliance แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส มีปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในผลสูงกว่า และมีปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลต่ำกว่าผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิว นอกจากนี้ Petracek *et al.* (1998) ได้รายงานว่า ผล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

grapefruit ที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว Carnauba, Polyethylene, Shellac 1, Shellac 2 และ Shellac 3 มีปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในผลต่ำกว่า และมีปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลสูงกว่าผล grapefruit ที่ไม่ได้เคลือบผิว เช่นเดียวกันกับการเคลือบผิวผลมะม่วงด้วยสารเคลือบผิว Nature Seal® 2020 (NS) และTropical Fruit Coating 213 (TFC) แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 99 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 19 วัน แล้วย้ายไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 56 เปอร์เซ็นต์ อีก 4 วัน พบว่า ผลมะม่วงที่เคลือบผิวมีปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในผลต่ำกว่าและมีปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลสูงกว่าชุดควบคุม (Baldwin *et al.*, 1999) และ Bai *et al.* (2003) ได้รายงานว่า ผลแอปเปิลพันธุ์ Delicious, Fuji, Braeburn และ Granny Smith ที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว Polyethylene, Candelilla, Carnauba-Shellac และ Shellac แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน มีปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในผลสูงกว่าและปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำกว่าผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิว

4.2.3 ปริมาณเอทานอลในน้ำคั้น

ผลส้มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส มีปริมาณเอทานอลในน้ำคั้นน้อยที่สุด และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณเอทานอลในน้ำคั้นของผลส้มที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิห้อง คือมีค่าเท่ากับ 433.57±122.82, 666.44±318.03 และ 1,396.68±470.06 ppm ตามลำดับ ซึ่งการเก็บรักษาผลส้มไว้ที่อุณหภูมิห้องส่งผลให้มีปริมาณเอทานอลในน้ำคั้นสูงกว่าปริมาณเอทานอลในน้ำคั้นของผลส้มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 10 และ 5 องศาเซลเซียส ประมาณ 2 ถึง 3 เท่า ตามลำดับ และผลการทดลอง พบว่า ผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวมีปริมาณเอทานอลในน้ำคั้นน้อยที่สุด คือ 351.76±58.30 ppm ซึ่งไม่แตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณเอทานอลในน้ำคั้นของผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว PE microemulsion, PERFECT SHINE, Chitosan 2.0% และ ZIVDAR ที่มีปริมาณเอทานอลเท่ากับ 686.37±419.23, 726.73±359.85, 823.60±736.76 และ 888.19±434.47 ppm ตามลำดับ แต่มีค่าน้อยกว่าและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณเอทานอลในน้ำคั้นของผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว SEALKOTE, ROSY PLUS และ CITRASHINE ซึ่งเท่ากับ 1,024.21±395.66, 1,063.97±718.34 และ 1,093.02±541.79 ppm ตามลำดับ และเมื่อระยะเวลาของการเก็บรักษานานขึ้น ผลส้มในทุกกรรมวิธีมีปริมาณเอทานอลในน้ำคั้นเพิ่มขึ้น โดยที่ระยะเวลาการเก็บรักษาเท่ากัน คือ 10 วัน ซึ่งผลส้มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำมีอัตราการเพิ่มขึ้นของปริมาณเอทานอลในน้ำคั้นต่ำกว่าผลส้มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง ทั้งนี้อิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิที่เก็บรักษากับชนิดของสารเคลือบผิวมีปฏิสัมพันธ์กัน (ตารางที่ 5 และภาพที่ 29)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ส้มเป็นผลไม้ที่มีความอ่อนแอ (sensitive) ต่อสภาพขาดออกซิเจน ที่จะส่งผลให้เกิดการสะสมสารในกลุ่มแอซีทัลดีไฮด์และเอทานอลภายในผลส้ม (Pesis and Avissar, 1989) ซึ่งความสามารถของผลิตผลต่อการต้านทานการเกิดกลิ่นและรสชาติผิดปกติอันเนื่องมาจากสภาพแก๊สออกซิเจนต่ำและคาร์บอนไดออกไซด์สูงนั้นมีปัจจัยหลายประการร่วมกัน ได้แก่ พันธุ์ ระยะเวลาที่ได้รับสภาพขาดออกซิเจน การปฏิบัติภายหลังการเก็บเกี่ยว รวมถึงอุณหภูมิในการเก็บรักษา (Gran and Beaudry, 1993) ซึ่งการทดลองครั้งนี้ พบว่า ผลส้มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำมีปริมาณเอทานอลในน้ำคั้นต่ำกว่าผลส้มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง ทั้งนี้ที่อุณหภูมิต่ำสามารถชะลออัตราการเกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนของผลิตผลได้ เพราะที่สภาพอุณหภูมิต่ำผลิตผลจะมีการหายใจต่ำ ดังนั้นจึงมีการนำเอาแก๊สออกซิเจนไปใช้ในการหายใจน้อย และการสังเคราะห์แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลก็เกิดขึ้นน้อยด้วย ส่งผลให้กระบวนการหายใจโดยไม่ใช้ออกซิเจนเกิดขึ้นช้า ดังนั้นการสะสมสารพวกแอซีทัลดีไฮด์และเอทานอลภายในผลจึงเกิดขึ้นน้อยกว่าการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง ซึ่ง Ke *et al.* (1991) รายงานว่า ผลท้อที่เก็บรักษาไว้ในสภาพที่มีแก๊สออกซิเจนความเข้มข้น 0.25 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 วัน มีปริมาณเอทานอลและแอซีทัลดีไฮด์ต่ำกว่าปริมาณเอทานอลและแอซีทัลดีไฮด์ของผลท้อที่เก็บรักษาไว้ในสภาพที่มีแก๊สออกซิเจนความเข้มข้น 0.25 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ในขณะที่ Cadena-Iniguez *et al.* (2006) รายงานว่า หลังจากเก็บรักษาผล *Sechium edule* ไว้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน มีปริมาณเอทานอลภายในผลต่ำกว่าผล *Sechium edule* ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า ผลส้มพันธุ์ 'Valencia' ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 6 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 เดือน มีปริมาณเอทานอลต่ำกว่าผลส้มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 6 องศาเซลเซียส นาน 2 เดือน แล้วย้ายไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 17 องศาเซลเซียส อีก 2 เดือน ถึง 3 เท่า (Pesis and Avissar, 1989)

ผลการทดลองครั้งนี้ พบว่า ผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ มีปริมาณเอทานอลในน้ำคั้นสูงกว่าปริมาณเอทานอลของผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิว ซึ่งการใช้สารเคลือบผิวผลส้มนั้นแม้จะช่วยให้ผลส้มมีผิวที่มันวาว สามารถดึงดูดใจผู้บริโภค แต่การเคลือบผิวมักจะส่งผลให้ผลส้มมีกลิ่นและรสชาติผิดปกติ (Hagenmaier and Baker, 1993; Ke and Kader, 1990) ทั้งนี้เพราะผลิตผลสดที่เก็บรักษาหรืออยู่ในสภาพที่มีแก๊สออกซิเจนต่ำและ/หรือคาร์บอนไดออกไซด์สูงเป็นระยะเวลานานจะมีการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน และเกิดการสะสมสารซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ของกระบวนการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน ซึ่งได้แก่ แอซีทัลดีไฮด์และเอทานอล (Kader, 1986; Smilanick and Fouse, 1989) ซึ่ง Bai *et al.* (2003) รายงานว่า ผลแอปเปิลพันธุ์ 'Gala' ที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว Zein 10 และ Shellac แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 21 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน มีปริมาณเอทานอลสูงกว่าผลแอปเปิลชุดควบคุม นอกจากนี้มีรายงานการศึกษาใน grapefruit

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

พบว่า ผล grapefruit ที่เคลือบผิวด้วย Shellac 1, Shellac 2 และ Shellac 3 แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 21 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน มีปริมาณเอทานอลสูงกว่าปริมาณเอทานอลในผล grapefruit ที่ไม่ได้เคลือบผิว (Petracek *et al.*, 1998) และผลแอปเปิลพันธุ์ 'Marsh' ที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวสูตร Shallac I และ PE I ประมาณ 100 มิลลิกรัม/ผล แล้วเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 2 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 23 องศาเซลเซียส มีปริมาณเอทานอลภายในผลสูงกว่าผลแอปเปิลที่ไม่ได้เคลือบผิว (Hagenmaier and Baker, 1994)

4.2.4 กิจกรรมของเอนไซม์แอลกอฮอล์ดีไฮโดรจีเนส

ผลส้มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง มีกิจกรรมของเอนไซม์แอลกอฮอล์ดีไฮโดรจีเนส ที่ทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาการเปลี่ยนแอซีทัลดีไฮด์ไปเป็นเอทานอล เท่ากับ 64.28±46.79, 21.30±25.39 และ 6.51±2.55 หน่วย/นาที/มิลลิกรัมโปรตีน ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.05$) นอกจากนี้ผลการทดลองยังพบว่า ผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว PERFECT SHINE และ CITRASHINE มีกิจกรรมของเอนไซม์แอลกอฮอล์ดีโดรจีเนส เท่ากับ 47.05±13.18 และ 46.99±34.05 หน่วย/นาที/มิลลิกรัมโปรตีน ซึ่งไม่แตกต่างกับกิจกรรมของเอนไซม์แอลกอฮอล์ดีไฮโดรจีเนสของผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว ZIVDAR, SEALKOTE, Chitosan 2.0% และ ROSY PLUS แต่มีค่ามากกว่ากิจกรรมของเอนไซม์แอลกอฮอล์ดีไฮโดรจีเนสของผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว PE microemulsion และผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิว ซึ่งมีกิจกรรมของเอนไซม์แอลกอฮอล์ดีไฮโดรจีเนสเท่ากับ 24.63±13.58 และ 14.46±12.32 หน่วย/นาที/มิลลิกรัมโปรตีน ตามลำดับ นอกจากนี้ผลการทดลองยังแสดงให้เห็นว่าผลส้มในทุกกรรมวิธีมีกิจกรรมของเอนไซม์แอลกอฮอล์ดีไฮโดรจีเนสเพิ่มขึ้นและลดลง ซึ่งอิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิที่เก็บรักษากับชนิดของสารเคลือบผิวมีปฏิสัมพันธ์กัน (ตารางที่ 6 และภาพที่ 30)

ผลการทดลองที่ได้ พบว่า ผลส้มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำมีกิจกรรมของเอนไซม์แอลกอฮอล์ดีไฮโดรจีเนสสูงกว่าผลส้มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งการที่เป็นเช่นนี้อาจจะเป็นเพราะในการทดลองนี้ได้ทำการวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์แอลกอฮอล์ดีไฮโดรจีเนสในวันที่ผลส้มหมดอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ ดังนั้นที่อุณหภูมิห้องซึ่งผลส้มหมดอายุการเก็บรักษาในวันที่ 10 นั้นอาจจะเป็นช่วงที่กิจกรรมของเอนไซม์ลดลงแล้ว ในขณะที่กิจกรรมของเอนไซม์แอลกอฮอล์ดีไฮโดรจีเนสของผลส้มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำนั้นอาจจะกำลังเพิ่มขึ้น ดังนั้นกิจกรรมของเอนไซม์ของผลส้มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำจึงสูงกว่ากิจกรรมของเอนไซม์ของผลส้มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง โดยผลส้มที่เคลือบผิวส่วนใหญ่มีกลิ่นผิดปกติเกิดขึ้นภายในผล และเมื่อผลส้มเกิดกระบวนการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนแล้วอาจจะเป็นช่วงที่กิจกรรมของเอนไซม์แอลกอฮอล์ดีไฮโดรจีเนสลดลง เพราะเมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองที่ 1 พบว่า ผลการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ทดลองที่ได้สอดคล้องกัน กล่าวคือ ในการทดลองที่ 1 นั้นผลส้มในทุกกรรมวิธีมีกิจกรรมของเอนไซม์แอลกอฮอล์ดีไฮโดรจีเนสเพิ่มขึ้นตั้งแต่ช่วงแรกๆ ของการเก็บรักษา แต่ในวันที่ 10 ของการเก็บรักษานั้นกิจกรรมของเอนไซม์แอลกอฮอล์ดีไฮโดรจีเนสลดต่ำลงอย่างมาก (ภาพที่ 8) ในขณะที่ผลส้มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำมีกิจกรรมของเอนไซม์แอลกอฮอล์ดีไฮโดรจีเนสสูงกว่า ทั้งนี้อาจจะเป็นช่วงที่เริ่มเกิดกระบวนการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนขึ้นภายในผลส้ม คือ เอนไซม์ pyruvate decarboxylase เริ่มทำให้เกิดการสร้างแอซีทัลดีไฮด์ผ่านกระบวนการ pyruvate decarboxylation หลังจากนั้นเอนไซม์ alcohol dehydrogenase จะเปลี่ยนแอซีทัลดีไฮด์ให้เป็นเอทานอล (Imahori *et al.*, 2003) ดังนั้นกิจกรรมของเอนไซม์แอลกอฮอล์ดีไฮโดรจีเนสจึงสูงขึ้นและลดลงในช่วงท้ายของการเก็บรักษา (ภาพที่ 30)

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ มีกิจกรรมของเอนไซม์แอลกอฮอล์ดีไฮโดรจีเนสสูงกว่าผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิว ซึ่งผลิตผลที่เก็บรักษาไว้ในสภาพที่มีออกซิเจนต่ำมากๆ จะทำให้เกิดกลิ่นและรสชาติผิดปกติ โดยเกิดจากการสะสมสารพวกแอซีทัลดีไฮด์และเอทานอล ซึ่งเอทานอลเป็นผลิตภัณฑ์สุดท้ายของกระบวนการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนอันเกิดจากสภาพออกซิเจนต่ำและ/หรือคาร์บอนไดออกไซด์สูง โดยการทำงานของเอนไซม์ pyruvate decarboxylase ที่เปลี่ยน pyruvate เป็นแอซีทัลดีไฮด์ แล้วเอนไซม์ alcohol dehydrogenase จะทำงานต่อโดยใช้ NADH ในปฏิกิริยาการเปลี่ยนแอซีทัลดีไฮด์ให้เป็นเอทานอล (Ke and Kader, 1992) สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Imahori *et al.* (2004) ที่ได้รายงานว่า Chinese chive ที่เก็บรักษาไว้ที่สภาพออกซิเจน 0, 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน มีกิจกรรมของเอนไซม์แอลกอฮอล์ดีไฮโดรจีเนสสูงกว่าใน Chinese chive ที่เก็บรักษาไว้ที่บรรยากาศปกติ

4.2.5 กิจกรรมของเอนไซม์แอซิดฟอสฟาเทส

กิจกรรมของเอนไซม์แอซิดฟอสฟาเทสของผลส้มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส มีค่ามากที่สุด และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกิจกรรมของเอนไซม์แอซิดฟอสฟาเทสของผลส้มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 8.38±6.80, 3.86±3.11 และ 5.27±3.61 หน่วย/นาที/มิลลิกรัมโปรตีน ตามลำดับ สำหรับผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวมีกิจกรรมของเอนไซม์แอซิดฟอสฟาเทสเท่ากับ 7.02±4.45 หน่วย/นาที/มิลลิกรัมโปรตีน ซึ่งไม่แตกต่างกับกิจกรรมของเอนไซม์แอซิดฟอสฟาเทสของผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว SEALKOTE, ROSY PLUS, ZIVDAR, PERFECT SHINE, CITRASHINE, Chitosan 2.0% และ PE microemulsion ที่มีค่าเท่ากับ 7.21±5.68, 6.28±4.59, 5.95±4.40, 5.90±5.27, 5.61±4.47, 5.20±2.53 และ 3.52±1.85 หน่วย/นาที/มิลลิกรัม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

โปรตีน ตามลำดับ ทั้งนี้อิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิที่เก็บรักษากับชนิดของสารเคลือบผิวไม่มีปฏิสัมพันธ์กัน (ตารางที่ 6 และภาพที่ 31)

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ผลส้มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส มีกิจกรรมของเอนไซม์แอซิดฟอสฟาเทสสูงที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยในมะเขือเทศที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน พบว่า ผลมะเขือเทศมีกิจกรรมของเอนไซม์แอซิดฟอสฟาเทสสูงกว่ากิจกรรมของเอนไซม์แอซิดฟอสฟาเทสในผลมะเขือเทศที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส (Shirai *et. al.*, 1984)

เอนไซม์แอซิดฟอสฟาเทสพบมากทั้งในสัตว์ รา แบคทีเรีย และพืช โดยเกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิต การเคลื่อนย้าย และการนำหมู่ฟอสเฟต (inorganic phosphate) มาใช้ในกระบวนการเมแทบอลิซึม และ bioenergetics ต่างๆ โดยกิจกรรมของเอนไซม์แอซิดฟอสฟาเทสสามารถถูกชักนำได้ในสภาวะแวดล้อมต่างๆ ในระหว่างการเจริญเติบโตของพืช (Duff *et al.*, 1994; Bozzo *et al.*, 2002, del Pozo *et al.*, 1999; Plaxton and Carswell, 1999) นอกจากนี้กิจกรรมของเอนไซม์แอซิดฟอสฟาเทสยังเกี่ยวข้องกับอัตราส่วนระหว่างของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกได้ถึงระยะความแก่ (maturity) และรสชาติของผลิตผล (Fellars, 1991) โดย Yoon *et al.* (2005) ได้รายงานว่ากิจกรรมของเอนไซม์แอซิดฟอสฟาเทสในผลแอปเปิลมีความสัมพันธ์กับอัตราส่วนระหว่างของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้เป็นอย่างมาก (r^2=0.97) ในขณะที่ Yoon *et al.* (2006) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมของเอนไซม์แอซิดฟอสฟาเทสและอัตราส่วนระหว่างของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ในผลเชอรี่พันธุ์ต่างๆ พบว่า กิจกรรมของเอนไซม์แอซิดฟอสฟาเทสแปรผันโดยตรงกับอัตราส่วนระหว่างของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ กล่าวคือ ในพันธุ์ที่มีค่าอัตราส่วนระหว่างของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้สูง จะมีกิจกรรมของเอนไซม์แอซิดฟอสฟาเทสสูงด้วย และพันธุ์ที่มีอัตราส่วนระหว่างของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ต่ำ จะมีกิจกรรมของเอนไซม์แอซิดฟอสฟาเทสต่ำด้วย ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองในครั้งนี้ ที่พบว่ากิจกรรมของเอนไซม์แอซิดฟอสฟาเทสของผลส้มที่เคลือบผิวในทุกกรรมวิธีไม่แตกต่างกับกิจกรรมของเอนไซม์แอซิดฟอสฟาเทสในผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิว โดยเมื่อพิจารณาร่วมกับค่าอัตราส่วนระหว่างของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตของผลส้ม พบว่า มีค่าไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 6 และ 8)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2.6 การประเมินด้านกลิ่นและรสชาติผิดปกติและลักษณะปรากฏภายนอก

ก. กลิ่นและรสชาติผิดปกติ

คะแนนผลการประเมินด้านกลิ่นและรสชาติผิดปกติของผลส้มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส มีค่าไม่แตกต่างกัน คือ 3.88±0.34 และ 3.81±0.40 คะแนน ตามลำดับ แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับคะแนนผลการประเมินด้านกลิ่นและรสชาติผิดปกติของผลส้มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.44±1.39 คะแนน และผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว ZIVDAR, Chitosan 2.0% และผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวมีคะแนนผลการประเมินด้านกลิ่นและรสชาติผิดปกติเท่ากันคือ 4.00±0.00 คะแนน ซึ่งไม่แตกต่างจากคะแนนผลการประเมินด้านกลิ่นและรสชาติผิดปกติของผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว PE microemulsion แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว PERFECT SHINE, SEALKOTE, ROSY PLUS และ CITRASHINE ซึ่งมีคะแนนการประเมินด้านกลิ่นและรสชาติผิดปกติเท่ากับ 3.17±1.27, 3.00±1.48, 3.00±1.48 และ 2.33±0.98 คะแนน ตามลำดับ โดยคะแนนผลการประเมินด้านกลิ่นและรสชาติผิดปกติของผลส้มที่เคลือบผิวในทุกกรรมวิธีลดลงเมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้น แสดงว่าผลส้มแสดงอาการผิดปกติ คือ เกิดกลิ่นและรสชาติผิดปกติ ซึ่งอิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิที่เก็บรักษากับชนิดของสารเคลือบผิวมีปฏิสัมพันธ์กัน (ตารางที่ 7 และภาพที่ 32)

ข. ลักษณะปรากฏภายนอก

ผลส้มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส มีคะแนนผลการประเมินด้านลักษณะปรากฏภายนอกไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ 4.94±0.25 และ 4.69±0.47 คะแนน ตามลำดับ แต่มีค่ามากกว่าคะแนนผลการประเมินด้านลักษณะปรากฏภายนอกของผลส้มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.56±1.29 คะแนน และคะแนนผลการประเมินด้านลักษณะปรากฏภายนอกของผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว ZIVDAR, CITRASHINE, ROSY PLUS, SEALKOTE, PERFECT SHINE และ PE microemulsion มีคะแนนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ 4.83±0.39, 4.67±0.49, 4.33±1.15, 4.17±0.94, 4.00±1.48 และ 3.83±1.40 คะแนน ตามลำดับ แต่มีค่ามากกว่าคะแนนผลการประเมินด้านลักษณะปรากฏภายนอกของผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว Chitosan 2.0% และผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวที่มีคะแนนเท่ากับ 3.50±1.88 และ 3.17±1.64 คะแนน ตามลำดับ เมื่อเก็บรักษาผลส้มไว้นานขึ้น พบว่าคะแนนการประเมินด้านลักษณะปรากฏภายนอกของผลส้มในทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มลดลง โดยที่อิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิที่เก็บรักษากับชนิดของสารเคลือบผิวมีปฏิสัมพันธ์กัน (ตารางที่ 7 และภาพที่ 33)

ผลการทดลองที่ได้แสดงว่า ผลส้มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำได้รับคะแนนผลการประเมินด้านกลิ่นและรสชาติผิดปกติสูงกว่าคะแนนผลการประเมินด้านกลิ่นและรสชาติผิดปกติของผลส้มที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง แสดงว่าการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำช่วยชะลอการเกิดกลิ่นและรสชาติที่ผิดปกติของผลส้มได้ ทั้งนี้ในสภาพการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำมีผลไปช่วยลดอัตราการหายใจของผลิตผล (ดนัย, 2540) ส่งผลให้ความต้องการใช้แก๊สออกซิเจนในกระบวนการหายใจน้อยลงและการผลิตแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลิตผลก็ลดลงด้วย ผลส้มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำจึงยังสามารถมีการหายใจแบบใช้ออกซิเจนได้ ในขณะที่ผลส้มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องมีอัตราการหายใจสูงกว่า จึงมีการใช้แก๊สออกซิเจนภายในผลไปอย่างรวดเร็วและเหลืออยู่น้อยมาก ในขณะเดียวกันก็มีการผลิตแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น โดยสภาพดังกล่าวมีผลไปชักนำให้เกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนขึ้นภายในผลส้ม ทำให้เกิดการผลิตและสะสมสารประกอบพวกแอซีทัลดีไฮด์และเอทานอล โดยสารดังกล่าวเป็นสาเหตุของกลิ่นและรสชาติผิดปกติในผลิตผล (Hagenmaier and Baker, 1994; Ahmad and Khan 1987; Cohen *et al.*, 1990; Ke and Kader 1990) ซึ่ง Hagenmaier (2002) ได้ศึกษาการเคลือบผิวผลส้มพันธุ์ต่างๆ ด้วยสารเคลือบผิว Shellac-Resin แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน เปรียบเทียบกับผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว PE-Cand, PE-Shellac-Cand, Britex 555 และ Shellac-Resin แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 21 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน พบว่า ผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว Shellac-Resin และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เกิดกลิ่นและรสชาติผิดปกติน้อยที่สุด

นอกจากนี้ผลการทดลองยังแสดงให้เห็นว่า การเคลือบผิวผลส้มด้วยสารเคลือบผิวจะเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดกลิ่นและรสชาติผิดปกติ แต่การเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว PE microemulsion ทำให้เกิดกลิ่นและรสชาติผิดปกติเพียงเล็กน้อย ในขณะที่ผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว Chitosan 2.0% และ ZIVDAR ไม่แสดงอาการของกลิ่นและรสชาติผิดปกติเช่นเดียวกันกับผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิว ทั้งนี้การเคลือบผิวมีผลในทางอ้อมต่อการเกิดกลิ่นและรสชาติผิดปกติ เพราะสารเคลือบผิวนั้นมีผลให้การแลกเปลี่ยนแก๊สระหว่างภายในผลิตผลกับบรรยากาศภายนอกเกิดได้น้อยลง โดยทำให้ความเข้มข้นของแก๊สออกซิเจนภายในผลน้อยลงและความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลเพิ่มขึ้น ชักนำให้เกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน และส่งผลให้เกิดการสะสมสารประกอบพวกแอซีทัลดีไฮด์และเอทานอล ซึ่งสารเหล่านี้เป็นสาเหตุของการเกิดกลิ่นและรสชาติผิดปกติ (Hagenmaier and Baker, 1994; Petracek *et al.*, 1998) ซึ่งการยอมให้เกิดการแลกเปลี่ยนแก๊สเกิดขึ้นได้มากหรือน้อยของสารเคลือบผิวแต่ละชนิดนั้นแตกต่างกันออกไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับส่วนประกอบของสารเคลือบผิวแต่ละชนิด (Hagenmaier, 2002; Hagenmaier and Baker, 1994) ซึ่ง Fallik *et al.* (2005) รายงานว่า ผล melon พันธุ์ 'Galia' ที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว Beeswax และที่ไม่ได้เคลือบผิว แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5-6 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน มีกลิ่นและรสชาติผิดปกติน้อยที่สุด ในขณะที่ผล melon ที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว Tag, Zivdar และ Tag-A เกิดกลิ่นและรสชาติผิดปกติมากกว่า สอดคล้องกับรายงานของ Bai *et al.* (2003) ที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ศึกษาการเคลือบผิวผลแอปเปิลพันธุ์ 'Gala' พบว่า ผลแอปเปิลที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว Zein10, Shellac และที่ไม่ได้เคลือบผิว แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 21 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน มีกลิ่นและรสชาติผิดปกติน้อยกว่าผลแอปเปิลที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว Carnauba

สำหรับการประเมินด้านลักษณะปรากฏภายนอกนั้น พบว่า ผลส้มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำมีคะแนนผลการประเมินด้านลักษณะปรากฏภายนอกสูงกว่าคะแนนการประเมินด้านลักษณะปรากฏภายนอกของผลส้มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง กล่าวคือการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของผลส้มได้นานกว่าการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง คือ ผลส้มแสดงอาการเหี่ยวของผิวและขั้วผลช้ากว่ามาก ทั้งนี้เป็นเพราะอุณหภูมิต่ำมีผลช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของผลิตผลให้เกิดช้าลง ส่งผลให้การสุกและการเสื่อมสภาพของผลิตผลเกิดช้าลงด้วย (จริงแท้, 2544; คนัย, 2540; สายชล, 2528) นอกจากนี้อุณหภูมิต่ำยังช่วยลดการสูญเสียน้ำของผลิตผลให้เกิดน้อยลงอีกด้วย เพราะถ้าพืชมีการสูญเสียน้ำมากจะทำให้ลักษณะเนื้อของผลิตผลเปลี่ยนไป ผิวเหี่ยวหรือหดตัว ส่งผลให้คุณภาพของผลิตผลลดลง (คนัยและนิธิยา, 2548; จริงแท้, 2544) จากผลการทดลองสอดคล้องกับรายงานผลการวิจัยของ Ayala-Zavala *et al.* (2004) ที่พบว่าผลสตรอเบอรี่พันธุ์ Chandler ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 0 และ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 13 วัน มีลักษณะปรากฏภายนอกดีกว่าผลสตรอเบอรี่ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ Agar *et al.* (1999) ได้รายงานว่า ผลมะกอกพันธุ์ 'Manzanillo' ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 0, 2.2 และ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์ มีลักษณะปรากฏดีกว่าผลมะกอกที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ซึ่งแสดงอาการผิดปกติและไม่เป็นที่ยอมรับ

การเคลือบผิวผลส้มด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ มีแนวโน้มว่าสารเคลือบผิวส่วนใหญ่มีผลทำให้ผลส้มมีลักษณะปรากฏดีกว่าผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิว โดยการเคลือบผิวช่วยให้ผิวของผลส้มมีลักษณะมันวาว แต่ผลส้มที่เคลือบผิวด้วย SEALKOTE, PERFECT SHINE, PE microemulsion และ Chitosan 2.0% มีคะแนนผลการประเมินด้านลักษณะปรากฏไม่ต่างจากผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิว คือ เริ่มแสดงอาการเหี่ยวของผิวผล แต่ยังแสดงอาการน้อยกว่าและแสดงอาการเหี่ยวช้ากว่าผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิว ซึ่งที่ผิวและบริเวณขั้วผลของผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวแสดงอาการเหี่ยวให้เห็นอย่างชัดเจน ทั้งนี้เป็นเพราะนอกจากสารเคลือบผิวจะมีคุณสมบัติในการเพิ่มความมันวาวให้กับผิวผลิตผลและลดการแลกเปลี่ยนแก๊สแล้ว ยังมีผลช่วยชะลอการสูญเสียน้ำของผลิตผล ซึ่งเป็นสาเหตุหลักของอาการเหี่ยวด้วย (Kaplan, 1986; Fonseca *et al.*, 2000; McGuire and Hullman, 1995) สอดคล้องกับรายงานของ Undurraga *et al.* (1995) ที่พบว่าตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษาผลอะโวคาโดที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว N,O-carboxymethyl-chitosan (Nutrasave) สูตรต่างๆ ได้แก่ NSV 1% (shirmp), NSV 2% (shirmp), NST 2% (krill) และ NSH 1.5% (other crustaceans) แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียส มีลักษณะปรากฏดีกว่าชุดควบคุม เช่นเดียวกับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Baldwin *et al.* (1999) ที่รายงานว่า ผลมะม่วงที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว Nature Seal® 2020 และ Tropical Fruit Coating 213 มีลักษณะปรากฏดีกว่าผลมะม่วงที่ไม่ได้เคลือบผิว

4.2.7 สีผิว

ก. ค่า L* ของสีผิว

ค่า L* ของสีผิวผลส้มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องมีค่าเท่ากับ 64.40±1.99 ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับค่า L* ของสีผิวผลส้มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส ที่มีค่า L* เท่ากับ 63.52±1.75 และ 63.43±1.73 ตามลำดับ ผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว ZIVDAR, SEALKOTE, PE microemulsion, PERFECT SHINE, ROSY PLUS, Chitosan 2.0%, CITRASHINE และผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิว มีค่า L* ของสีผิวผลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือมีค่า L* เท่ากับ 65.14±1.85, 64.37±1.30, 64.30±2.06, 63.44±1.81, 63.14±1.24, 63.12±1.81 62.91±2.26 และ 63.86±1.68 ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้น พบว่าค่า L* ของสีผิวผลส้มในทุกกรรมวิธีมีค่าลดลง ซึ่งอิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิที่เก็บรักษากับชนิดของสารเคลือบผิวไม่มีปฏิสัมพันธ์กัน (ตารางที่ 7 และภาพที่ 34)

ข. ค่า chroma ของสีผิว

ผลส้มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส มีค่า chroma ของสีผิวผลเท่ากับ 69.47±2.90 และ 68.79±2.84 ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับค่า chroma ของสีผิวผลส้มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องที่มีค่าเท่ากับ 64.38±3.17 และค่า chroma ของผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวมีค่าเท่ากับ 70.34±3.52 ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับค่า chroma ของสีผิวผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว PE microemulsion, SEALKOTE และ ZIVDAR แต่มีค่ามากกว่าค่า chroma ของสีผิวผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว Chitosan 2.0%, PERFECT SHINE, ROSY PLUS และ CITRASHINE ซึ่งมีค่าเท่ากับ 67.34±2.88, 67.32±3.81, 65.98±3.71 และ 64.82±4.17 ตามลำดับ โดยตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษาค่า chroma ของสีผิวผลส้มในทุกกรรมวิธีค่อนข้างคงที่ ทั้งนี้อิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิที่เก็บรักษากับชนิดของสารเคลือบผิวไม่มีปฏิสัมพันธ์กัน (ตารางที่ 7 และภาพที่ 35)

ค. ค่า hue angle (H°) ของสีผิว

ค่า H° ของสีผิวผลส้มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส มีค่าเท่ากับ 75.78±2.91 องศา ซึ่งไม่แตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบกับค่า H° ของสีผิวผลส้มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส แต่มีค่ามากกว่าค่า H° ของสีผิวผลส้มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง ที่มีค่าเท่ากับ 74.05±2.69 องศา ผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว SEALKOTE และ ZIVDAR มีค่า H° ของสีผิวผลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือเท่ากับ 76.63±2.86 และ 76.33±2.47 องศา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตามลำดับ และไม่แตกต่างจากค่า H° ของสีผิวผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว CITRASHINE และ ROSY PLUS แต่มากกว่าค่า H° ของผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว PERFECT SHINE, PE microemulsion, Chitosan 2.0% และผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิว ซึ่งมีค่า H° ของสีผิวผลเท่ากับ 73.69±1.69, 73.59±2.96, 73.04±2.73 และ 72.78±2.43 องศา ตามลำดับ ซึ่งค่า H° ของผลส้มในทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มลดลงเมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้น โดยที่อิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิที่เก็บรักษากับชนิดของสารคลือบผิวไม่มีปฏิสัมพันธ์กัน (ตารางที่ 7 และภาพที่ 36)

ผลการทดลองที่ได้แสดงว่า ค่า L* ของสีผิวผลส้มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องมีแนวโน้มสูงกว่าค่า L* ของสีผิวผลส้มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส และค่า chroma และ H° ของสีผิวผลส้มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มสูงกว่าค่า chroma และ H° ของสีผิวผลส้มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง แสดงให้เห็นว่าผลส้มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำมีการเปลี่ยนของสีผิวผลเป็นสีเหลืองส้มได้ช้ากว่าการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิสูง สอดคล้องกับ Mostofi *et al.* (2003) ที่รายงานว่า ผลมะเขือเทศที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส มี H° สูงกว่าผลมะเขือเทศที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 20 และ 25 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ Martinez-Romeo *et al.* (2003) ได้รายงานว่า ผล pepino พันธุ์ Sweet Long ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส มีค่า H° ของสีผิวผลสูงกว่าผล pepino ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 10 และ 20 องศาเซลเซียส โดยการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิสูงมีค่า H° ลดลงเร็วกว่าที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งในสภาวะอุณหภูมิต่ำมีผลชะลอกระบวนการเมแทบอลิซึมต่างๆ ภายในผลไม้ให้เกิดช้าลง ส่งผลให้ผลไม้สุกช้าลง ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงสีผิวและสีเนื้อจึงเกิดช้ากว่าที่สภาวะอุณหภูมิสูง (ดนัย, 2540)

ในขณะที่ผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า L*, chroma และ H° ของสีผิวผล แสดงให้เห็นว่าการเคลือบผิวนั้นช่วยเพิ่มความมันวาวให้กับผิวผลส้มเท่านั้น แต่ไม่มีคุณสมบัติในการเปลี่ยนสีผิวผลส้ม ซึ่ง Dou *et al.* (2004) รายงานว่า ผล LB8-9 ที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว Polyethylene, Carnauba และ Shellac แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 92-96 เปอร์เซ็นต์ มีการเปลี่ยนแปลงของสีผิวไม่แตกต่างกับผล LB8-9 ที่ไม่ได้เคลือบผิว สอดคล้องกับรายงานของวงเดือน (2546) ซึ่งศึกษาเกี่ยวกับการเคลือบผิวผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 12 วัน พบว่า ผลส้มที่เคลือบผิวมีการเปลี่ยนแปลงของค่า L*, chroma และ H° ของสีผิวผลไม่แตกต่างกับผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิว นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าการเคลือบผิวไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีผิวของผลสาลี่ (เสาวคนธ์, 2544)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2.8 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลส้มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องมีค่ามากที่สุด คือ 14.25±0.72 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลส้มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส ที่มีค่าเท่ากับ 12.59±1.49 และ 13.04±122 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว ZIVDAR, CITRASHINE, SEALKOTE, ROSY PLUS, PE microemulsion, Chitosan 2.0% และ PERFECT SHINE มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิว คือมีค่าเท่ากับ 13.48±1.11, 13.46±1.68, 13.40±1.39, 13.38±1.32, 13.23±1.23, 12.84±1.62, 12.63±1.78 และ 13.94±0.51 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลส้มในทุกกรรมวิธีมีการเปลี่ยนแปลงจากวันเริ่มทำการทดลองเล็กน้อย และอิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิที่เก็บรักษากับชนิดของสารเคลือบผิวไม่มีปฏิสัมพันธ์กัน (ตารางที่ 8 และภาพที่ 37)

ผลการทดลองที่ได้แสดงว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลส้มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องมีปริมาณมากกว่าผลส้มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำ ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะผลส้มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องมีการสูญเสียน้ำมากกว่าผลส้มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส เนื่องจากการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องมีความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศต่ำ จึงส่งผลให้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลส้มมีความเข้มข้นมากขึ้นได้

สำหรับการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลส้ม สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Baldwin *et al.* (1999) ซึ่งรายงานว่าผลมะม่วงที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว Nature Seal® 2020 (NS) และ Tropical Fruit Coating 213 (TFC) แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 99 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 19 วัน ก่อนที่จะย้ายไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 56 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 4 วัน มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ไม่แตกต่างกับชุดควบคุม นอกจากนี้ Chien *et al.* (2007) ได้รายงานว่า ผลสตรอเบอรี่ที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว low molecular weight chitosan (LMWC) ความเข้มข้น 0.2, 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3, 5 และ 7 วัน มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ไม่แตกต่างจากผลสตรอเบอรี่ที่ไม่ได้เคลือบผิว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2.9 ค่าพีเอช

ผลส้มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส มีค่าพีเอชไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับค่าพีเอชของผลส้มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง คือมีค่าเท่ากับ

3.56±0.10, 3.53±0.10 และ 3.53±0.18 ตามลำดับ และผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว ZIVDAR, PERFECT SHINE, PE microemulsion, CITRASHINE, Chitosan 2.0%, ROSY PLUS, และ SEALKOTE มีค่าพีเอชเท่ากับ 3.61±0.16, 3.59±0.07, 3.58±0.09, 3.54±0.09, 3.52±0.08, 3.50±0.12 และ 3.45±0.20 ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบกับค่าพีเอชของผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวที่มีค่าพีเอชเท่ากับ 3.52±0.11 โดยที่ค่าพีเอชของผลส้มในทุกกรรมวิธีลดลงจากวันแรกของการเก็บรักษา ซึ่งอิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิที่เก็บรักษากับชนิดของสารเคลือบผิวไม่มีปฏิสัมพันธ์กัน (ตารางที่ 8 และภาพที่ 38)

ค่าพีเอชของผลส้มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่างๆ มีค่าไม่แตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับ Shin *et al.* (2007) ที่รายงานว่า ค่าพีเอชของผลสตรอเบอรี่ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 0.5, 10 และ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 วัน มีค่าไม่แตกต่างกัน นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า ผลสตรอเบอรี่ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 0 และ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 13 วัน มีค่าพีเอชไม่แตกต่างกับผลสตรอเบอรี่ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (Ayala-Zavala *et al.*, 2004) เช่นเดียวกันกับการเก็บรักษาผลมะเขือไว้ที่อุณหภูมิ 0 และ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน พบว่า ผลมะเขือมีค่าพีเอชไม่แตกต่างกัน (Concellon *et al.*, 2007)

นอกจากนี้ผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ มีค่าพีเอชไม่แตกต่างกัน ซึ่ง Bai *et al.* (2003) รายงานว่า ผลแอปเปิลพันธุ์ 'Gala' ที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว Carnauba, Zein10 และ Shellac แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 21 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน มีค่าพีเอชไม่แตกต่างกับค่าพีเอชของผลแอปเปิลชุดควบคุม สอดคล้องกับงานวิจัยของ Ergun *et al.* (2005) ที่รายงานว่า ผล mamey sapote พันธุ์ 'Magana' ที่เคลือบผิวด้วย Wax, 1-MCP (1-methylcyclopropene) และ Wax+1-MCP แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส จนหมดอายุการวางจำหน่าย มีค่าพีเอชไม่แตกต่างจากชุดควบคุม

4.2.10 ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้

ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของผลส้มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส มีค่าเท่ากับ 0.66±0.10 และ 0.71±0.08 เปอร์เซ็นต์กรดซิตริก/100 กรัมน้ำส้มคั้น ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของผลส้มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องที่มีค่าเท่ากับ 0.71±0.14 เปอร์เซ็นต์กรดซิตริก/100 กรัมน้ำส้มคั้น ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว SEALKOTE, ROSY PLUS, CITRASHINE, Chitosan 2.0%, ZIVDAR, PE microemulsion, PERFECT SHINE และผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติคือเท่ากับ 0.75±0.17, 0.71±0.10, 0.70±0.12, 0.70±0.07, 0.66±0.12, 0.65±0.09, 0.64±0.05 และ 0.71±0.11 เปอร์เซ็นต์กรดซิตริก/100

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กรัมน้ำส้มคั้น ตามลำดับ เมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้น ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของผลส้มในทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มลดลง ซึ่งอิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิที่เก็บรักษากับชนิดของสารเคลือบผิวไม่มีปฏิสัมพันธ์กัน (ตารางที่ 8 และภาพที่ 39)

ผลการทดลอง พบว่า ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของผลส้มในทุกกรรมวิธีลดลง ซึ่งสอดคล้องกับค่าพีเอชของผลส้มที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะโดยปกติแล้วผลิตผลจะมีการนำกรดอินทรีย์ไปใช้ในกระบวนการหายใจ จึงทำให้ปริมาณกรดอินทรีย์ของผลิตผลลดลง (จริงแท้, 2544; ดนัย, 2540; สายชล, 2528) ซึ่ง Batu (2003) รายงานว่า ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของผลมะเขือเทศที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 13 และ 15 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา เช่นเดียวกันกับรายงานของ Yaman and Bayoindirli (2004) ที่พบว่า เมื่อระยะเวลาของการเก็บรักษานานขึ้นปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของผลเชอรี่ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 0 และ 30 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มลดลง แต่ผลการทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาไม่มีผลต่อปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของผลส้ม สอดคล้องกับการเก็บรักษาผลสตรอเบอรี่พันธุ์ 'Chandler' ไว้ที่อุณหภูมิ 0, 5 และ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 13 วัน พบว่า ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของผลสตรอเบอรี่มีค่าไม่แตกต่างกัน (Ayala-Zavala *et al.*, 2004) และยังมีรายงานว่าอุณหภูมิที่เก็บรักษาไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของผลลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย (ชินพันธ์, 2539)

นอกจากนี้ผลการทดลองยังพบว่าการเคลือบผิวผลส้มด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ เมื่อเปรียบเทียบกับผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิว สอดคล้องกับงานวิจัยของ Qiuping and Wenshui (2007) ซึ่งพบว่า ผลพุทรา (Indian jujube) ที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 1-MCP, chitosan และ 1-MCP+chitosan แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องจนหมดอายุการเก็บรักษา มีปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ไม่แตกต่างจากชุดควบคุม นอกจากนี้ Maciel *et al.* (2004) ได้รายงานว่า ผล Acerola ที่จุ่มใน cassava starch suspension ความเข้มข้น 1, 2, 3 และ 4 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 3 นาที แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (ความชื้นสัมพัทธ์ 85 เปอร์เซ็นต์) และอุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส (ความชื้นสัมพัทธ์ 85 เปอร์เซ็นต์) เป็นเวลา 5 วัน มีปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ไม่แตกต่างกัน นอกจากนี้ Han *et al.* (2004) ที่เคลือบผิวผลสตรอเบอรี่พันธุ์ Totem ด้วยไคโตซาน ไคโตซานผสมแคลเซียม และไคโตซานผสมวิตามินอี แล้วนำไปแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -23 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 เดือน พบว่า ผลสตรอเบอรี่ที่เคลือบผิวมีปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ไม่แตกต่างกับชุดควบคุม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2.11 อัตราส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้

ผลส้มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้องมีอัตราส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือมีค่าเท่ากับ 19.53±3.82, 18.53±2.65 และ 20.65±4.06 ตามลำดับ สำหรับอัตราส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว ZIVDAR, PE microemulsion, PERFECT SHINE, CITRASHINE, ROSY PLUS, SEALKOTE, Chitosan 2.0% และผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ 21.07±5.74 19.78±2.12 19.75±4.34 19.05±2.52 19.04±2.69 18.68±4.07 และ 18.61±3.32 ตามลำดับ ซึ่งอัตราส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของผลส้มในทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากวันเริ่มต้นทำการทดลอง และอิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิที่เก็บรักษากับชนิดของสารเคลือบผิวไม่มีปฏิสัมพันธ์กัน (ตารางที่ 8 และภาพที่ 40)

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า อัตราส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของผลส้มในทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากวันแรกของการเก็บรักษา ซึ่งเป็นผลมาจากผลส้มมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ค่อนข้างคงที่ แต่ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของผลส้มมีแนวโน้มลดลง การเพิ่มขึ้นของอัตราส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้นี้แสดงว่าผลส้มน่าจะมีรสหวานมากขึ้นเมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้น ซึ่ง Martinez-Romero (2006) รายงานว่า การเก็บรักษาผลเชอรี่ที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวว่านหางจระเข้ (*Aloe vera*) แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 วัน และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน แล้วนำมาเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส อีก 1 วัน พบว่า ผลเชอรี่ที่เคลือบผิวและไม่เคลือบผิวมีอัตราส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา ทั้งนี้จากผลการทดลองครั้งนี้ พบว่า อุณหภูมิที่เก็บรักษาไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของผลส้ม

สำหรับอัตราส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของผลส้มที่เคลือบผิวและไม่เคลือบผิวมีค่าไม่แตกต่างกัน สอดคล้องกับรายงานของ Mota *et al.* (2003) ซึ่งพบว่า ผลเสาวรสที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว Fruit Wax, Sunny Side Citrus และ Polyolefin film coating แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 21 วัน มีอัตราส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ไม่แตกต่างกับชุดควบคุม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2.12 ปริมาณวิตามินซี

ปริมาณวิตามินซีของผลส้มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ 17.99±1.99, 18.52±2.11 และ 17.53±1.70 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตรน้ำส้มคั้น ตามลำดับ ผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว Chitosan 2.0%, CITRASHINE, SEALKOTE, ROSY PLUS, PERFECT SHINE, PE microemulsion, ZIVDAR มีปริมาณวิตามินซีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณวิตามินซีของผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิว คือมีค่าเท่ากับ 19.11±1.85, 18.29±2.42, 18.29±1.83, 18.29±0.91, 18.09±1.43, 17.89±2.38, 17.68±2.24 และ 16.46±1.83 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตรน้ำส้มคั้น ตามลำดับ และพบว่าปริมาณวิตามินซีของผลส้มในทุกกรรมวิธีเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจากวันเริ่มทำการทดลอง ทั้งนี้อิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิที่เก็บรักษากับชนิดของสารเคลือบผิวไม่มีปฏิสัมพันธ์กัน (ตารางที่ 8 และภาพที่ 41)

ภายหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้ ปริมาณวิตามินซีมักมีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างมาก ซึ่งผักบริโภคใบและช่อดอกจะมีการสูญเสียวิตามินซีค่อนข้างสูง แต่ในผลไม้มักมีการสูญเสียวิตามินซีไม่มากนัก อาจจะเป็นเพราะในผลไม้มีกรดอินทรีย์อยู่มาก สามารถยับยั้งการสลายตัวของวิตามินซีเนื่องจากการทำงานของเอนไซม์ได้ (จริงแท้, 2544) จากผลการทดลอง พบว่า เมื่อเก็บรักษาผลส้มไว้นานขึ้นปริมาณวิตามินซีของผลส้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ซึ่งมีรายงานว่าปริมาณวิตามินซีของผลสตรอเบอรี่พันธุ์ Dover, Campineiro และ Oso Grande ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 6, 16 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาผลสตรอเบอรี่ไว้นานขึ้น (Cordenunsi *et al.*, 2005) นอกจากนี้ผลการทดลองยังแสดงให้เห็นว่า ปริมาณวิตามินซีของผลส้มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำและอุณหภูมิห้องมีค่าไม่แตกต่างกัน ซึ่ง Cadena-Iniguez *et al.* (2006) รายงานว่า ผล *Sechium edule* (Jacq.) Sw. ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 10 และ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 วัน มีปริมาณวิตามินซีไม่แตกต่างกัน

ในขณะที่ปริมาณวิตามินซีของผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ มีค่าไม่แตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณวิตามินซีของผลส้มที่ไม่เคลือบผิว ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะส้มเป็นผลไม้ประเภท non-climacteric ซึ่งหลังจากเก็บเกี่ยวการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีจะเกิดขึ้นน้อย (จิรา, 2531; สายชล, 2528) ดังนั้นการเคลือบผิวจึงไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณวิตามินซีมากนัก ผลการทดลองครั้งนี้สอดคล้องกับรายงานผลการวิจัยของ Mota *et al.* (2003) ที่พบว่าปริมาณวิตามินซีของผลเสาวรสที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว Fruit Wax, Sparcitrus, Sunny Side Citrus และ Polyolefin film coating แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 21 วัน มีปริมาณวิตามินซีไม่แตกต่างกับชุดควบคุม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 5 การสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณแก๊สออกซิเจนและปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผล และปริมาณเอทานอลในน้ำคั้นของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 10 วัน

วิธีการ	การสูญเสียน้ำหนัก (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในผล (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผล (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณเอทานอลในน้ำคั้น (ppm)
ปัจจัยที่ 1 : อุณหภูมิที่เก็บรักษา				
5 องศาเซลเซียส	2.41±1.09^{b}	10.54±5.13^{a}	4.60±1.20^{b}	433.57122.82^{c}
10 องศาเซลเซียส	2.30±0.71^{b}	8.90±5.41^{a}	5.98±2.15^{b}	666.44318.03^{b}
อุณหภูมิห้อง	7.75±2.26^{a}	3.78±4.42^{b}	14.95±10.12^{a}	1396.68470.06^{a}
ปัจจัยที่ 2 : สารเคลือบผิว				
CITRASHINE	2.90±2.31^{c}	2.51±1.45^{f}	16.45±3.47^{a}	1093.02±541.79^{a}
SEALKOTE	3.01±2.30^{c}	4.87±3.50^{def}	8.43±4.86^{b}	1024.21±395.66^{a}
ROSY PLUS	3.32±2.20^{bc}	8.71±6.81^{bcd}	9.21±9.60^{b}	1063.97±718.34^{a}
ZIVDAR	3.15±1.95^{bc}	7.47±4.92^{bcde}	7.55±2.73^{b}	888.19±434.47^{a}
PERFECT SHINE	4.72±2.97^{abc}	4.20±2.04^{cf}	6.95±2.89^{b}	726.73±359.85^{ab}
PE microemulsion	4.33±2.90^{abc}	8.43±4.52^{bcd}	5.90±1.32^{bc}	686.37±419.23^{ab}
Chitosan 2.0%	5.29±2.74^{ab}	10.32±6.08^{b}	9.69±3.84^{b}	823.60±736.76^{ab}
Non-coated	6.57±4.38^{a}	16.28±1.78^{a}	3.72±1.52^{c}	351.76±58.30^{b}
ปัจจัยที่ 1	*	*	*	*
ปัจจัยที่ 2	*	*	*	*
ปัจจัยที่ 1×2	*	*	*	*

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* คือ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ns คือ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 6 กิจกรรมของเอนไซม์แอลกอฮอล์ดีไฮโดรจีเนส และกิจกรรมของเอนไซม์แอซิดฟอส-ฟาเทสของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 10 วัน

วิธีการ	กิจกรรมของเอนไซม์แอลกอฮอล์ดีไฮโดรจีเนส (หน่วย/นาที/มิลลิกรัมโปรตีน)	กิจกรรมของเอนไซม์แอซิดฟอสฟาเทส (หน่วย/นาที/มิลลิกรัมโปรตีน)
ปัจจัยที่ 1 : อุณหภูมิที่เก็บรักษา		
5 องศาเซลเซียส	64.28±46.79[a]	8.38±6.80[a]
10 องศาเซลเซียส	21.30±25.39[b]	3.86±3.11[b]
อุณหภูมิห้อง	6.51±2.55[b]	5.27±3.61[b]
ปัจจัยที่ 2 : สารเคลือบผิว		
CITRASHINE	46.99±34.05[a]	5.61±4.47
SEALKOTE	28.68±20.49[ab]	7.21±5.68
ROSY PLUS	26.14±23.37[ab]	6.28±4.59
ZIVDAR	39.66±16.12[ab]	5.95±4.40
PERFECT SHINE	47.05±13.18[a]	5.90±5.27
PE microemulsion	24.63±13.58[b]	3.52±1.85
Chitosan 2.0%	27.96±17.06[ab]	5.20±2.53
Non-coated	14.46±12.32[b]	7.02±4.45
ปัจจัยที่ 1	*	*
ปัจจัยที่ 2	*	ns
ปัจจัยที่ 1×2	*	ns

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* คือ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ns คือ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 7 การประเมินคุณภาพด้านกลิ่นและรสชาติผิดปกติ ลักษณะปรากฏ ค่า L*, chroma และ hue angle ของสีผิวผลผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 10 วัน

วิธีการ	การประเมินด้านกลิ่นและรสชาติผิดปกติ (คะแนน)	การประเมินด้านลักษณะปรากฏ (คะแนน)	สีผิว		
			L*	chroma	hue angle
ปัจจัยที่ 1 : อุณหภูมิที่เก็บรักษา					
5 องศาเซลเซียส	3.88±0.34^{a}	4.94±0.25^{a}	63.52±1.75^{b}	69.47±2.90^{a}	75.78±2.91^{a}
10 องศาเซลเซียส	3.81±0.40^{a}	4.69±0.47^{a}	63.43±1.73^{b}	68.79±2.84^{a}	74.54±3.60^{ab}
อุณหภูมิห้อง	2.44±1.39^{b}	2.56±1.29^{b}	64.40±1.99^{a}	64.38±3.17^{b}	74.05±2.69^{b}
ปัจจัยที่ 2 : สารเคลือบผิว					
CITRASHINE	2.33±0.98^{c}	4.67±0.49^{a}	62.91±2.26	64.82±4.17^{c}	75.79±3.34^{abc}
SEALKOTE	3.00±1.48^{bc}	4.17±0.94^{abc}	64.37±1.30	68.28±2.93^{ab}	76.63±2.86^{a}
ROSY PLUS	3.00±1.48^{bc}	4.33±1.15^{ab}	63.14±1.24	65.98±3.71^{bc}	74.32±3.27^{ab}
ZIVDAR	4.00±0.00^{a}	4.83±0.39^{a}	65.14±1.85	67.99±3.06^{ab}	76.33±2.47^{a}
PERFECT SHINE	3.17±1.27^{b}	4.00±1.48^{abc}	63.44±1.81	67.32±3.81^{bc}	73.69±1.69^{b}
PE microemulsion	3.50±0.52^{ab}	3.83±1.40^{abc}	64.30±2.06	68.30±3.73^{ab}	73.59±2.96^{b}
Chitosan 2.0%	4.00±0.00^{a}	3.50±1.88^{bc}	63.12±1.81	67.34±2.88^{bc}	73.04±2.73^{b}
Non-coated	4.00±0.00^{a}	3.17±1.64^{c}	63.86±1.68	70.34±3.52^{a}	72.78±2.43^{b}
ปัจจัยที่ 1	*	*	*	*	*
ปัจจัยที่ 2	*	*	ns	*	*
ปัจจัยที่ 1×2	*	*	ns	ns	ns

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* คือ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ns คือ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

กำหนดให้

การประเมินคุณภาพทางด้านรสชาติและกลิ่นผิดปกติ ตามระดับคะแนนดังนี้

4 = ไม่มีรสชาติผิดปกติและไม่มีกลิ่นหมัก 3 = มีรสชาติผิดปกติและกลิ่นหมักเล็กน้อย

2 = มีรสชาติผิดปกติและกลิ่นหมักปานกลาง 1 = มีรสชาติผิดปกติและกลิ่นหมักรุนแรง

การประเมินคุณภาพทางด้านลักษณะปรากฏภายนอก ตามระดับคะแนนดังนี้

5 = ผลปกติ 4 = ผลเริ่มเหี่ยว 3 = ขั้วและรอบๆ ขั้วผลเหี่ยว

2 = ผลเหี่ยวปานกลาง 1 = ผลเหี่ยวมาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 8 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ค่าพีเอช ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ อัตราส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ และปริมาณวิตามินซีของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 10 วัน

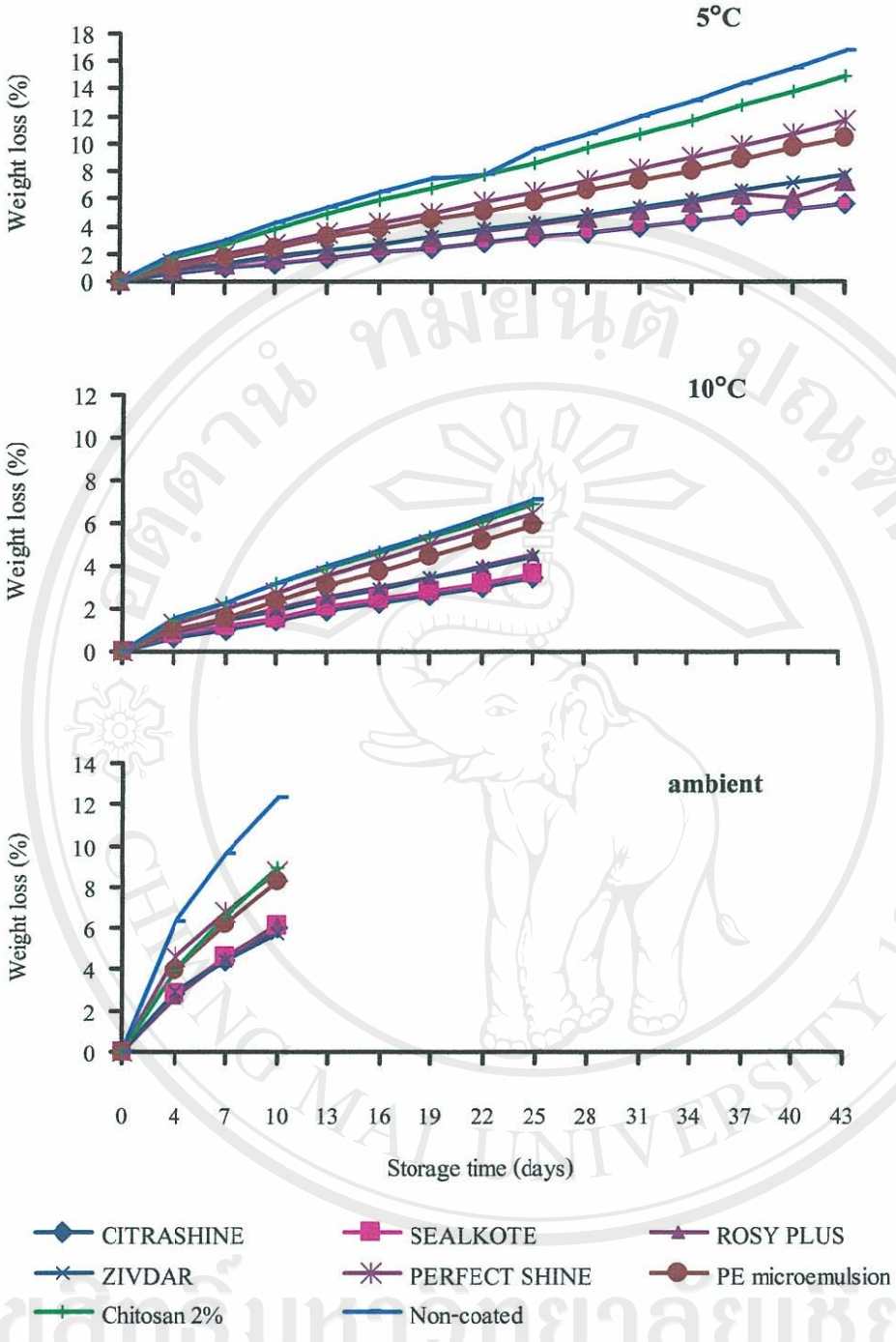
วิธีการ	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (เปอร์เซ็นต์)	ค่าพีเอช	ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ (เปอร์เซ็นต์กรดซิตริก/100 กรัมน้ำส้มคั้น)	อัตราส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้	ปริมาณวิตามินซี (มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตรน้ำส้มคั้น)
ปัจจัยที่ 1 : อุณหภูมิที่เก็บรักษา					
5 องศาเซลเซียส	12.59±1.49[b]	3.56±0.10	0.66±0.10	19.53±3.82	17.99±1.99
10 องศาเซลเซียส	13.04±122[b]	3.53±0.10	0.71±0.08	18.53±2.65	18.52±2.11
อุณหภูมิห้อง	14.25±0.72[a]	3.53±0.18	0.71±0.14	20.65±4.06	17.53±1.70
ปัจจัยที่ 2 : สารเคลือบผิว					
CITRASHINE	13.46±1.68	3.54±0.09	0.70±0.12	19.75±4.34	18.29±2.42
SEALKOTE	13.40±1.39	3.45±0.20	0.75±0.17	18.68±4.07	18.29±1.83
ROSY PLUS	13.38±1.32	3.50±0.12	0.71±0.10	19.05±2.52	18.29±0.91
ZIVDAR	13.48±1.11	3.61±0.16	0.66±0.12	21.07±5.74	17.68±2.24
PERFECT SHINE	12.63±1.78	3.59±0.07	0.64±0.05	19.78±2.12	18.09±1.43
PE microemulsion	13.23±1.23	3.58±0.09	0.65±0.09	20.59±3.53	17.89±2.38
Chitosan 2.0%	12.84±1.62	3.52±0.08	0.70±0.07	18.61±3.32	19.11±1.85
Non-coated	13.94±0.51	3.52±0.11	0.71±0.11	19.04±2.69	16.46±1.83
ปัจจัยที่ 1	*	ns	ns	ns	ns
ปัจจัยที่ 2	ns	ns	ns	ns	ns
ปัจจัยที่ 1×2	ns	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* คือ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

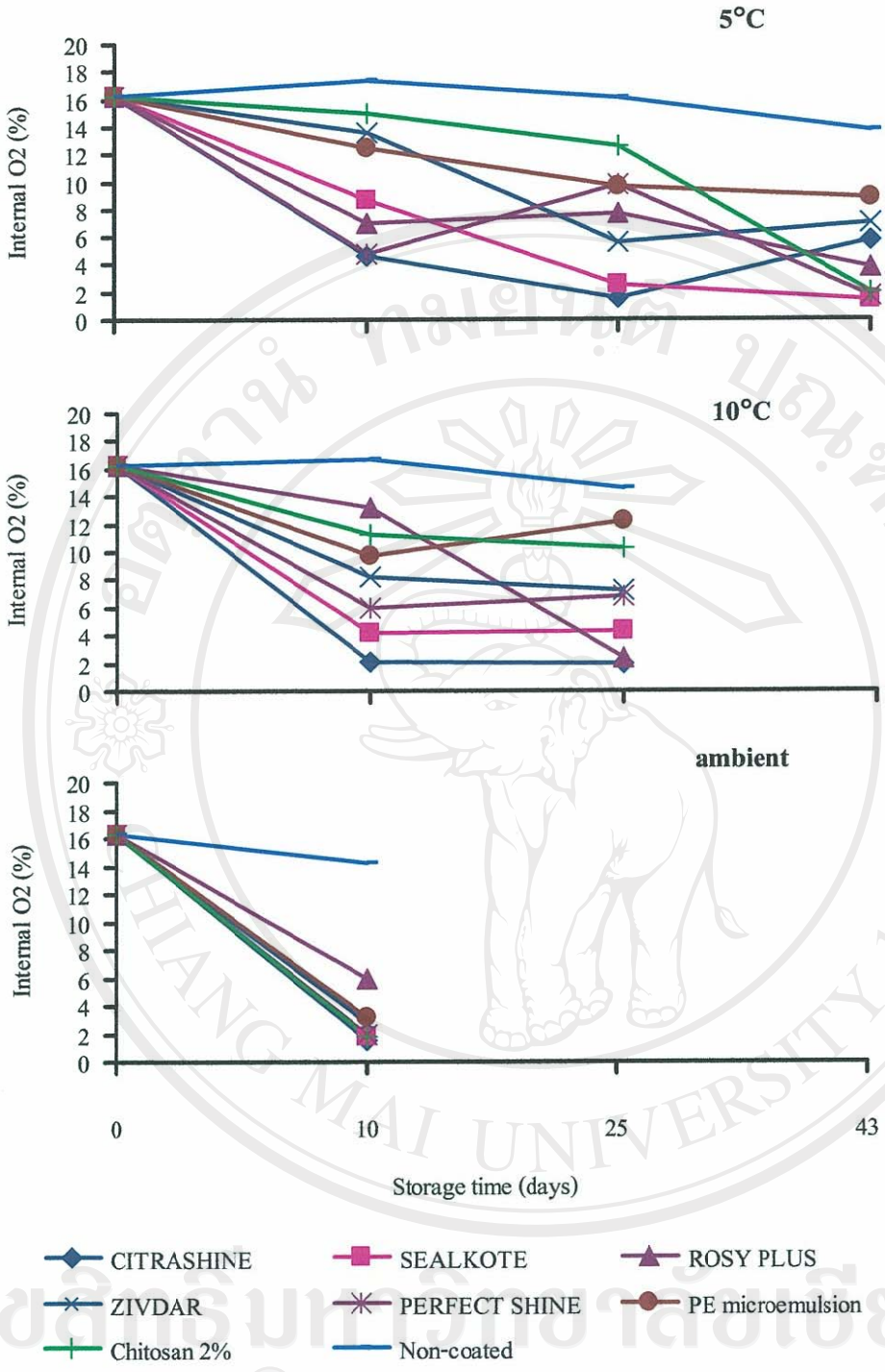
ns คือ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



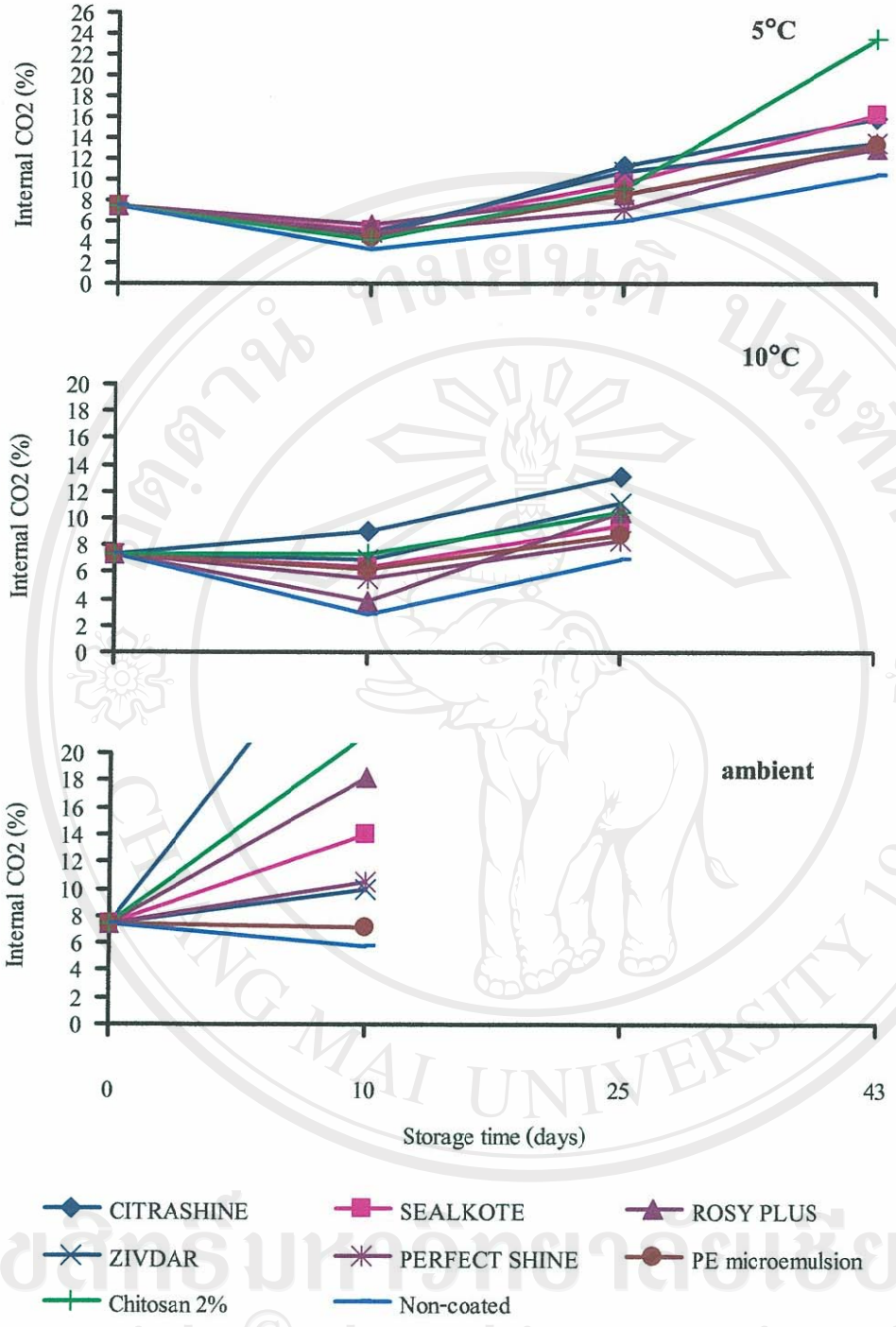
ภาพที่ 26 การเปลี่ยนแปลงการสูญเสียน้ำหนักของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 43, 25 และ 10 วัน ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



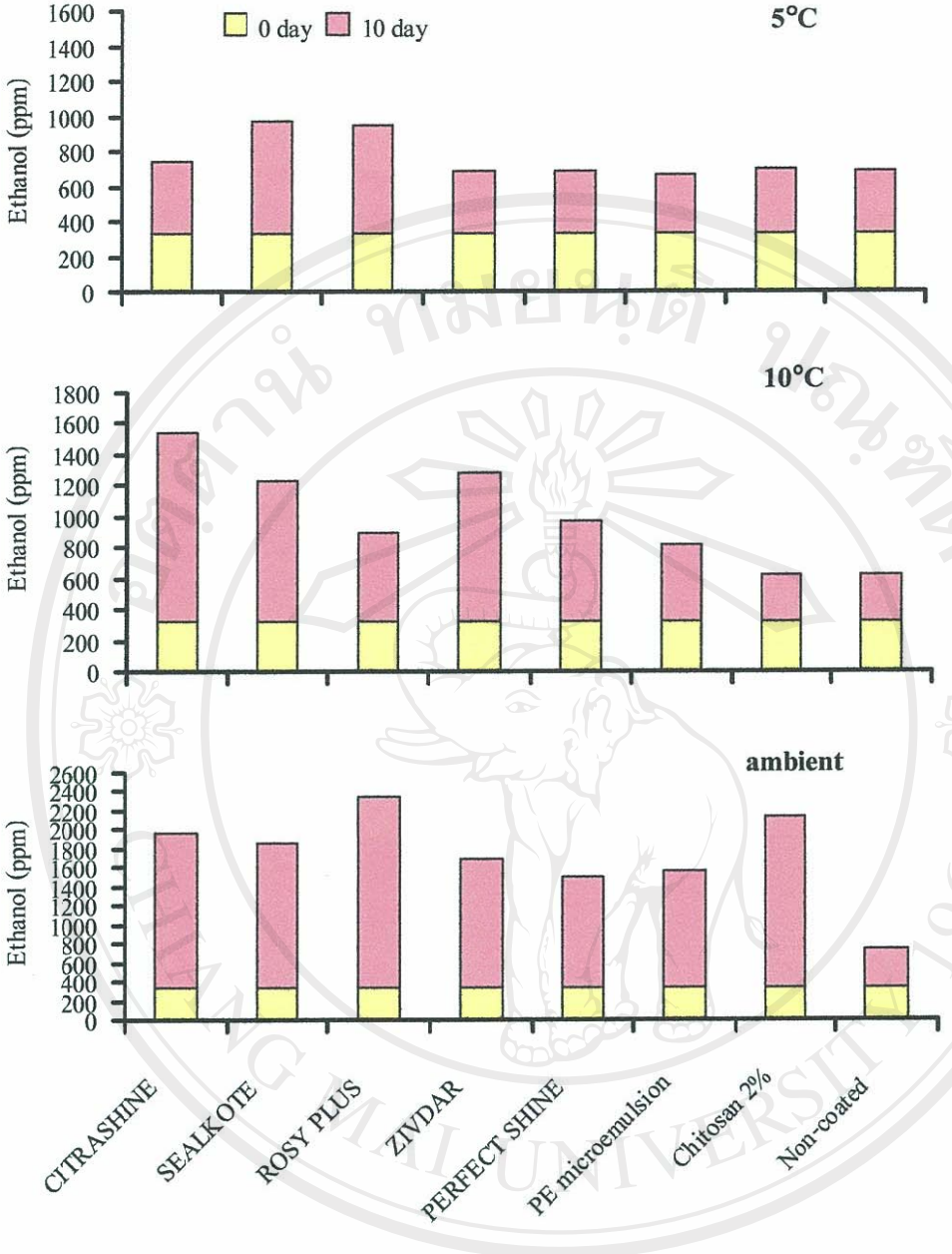
ภาพที่ 27 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในผลของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 43, 25 และ 10 วัน ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



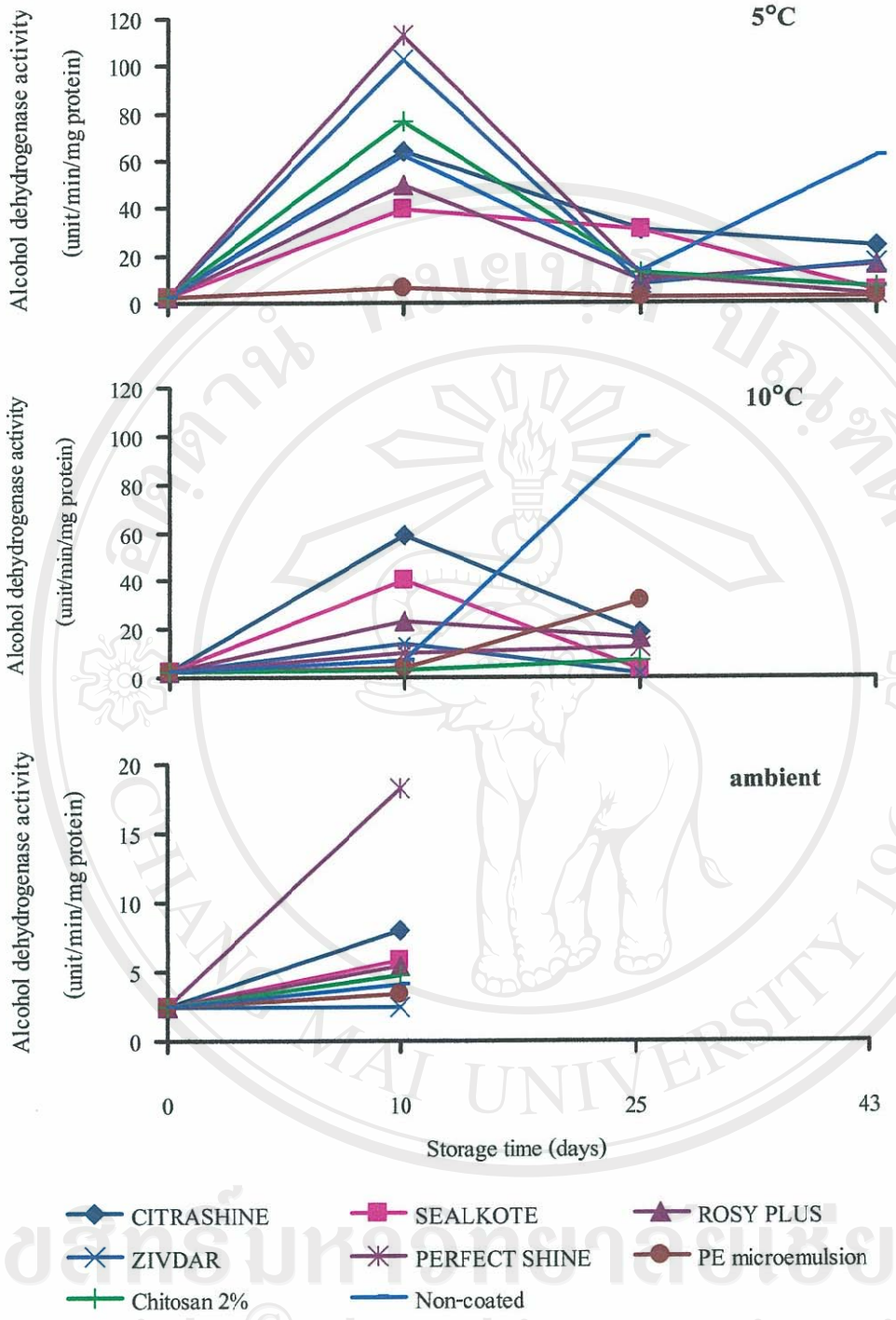
ภาพที่ 28 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 43, 25 และ 10 วัน ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



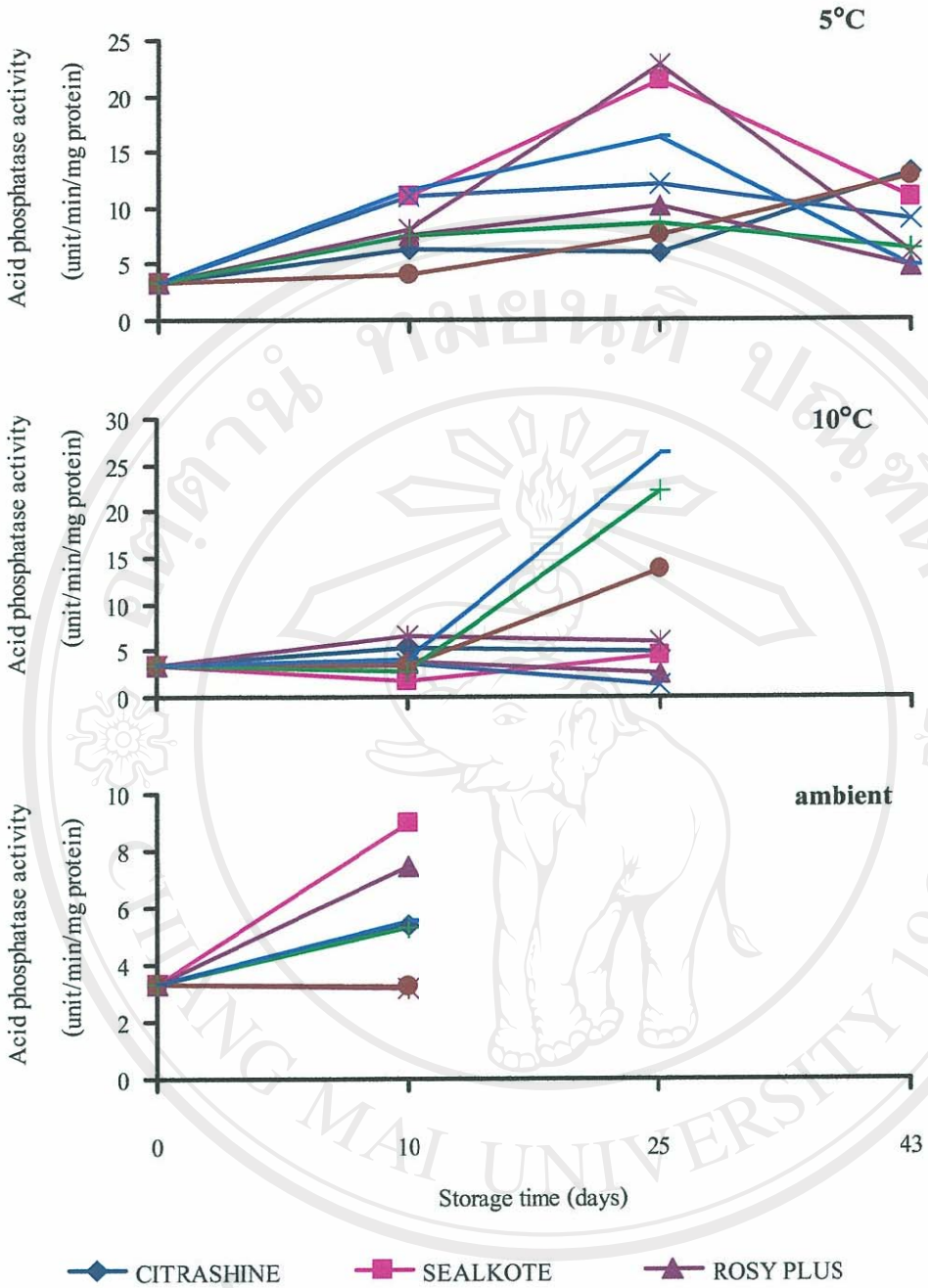
ภาพที่ 29 การเปลี่ยนปริมาณเอทานอลในน้ำคั้นของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 10 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



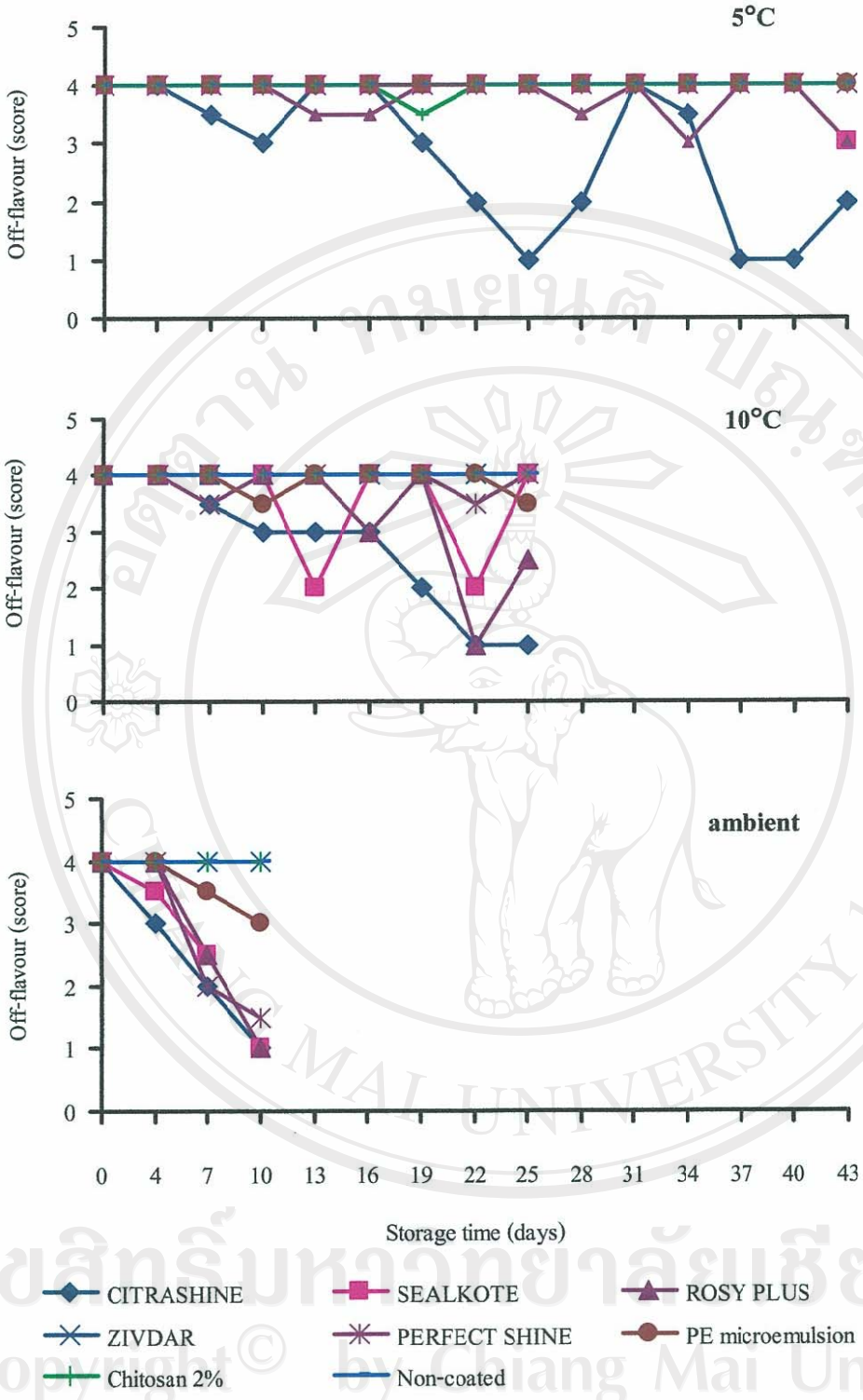
ภาพที่ 30 การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์แอลกอฮอล์ดีไฮโดรจีเนสของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 43, 25 และ 10 วัน ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



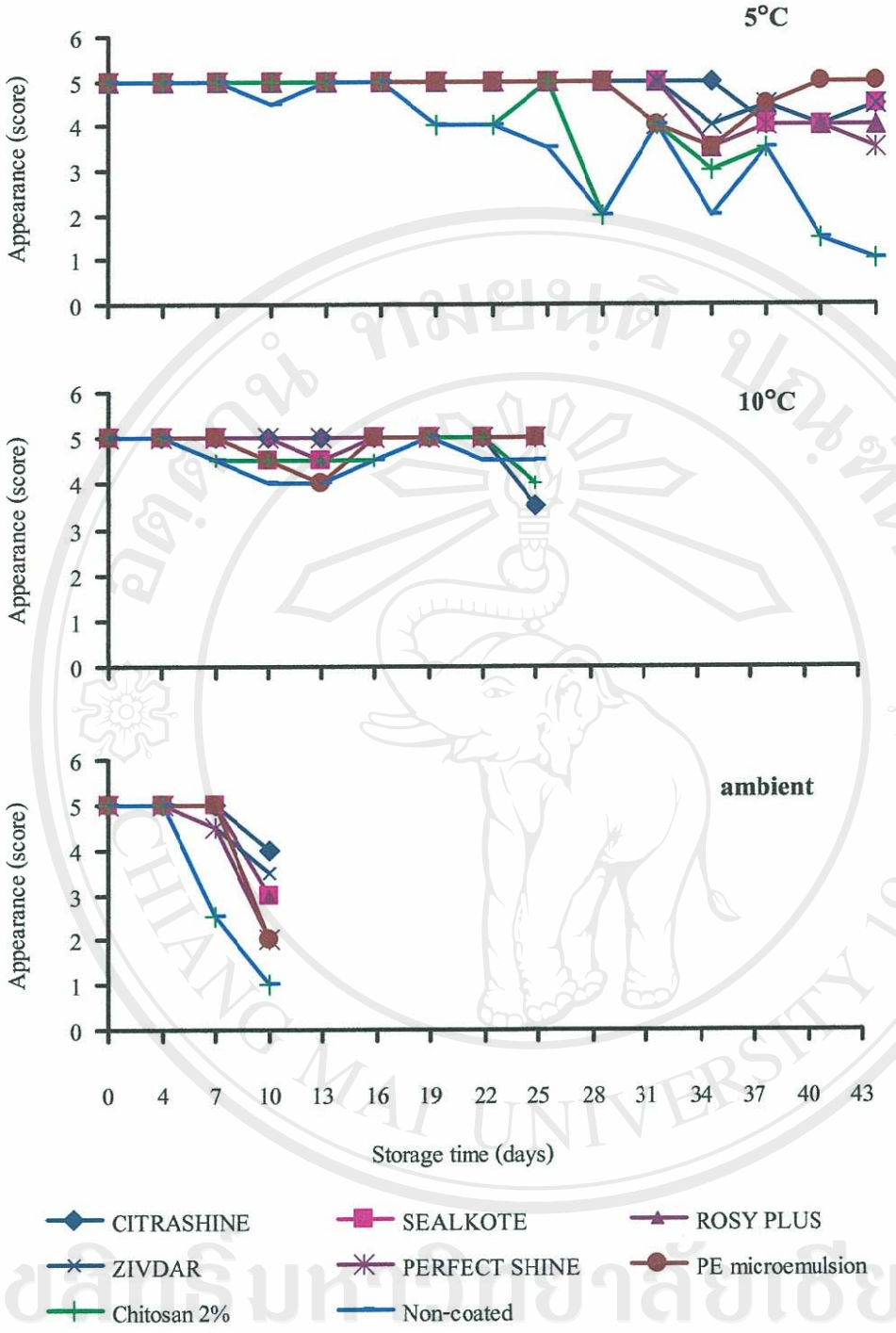
ภาพที่ 31 การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์แอซิดฟอสฟาเทสของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้ง ที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 43, 25 และ 10 วัน ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



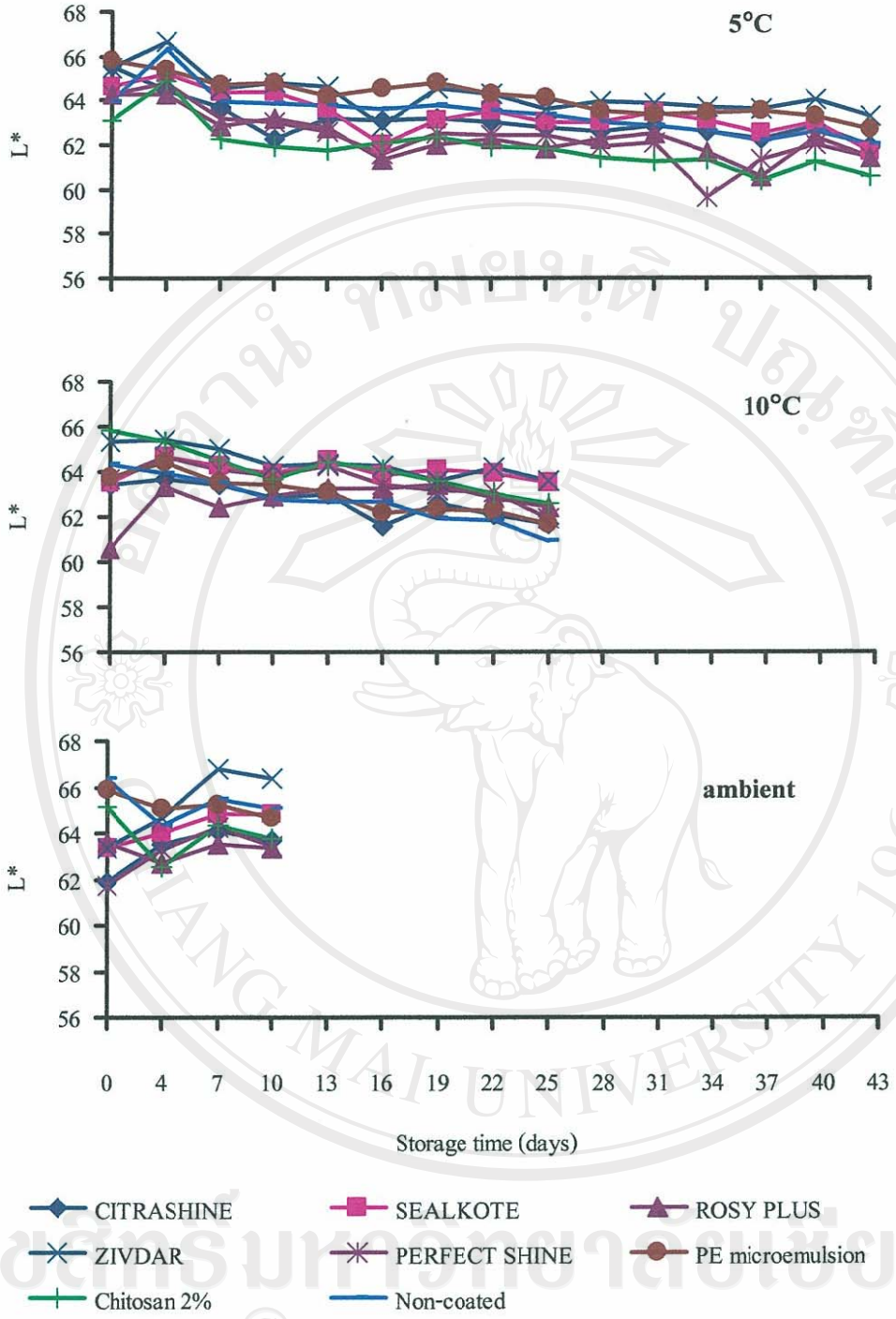
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ 32 การเปลี่ยนแปลงด้านกลิ่นและรสชาติผิดปกติของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 43, 25 และ 10 วัน ตามลำดับ



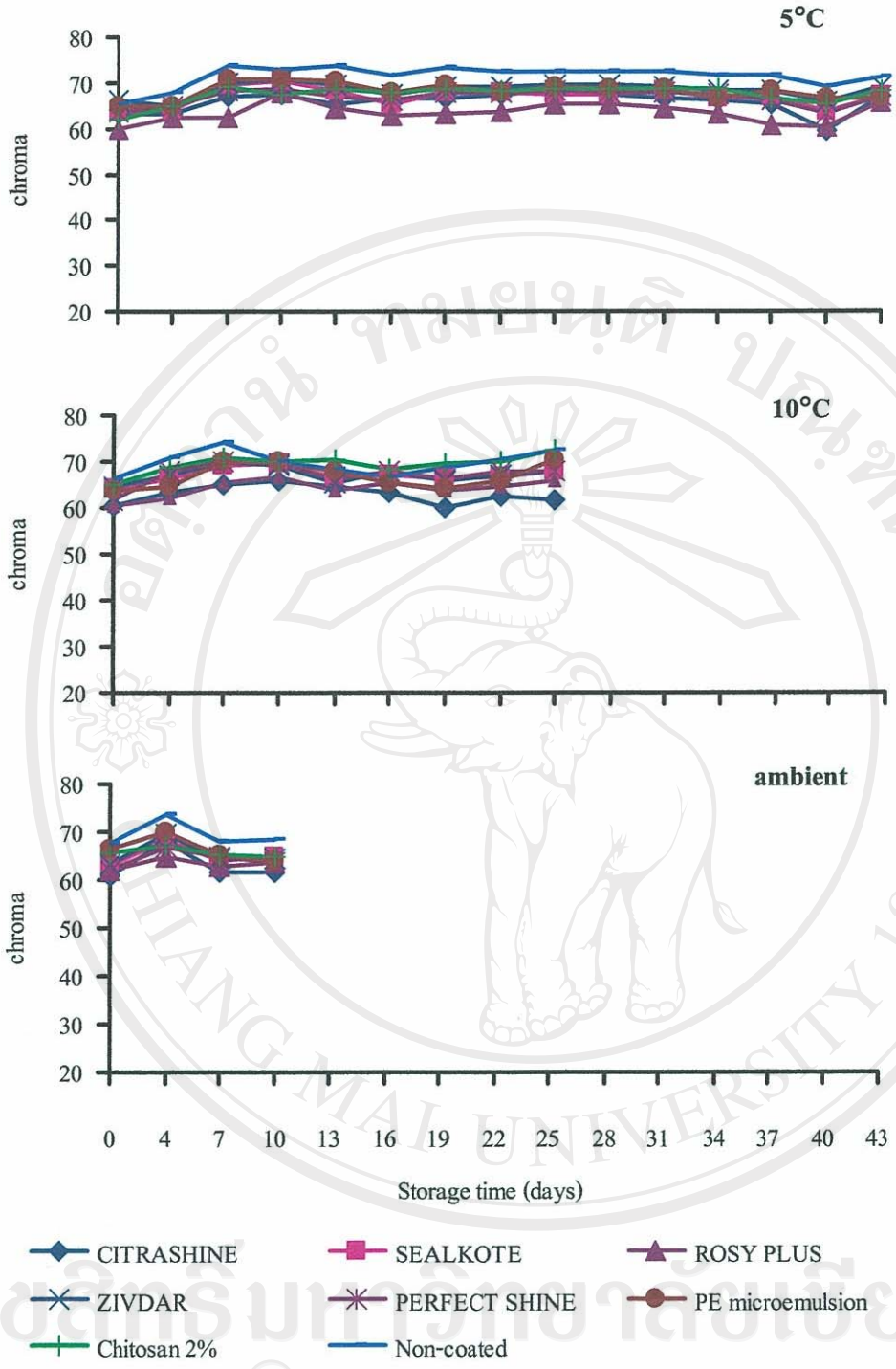
ภาพที่ 33 การเปลี่ยนแปลงด้านลักษณะปรากฏของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 43, 25 และ 10 วัน ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



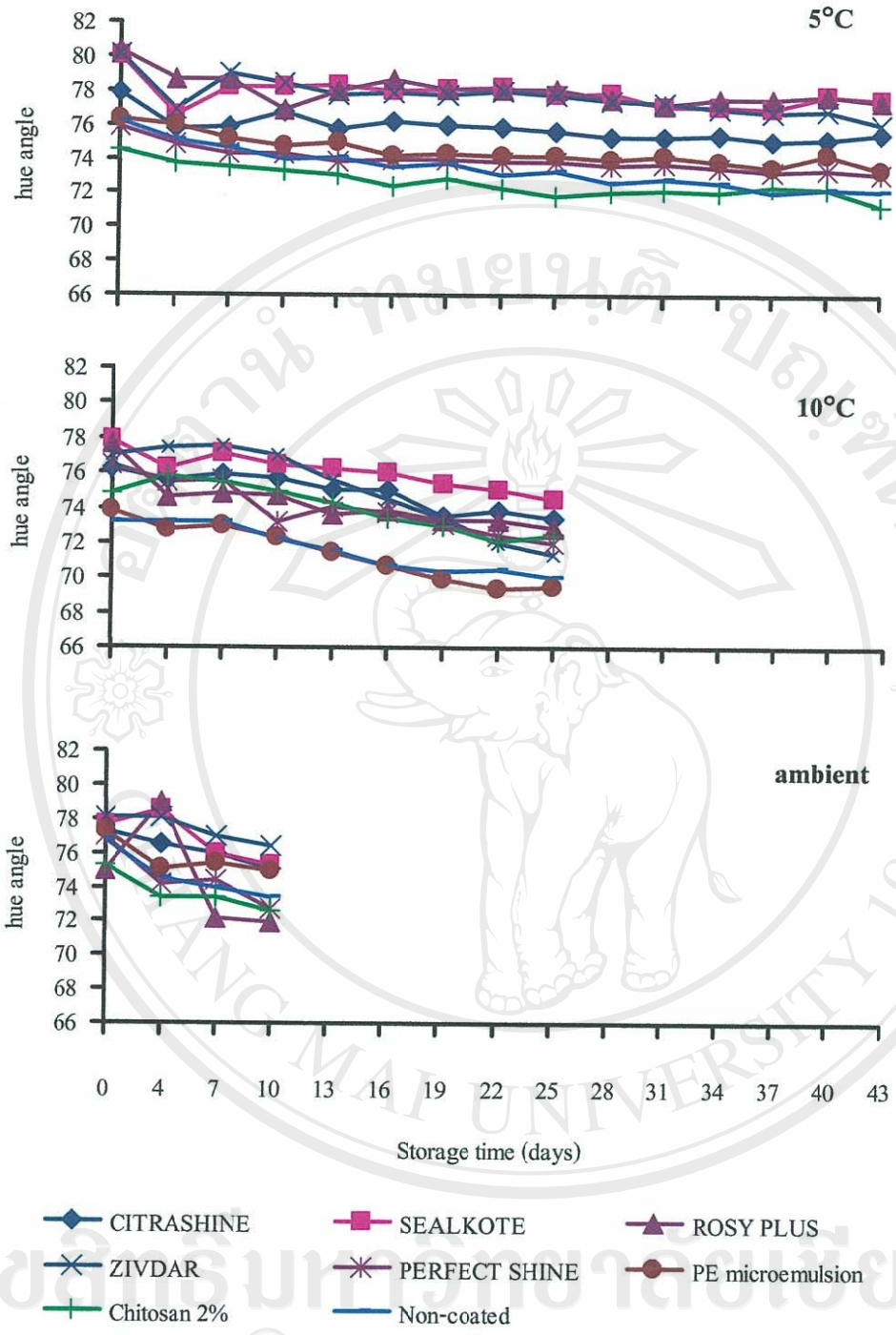
ภาพที่ 34 การเปลี่ยนแปลงค่า L* ของสีผิวผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 43, 25 และ 10 วัน ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



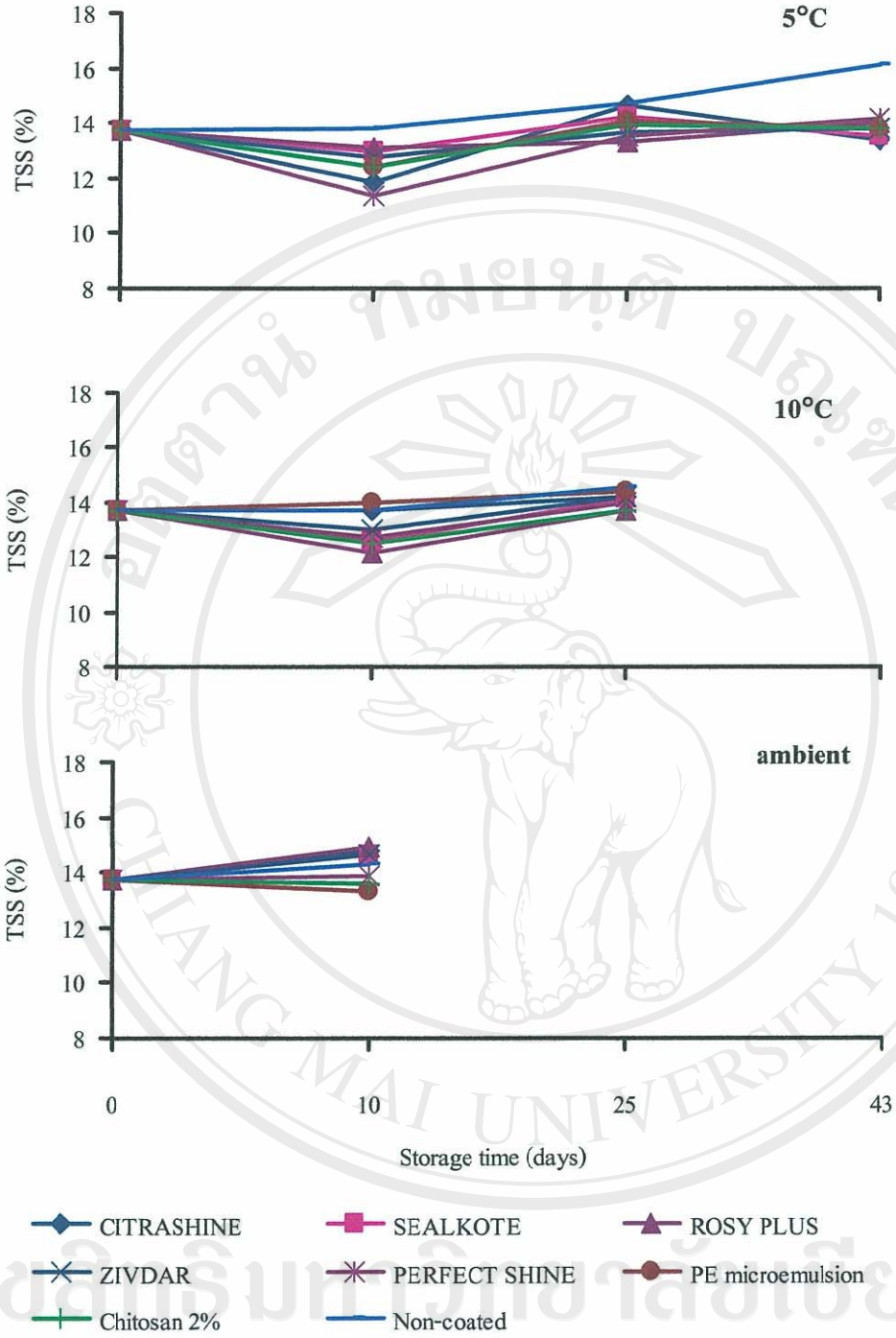
ภาพที่ 35 การเปลี่ยนแปลงค่า chroma ของสีผิวผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 43, 25 และ 10 วัน ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



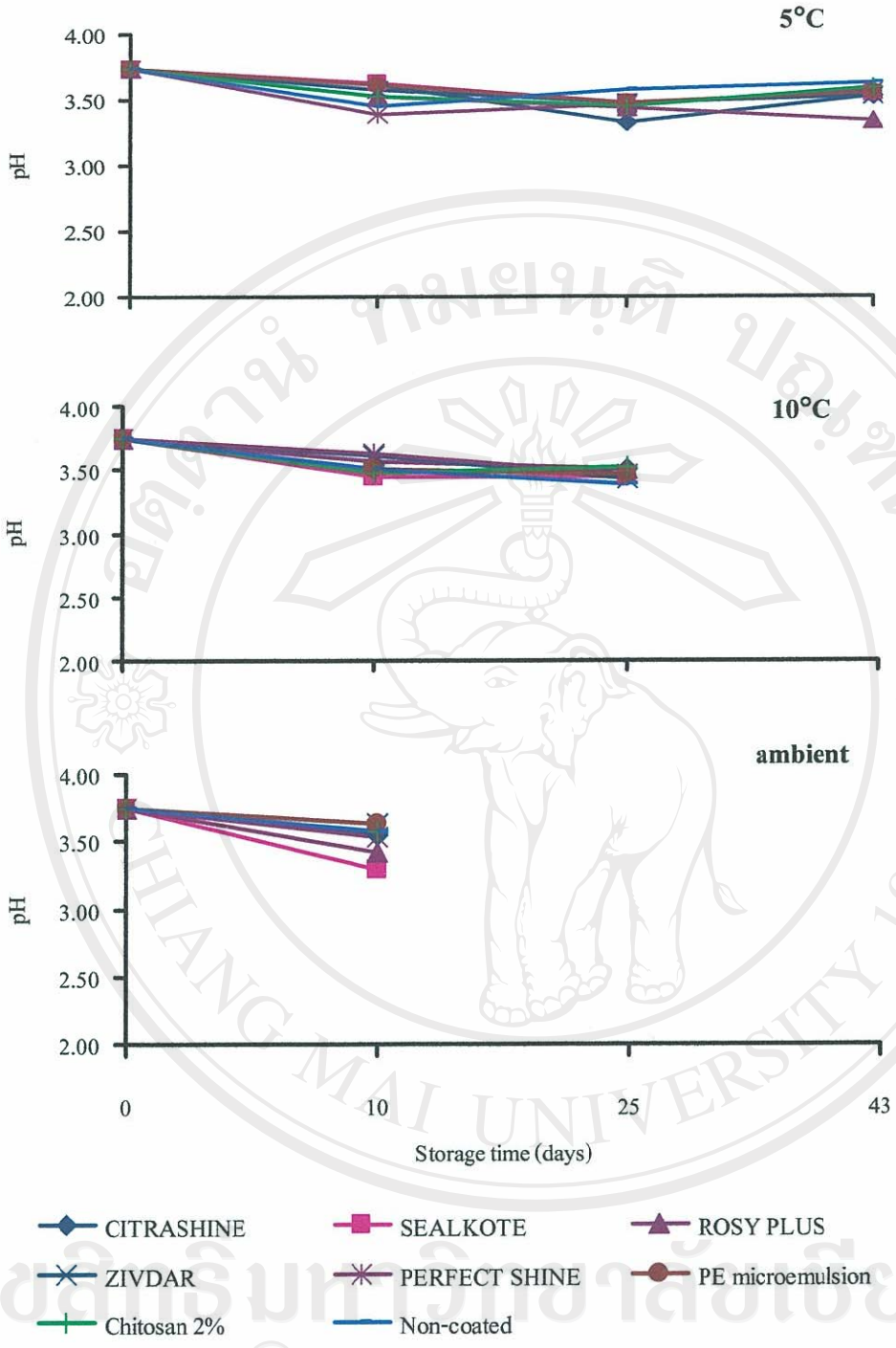
ภาพที่ 36 การเปลี่ยนแปลงค่า hue angle ของสีผิวผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 43, 25 และ 10 วัน ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



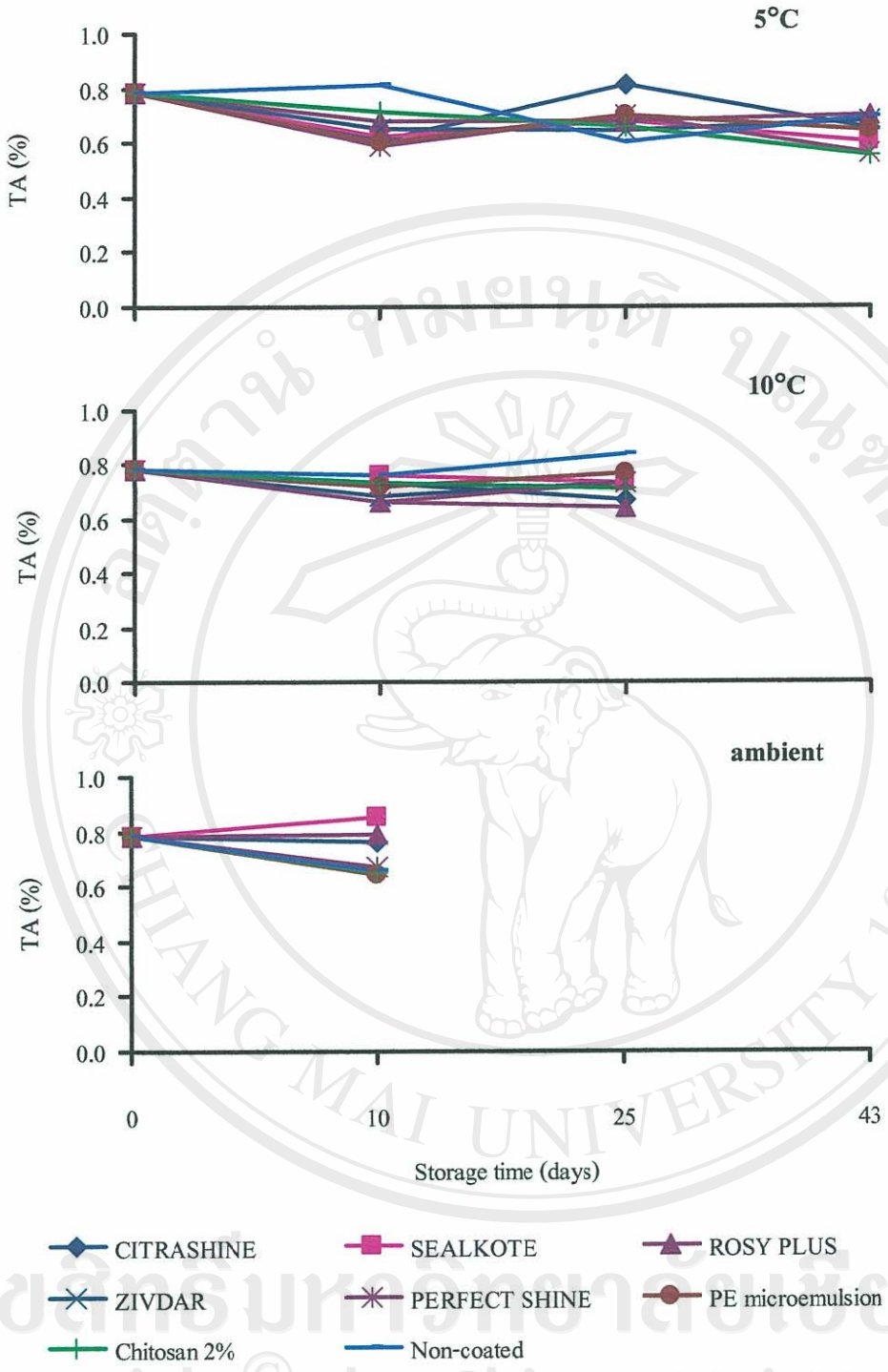
ภาพที่ 37 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 43, 25 และ 10 วัน ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



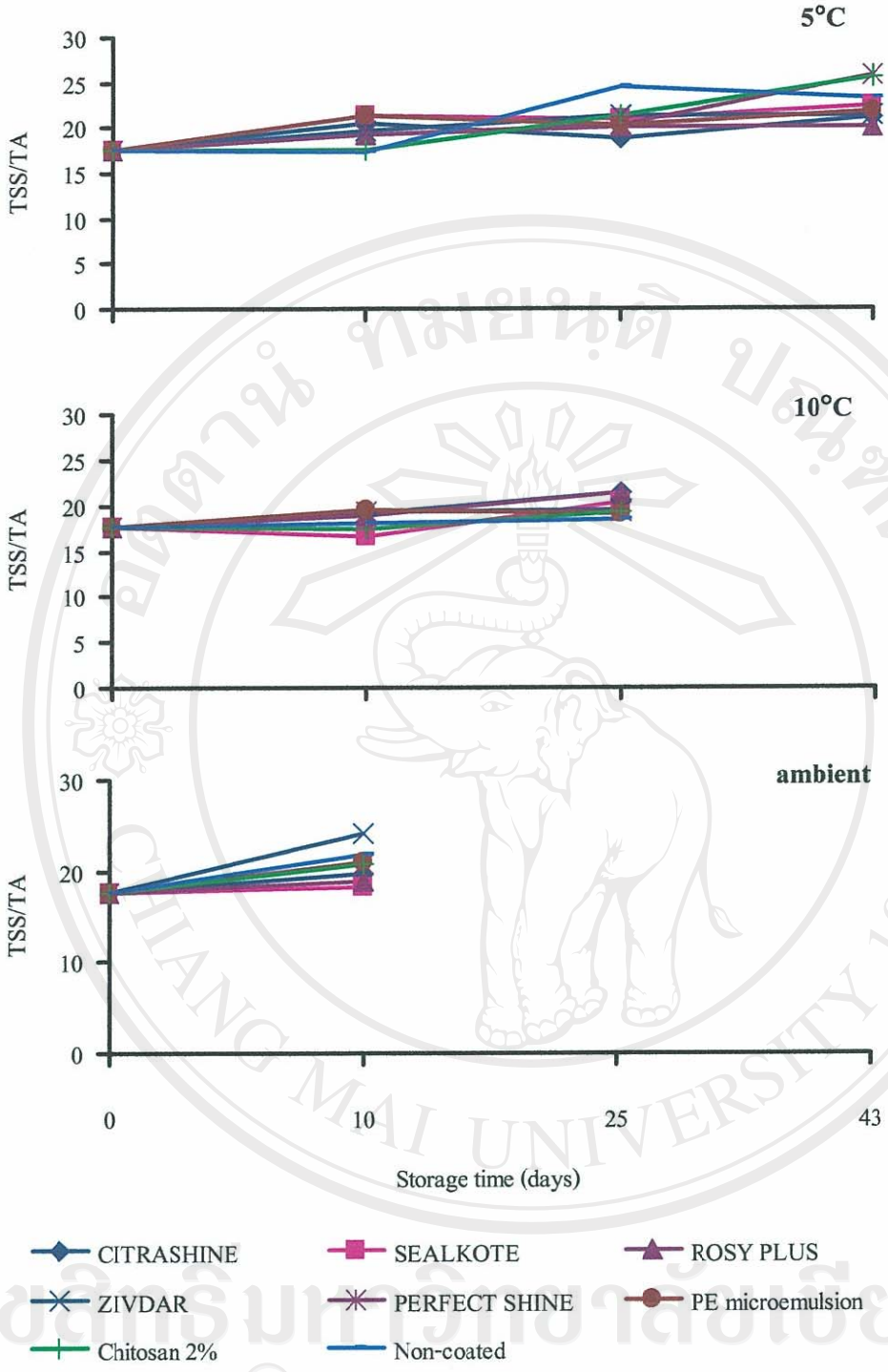
ภาพที่ 38 การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 43, 25 และ 10 วัน ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



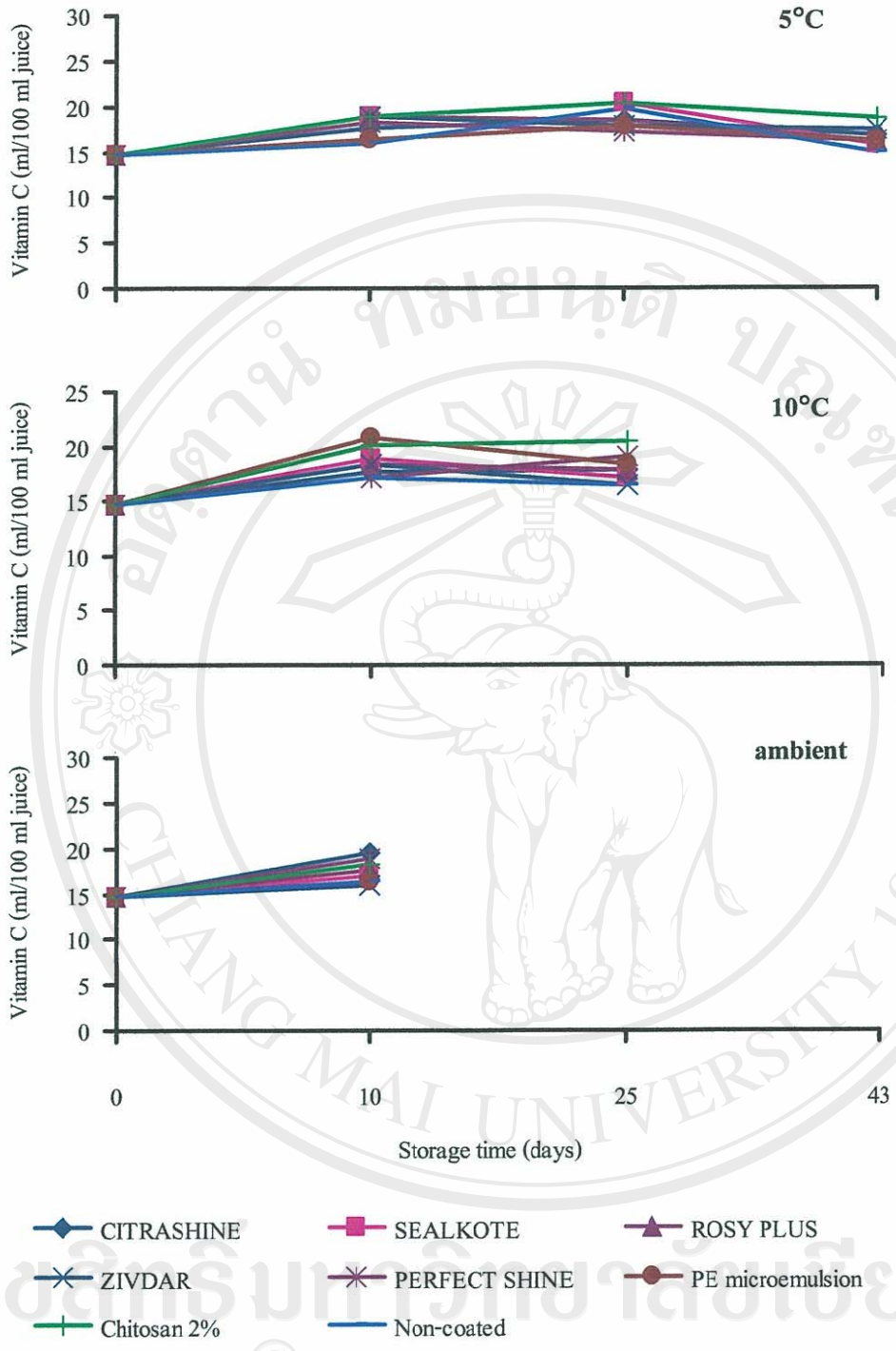
ภาพที่ 39 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 43, 25 และ 10 วัน ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



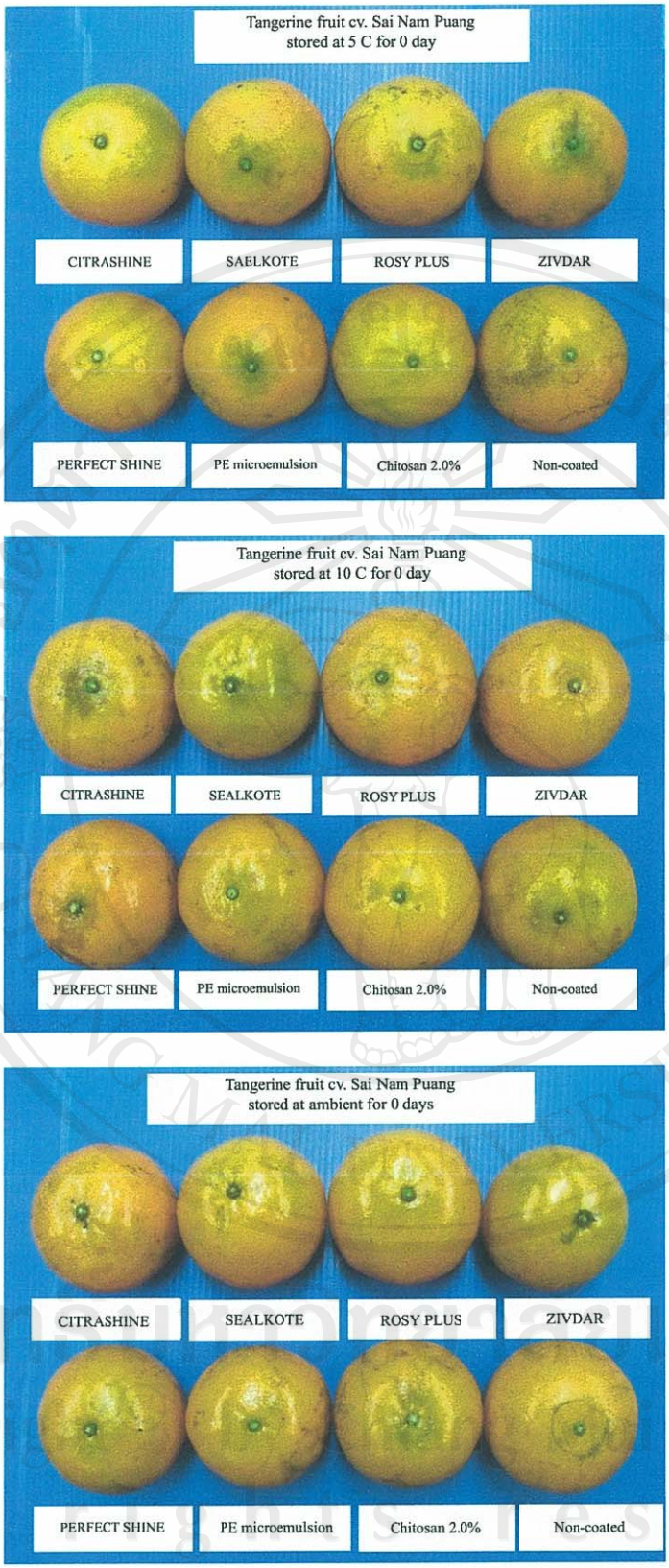
ภาพที่ 40 การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 43, 25 และ 10 วัน ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



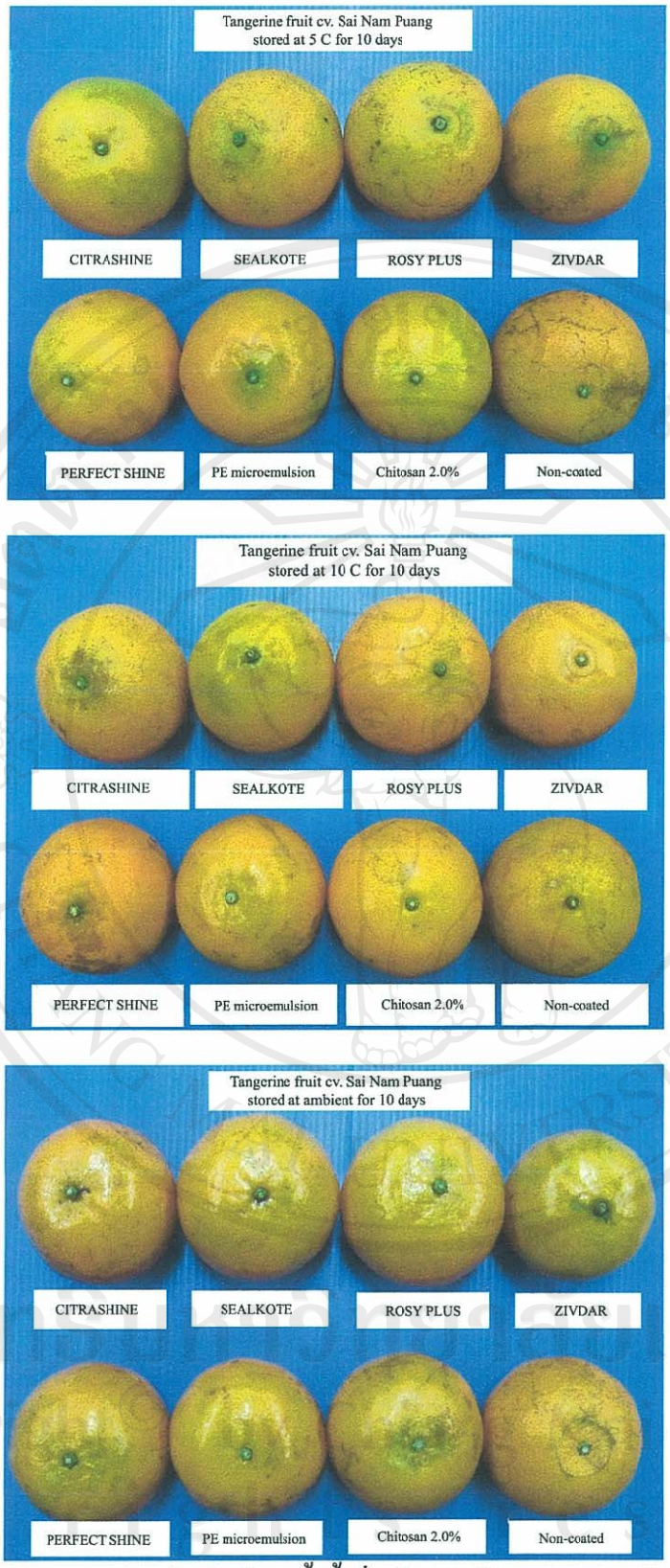
ภาพที่ 41 การเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซีของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 43, 25 และ 10 วัน ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



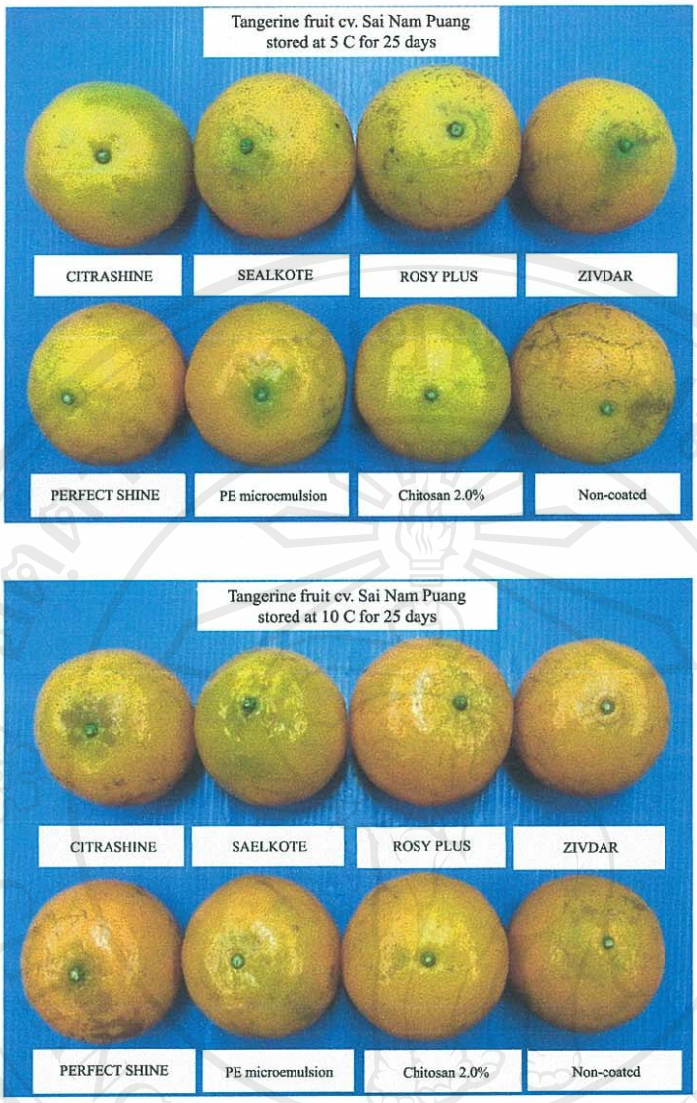
ภาพที่ 42 ลักษณะปรากฏของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 0 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 43 ลักษณะปรากฏของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 10 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 44 ลักษณะปรากฏของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 25 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ 45 ลักษณะปรากฏของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 43 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

1. ผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวทุกชนิดสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิว และสารเคลือบผิว FOMESA สามารถลดการสูญเสียน้ำหนักของผลส้มได้ดีที่สุด

2. การเคลือบผิวผลส้มมีผลทำให้การแลกเปลี่ยนแก๊สระหว่างบรรยากาศภายนอกกับภายในผลส้มลดลง ซึ่งการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว ZIVDAR และ Chitosan 1.5% ยอมให้มีการแลกเปลี่ยนแก๊สได้ดีที่สุด ในขณะที่สารเคลือบผิว CITROSOL และ FOMESA ยอมให้มีการแลกเปลี่ยนแก๊สได้น้อยที่สุด

3. ผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวทุกชนิดมีอัตราการหายใจต่ำกว่าผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิว และผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว ZIVDAR และ PERFECT SHINE มีปริมาณเอทานอลในน้ำคั้นต่ำกว่าในน้ำคั้นของผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดอื่นๆ

4. ผลส้มมีกิจกรรมของเอนไซม์แอลกอฮอล์ดีไฮโดรจีเนสและแอซิดฟอสฟาเทสเพิ่มขึ้นแล้วลดลงในช่วงระยะเวลาที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของสารเคลือบผิว

5. ผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว SUPERSHINE-C เกิดกลิ่นและรสชาติผิดปกติเร็วกว่าสารเคลือบผิวชนิดอื่นๆ และผลส้มที่เคลือบผิวทุกกรรมวิธีมีลักษณะปรากฏภายนอกดีกว่าผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิว

6. การเคลือบผิวผลส้มช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงสีผิวของผลส้มได้ แต่ไม่มีผลต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ค่าพีเอช ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ อัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ และปริมาณวิตามินซีของผลส้ม

7. ผลส้มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำ คือ 5 และ 10 องศาเซลเซียส สูญเสียน้ำหนักน้อยกว่า มีปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในผลสูงกว่า ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลและมีปริมาณเอทานอลในน้ำคั้นต่ำกว่าผลส้มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง มีลักษณะปรากฏภายนอกดีกว่าและเกิดกลิ่นและรสชาติผิดปกติน้อยกว่าผลส้มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง

8. ผลส้มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องมีกิจกรรมของเอนไซม์แอลกอฮอล์ดีไฮโดรจีเนสและแอซิดฟอสฟาเทสสูงกว่าผลส้มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส และกิจกรรมของเอนไซม์แอลกอฮอล์ดีไฮโดรจีเนสและแอซิดฟอสฟาเทสผันแปรเพิ่มขึ้นแล้วลดลง ขึ้นอยู่กับชนิดของสารเคลือบผิว

9. อุณหภูมิที่เก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ แต่ไม่มีผลต่อค่าสีผิวผล ค่าพีเอช ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ อัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ และปริมาณวิตามินซีของผลส้ม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

10. การเคลือบผิวผลส้มด้วยสารเคลือบผิวทางการค้าสามารถลดการสูญเสียน้ำหนักของผลส้มได้ดีกว่าสารเคลือบผิวที่พัฒนาขึ้น และสารเคลือบผิวที่บริโภคได้ และสารเคลือบผิว ZIVDAR, ROSY PLUS และ Chitosan 2.0% ยอมให้เกิดการแลกเปลี่ยนแก๊สออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลส้มกับบรรยากาศได้ดีที่สุด ในขณะที่สารเคลือบผิว CITRASHINE และ PERFECT SHINE ยอมให้เกิดการแลกเปลี่ยนแก๊สน้อยที่สุด ระหว่างการเก็บรักษาผลส้มที่อุณหภูมิทั้ง 3 ระดับ

11. ผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว PERFECT SHINE, PE microemulsion และ Chitosan 2.0% มีปริมาณเอทานอลในน้ำคั้นไม่แตกต่างจากผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิว แต่แตกต่างจากผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดอื่นๆ และผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว CITRASHINE เกิดกลิ่นละรสชาติผิดปกติก่อนกรรมวิธีอื่นๆ ในขณะที่ผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว ZIVDAR, Chitosan 2.0% และผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวยังไม่แสดงกลิ่นและรสชาติผิดปกติ ระหว่างการเก็บรักษาผลส้มที่อุณหภูมิทั้ง 3 ระดับ

12. การเคลือบผิวผลส้มด้วยสารเคลือบผิวทางการค้าส่วนใหญ่ให้ความมันเงามากกว่าสารเคลือบผิวที่พัฒนาขึ้นและสารเคลือบผิวที่บริโภคได้ ทั้งนี้การเคลือบผิวไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าสีผิวผล ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ค่าพีเอช ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ อัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ และปริมาณวิตามินซีของผลส้ม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2549. ส้มเขียวหวาน. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.doae.go.th/plant/orange.htm (22 พ.ย. 2549)

เกษตรเชียงใหม่. 2549. ส้มเขียวหวาน. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://chiangmai.doae.go.th/orang.htm (22 พ.ย. 2549)

จริงแท้ ศิริพานิช. 2538. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมแห่งชาติ สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม. 396 หน้า.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2544. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 396 หน้า.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2549. ชีววิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและการวายของพืช (Postharvest Biology and Plant Senescence). ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร วิทยาเขตกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม. 453 หน้า.

ชินพันธ์ หาภา. 2539. ผลของสารเคลือบผิวที่บริโภคได้ต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาวิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 145 หน้า.

ชูชาติ วัฒนวรรณ. 2537. การห่อหุ้มส้มเขียวหวานด้วยฟิล์มพลาสติกและการ curing. ข่าวสารชมรมพืชสวนหลังการเก็บเกี่ยว. ปีที่ 4(4): 4-6.

ดนัย บุณยเกียรติ. 2534. สรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่. 217 หน้า.

ดนัย บุณยเกียรติ. 2540. สรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวของพืชสวน. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 224 หน้า.

ดนัย บุณยเกียรติ และ นิธิยา รัตนาปนนท์. 2548. การปฏิบัติภายหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. กรุงเทพมหานคร. 236 หน้า.

ธวัช หะหมาน และสมศิริ แสงโชติ. 2546. ผลของไคโตแซนต่อโรคแอนแทรคโนสของผลมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยว. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 34 (4-6): 49-52.

นันท์นภัส เทพสำราญ, โชคพิศิษฐ์ ชาญนันทพิพัฒน์ , วิไลภรณ์ บุญญกิจจินดา และปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์. 2546. ผลของไคโตซานในการเคลือบผิวต่ออายุการเก็บรักษาของผลมะละกอ. การสัมมนาวิชาการวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว/หลังการผลิตแห่งชาติ ครั้งที่ 2, 21-22 สิงหาคม โรงแรมเจริญธานี ปริ๊นเซส, ขอนแก่น. หน้า 89.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เบญจมาส รัตนชินกร, วีระอนงค์ คำศิริ, ยสวันต์ บุษปวนิช, สุพัตรา ไกรศรี และจตุพร สิงโต. 2546. ผลของไคโตซานต่อคุณภาพการเก็บรักษาส้มโอ. การประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่ 4 (ภาคโปสเตอร์สาขาไม้ผล) 4-7 พฤษภาคม โรงแรมเจบีหาดใหญ่, สงขลา. หน้า 164.

ปรีดา จิตตารมณ์. 2536. การพัฒนาสารเคลือบผิวสำหรับผลส้มเขียวหวาน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร. 81 หน้า.

ผ่องเพ็ญ อรรคสีวร, ธำรงค์ อัมพรรัตน์, อภิตา บุญศิริ, นภา ศิวรังสรรค์, สีรุ้ง ปรีชานนท์ และโศรดา กนกภานนท์. 2549. การพัฒนาสารเคลือบเชลแล็กเพื่อยืดอายุการเก็บรักษามังคุด และมะนาวพันธุ์แป้น. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร (ฉบับพิเศษ). 37(5): 42-45.

พายัพ ยังปักษี. 2542. ส้มโอเพื่อการส่งออก. กองบรรณาธิการแผนกหนังสือเฉพาะกิจ บริษัทไฟว์อีดิเตอร์, สมุทรปราการ. 130 หน้า.

พิมพ์ใจ สีหะนาม. 2548. ผลของการเคลือบผิวด้วยไคโตซานต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 72. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 154 หน้า.

ไพรัตน์ โสภโณดร, สุทธวัฒน์ เบญจกุล และวิคเนตร พระพุทธ. 2536. การใช้ไคโตแซนเป็นสารเคลือบผิวเพื่อยืดอายุการเก็บรักษามะนาว. วารสารสงขลานครินทร์. 15(3): 259-265.

ภาวดี เมธะคานนท์, อศิรา เฟื่องฟูชาติ และก้องเกียรติ คงสุวรรณ. ม.ป.พ. Chitin Chitosan. ศูนย์เทคโนโลยีและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพมหานคร. 22 หน้า.

มนตรี อิสรไกรศีล. 2527. การศึกษาการเจริญเติบโตของผล ดัชนีการเก็บเกี่ยว และการเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวผลส้มเขียวหวานและส้มตรา. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร. 116 หน้า.

มยุรา ศุภลักษณากร. 2539. การแยกและการคัดเลือกเชื้อราที่ผลิตไคติเนส. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาชีววิทยา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 96 หน้า.

วงเดือน สุนทรวิภาต. 2546. ผลของสารเคลือบผิวและอุณหภูมิต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้ง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 122 หน้า.

วัฒนา สวรรยาธิปัติ. 2528. การปลูกส้ม. โครงการหนังสือคู่มือสำหรับประชาชน ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ สำนักส่งเสริมและฝึกอบรมมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม. 80 หน้า.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

วิกิพีเดีย. ส้ม (ผลไม้). สารานุกรมเสรี. (เอกสารวิชาการศัตรูพืชกักกันพืชที่สำคัญของส้ม สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพมหานคร 2547) [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://th.wikipedia.org/wiki/ (27 พ.ย. 2549).

วิทวัส ศาสนนันทน์. 2545. ผลของน้ำร้อนและไคโตซานต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและอายุการวางจำหน่ายมะม่วงพันธุ์มหาชนก. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 139 หน้า.

สายชล เกตุษา. 2528. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมแห่งชาติ สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม. 365 หน้า.

สิริพันธ์ ศรียุกต์. 2531. ผลของการเคลือบผิวต่อการสุกและการแตกของทุเรียนพันธุ์ชะนี. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร. 66 หน้า.

สุภาพ ขำจินดา. 2531. ผลของสารเคลือบผิวและอุณหภูมิที่มีต่อการเก็บรักษาส้มตรา. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร. 29 หน้า

สุภาวดี อินศรีสว่าง. 2531. ผลของสารเคลือบผิวที่มีต่อการเก็บรักษาส้มเขียวหวาน. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 37 หน้า

เสาวคนธ์ นุสติ. 2544. ผลของการเคลือบผิวด้วยสารอิมัลชันและไคโตแซนต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของสาลี่. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาวิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 138 หน้า.

Agar, I. T., B. Hess-Pierce, M.M. Sourour and A.A. Kader. 1999. Identification of optimum preprocessing storage conditions to maintain quality of black ripe 'Manzanillo' olives. Postharvest Biology and Technology. 15: 53-64.

Ahmad, M. and I. Khan. 1987. Effect of waxing and cellophane lining on chemical quality of citrus fruit. Plant Foods for Human Nutrition. 37: 47-57.

Albrigo, L.G. 1972. Distribution of stomata and epicuticular wax on orange as related to stem and rind breakdown and water loss. Journal of the American Society for Horticultural Science. 97(2): 220-223.

Alleyne, V. and R.D. Hagenmaier. 2000. Candelilla-shellac: an alternative formulation for coating apples. HortScience. 35: 691-693.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Aoyama, H., A.D.M. Cavagis, E.M. Taga and C.V. Ferreira. 2001. Endogenous lectin as a possible regulator of the hydrolysis of physiological substrates by soybean seed acid phosphatase. Phytochemistry. 58: 221-225.

Arthey, V.D. 1975. Quality of Horticultural Products. Butterworths, London. 228 p.

Austin, P.R., C.J. Brine, J. E. Castle and J.P. Zikakis. 1981. Chitin: New facets of research. Science. 212: 749-753.

Ayala-Zavala, J.F., S.Y. Wang, C.Y. Wang and G.A. Gonzalez-Aguilar. 2004. Effect of storage temperatures on antioxidant capacity and aroma compounds in strawberry fruit. Lebensmittel-Wissenshaft u.-Technologie. 37: 687-695.

Bai, J., R.D. Hagenmaier and E.A. Baldwin. 2003. Coating selection for 'Delicious' and other apples. Postharvest Biology and Technology. 28: 381-390.

Bai, J., V. Alleyne, R.D. Hagenmaier, J.P. Mattheis and E.A. Baldwin. 2003. Formulation of zein coatings for apples (*Malus domestica* Borkh). Postharvest Biology and Technology. 28: 259-268.

Baldwin, E.A., M. Nisperos-Carriedo, P.E. Shaw and J.K. Burns. 1995. Effects of coatings and prolonged storage on fresh orange flavor volatiles, degree Brix, and ascorbic acid levels. Journal of Agriculture and Food Chemistry. 43: 1321-1331.

Baldwin, E.A, J.K. Burns, W. Kazokas, J.K. Brecht., R.D. Hagenmaier, R.J. Bender and E. Pesis. 1999. Effect of two edible coatings with different permeability characteristics on mango (*Mangifera indica* L.) ripening during storage. Postharvest Biology and Technology. 17: 215-226.

Ball, J.A. 1997. Evaluation of two lipid-based edible coatings for their ability to preserve postharvest quality of green bell peppers. Master Thesis, Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia, USA.

Batu, A. 2003. Temperature effects on fruit quality of mature green tomatoes during controlled atmosphere storage. International Journal of Food Sciences and Nutrition. 54(3): 201-208.

Ben-Yehoshua, S., S.P. Burg and R. Young. 1985. Resistance of citrus fruit to mass transport of water vapor and other gases. Plant Physiology. 79: 1048-1053.

Ben-Yehoshua, S. 1987. Transipation, water stress, and gas exchange, pp. 113-170. *In* J. Weichman (ed.). Postharvest Physiology of Vegetables. Marcel Dekker, New York.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Bennett, H. 1975a. Industrial Waxes. Vol. 1. Chemical Publishing Company, Inc., New York. 413 p.

Bennett, H. 1975b. Industrial Waxes. Vol. 2. Chemical Publishing Company, Inc., New York. 410 p.

Bonnichsen, R.K., and H. Theorell. 1951. An enzymatic method for the micro determination of ethanol. Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation. 3: 58.

Bozzo, G. G., K. G. Raghothama and W. C. Plaxton. 2002. Purification and characterization of two secreted purple acid phosphatase isozymes from phosphate-starved tomato (*Lycopersicon esculentum*) cell cultures. European Journal of Biochemistry. 269: 6278-6286.

Burdon, J., N. Lallu, C. Yearsley, D. Burmeister and D. Billing. 2007. The kinetics of acetaldehyde and ethanol accumulation in 'Hass' avocado fruit during induction and recovery from low oxygen and high carbon dioxide conditions. Postharvest Biology and Technology. 43: 207-214.

Cadena-Iniguez, J., L. Arevalo-Galarza, L.M. Ruiz-Posadas, J.F. Aguirre-Medina, M. Soto-Hernandez, M. Luna-Cavazos and H.A. Zavaleta-Mancera. 2006. Quality evaluation and influence of 1-MCP on *Sechium edule* (Jacq.) Sw. fruit during postharvest. Postharvest Biology and Technology. 40: 170-176

Chen, S. and A. Nussinovitch. 2000. Galactomannans in disturbances of structured wax–hydrocolloid-based coatings of citrus fruit (easy-peelers). Food Hydrocolloids. 14: 561-568

Chien, P.J., F. Sheu and F.H. Yang. 2007. Effects of edible chitosan coating on quality and shelf life of sliced mango fruit. Journal of Food Engineering. 78: 225-229

Cohen, E. 1978. Ethylene concentration and the duration of the degreening process in Shamouti orange fruit. Journal of Horticultural Science. 53(2): 139-142.

Cohen, E., Y. Shalom and I. Rosenberger. 1990. Postharvest ethanol build up and off-flavor in "Murcott" tangerine fruit. Journal of the American Society for Horticultural Science. 115(5): 775-778.

Concellon, A., M.C. Anon and A.R. Chaves. 2007. Effect of low temperature storage on physical and physiological characteristics of eggplant fruit (*Solanum melongena* L.). LWT. 40: 389-396.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Cordenunsi, B.R., M.I. Genovese, J.R.O. do Nascimento, N.M.A. Hassimotto, R. J. dos Santos and F.M. Lajolo. 2005. Effects of temperature on the chemical composition and antioxidant activity of three strawberry cultivars. Food Chemistry. 91: 113-121.

Davis, F.S. and L.G. Albrigo. 1994. Citrus. CAB International, Wallingford, Oxford, UK. 254 p.

Davis, P.L. and R.C. Hofmann. 1973. Effect of coating on weight loss and ethanol buildup in juice of orange. Journal of Agriculture and Food Chemistry. 21(3): 445-457.

Davis, P. L., B. Roe, and J.H. Bruemmer. 1973. Biochemical changes in citrus fruits during controlled-atmosphere storage. Journal of Food Science. 38:225-229.

del Pozo, J. C., I. Allona, V. Rubio, A. Leyvade, A. la Pena, C. Aragoncillo and J. Paz-Ares. 1999. A type 5 acid phosphatase gene from *Arabidopsis thaliana* is induced by phosphate starvation and by some other types of phosphate mobilising/oxidative stress conditions. The Plant Journal. 19: 579-589.

Dien, L.D. and T.Q. Binh. 1996. Research on using chitosan for storage of oranges in Vietnam, Chitin and Chitosan: Processing of the 2 Asia Pacific Symposium, Bangkok, p. 200-201.

Dou, H., F.G. Gmitter, G. Coates, W. Wei and J.Y. Lee. 2004. Postharvest internal and external evaluation of LAB-9 in comparison to sunburst and minneola. Proceedings of the Florida State Horticultural Society. 117: 362-364.

Du, J., H. Gemma and S. Iwahori. 1992. Effect of chitosan coating on the storability and on the ultrastructural changes of 'Jonagold' apple fruit in storage. Food Preservation Science. 24(1): 23-29.

Duff, S. M. G., G. Sarath and W. C. Plaxton. 1994. The role of acid phosphatases in plant phosphorus metabolism. Physiologia Plantarum. 90: 791-800.

Eilati, S.K., P. Budoski and S.P. Monsclise. 1975. Carotenoid change in the 'Shamouti' orange peel during chloroplast-chromoplast transformation on and off the tree. Journal of Experimental Botany. 26: 624-632.

El-Ghaouth, A., J. Arul and A. Asselin. 1991. Potential use of chitosan in postharvest preservation of fruits and vegetables. Advances in Chitin and Chitosan : Proceedings from the 5th International Conference on Chitin and Chitosan. Elsevier Applied Science, London. pp. 440-452.

El-Ghaouth, A., J. Arul, J. Grenier and A. Asselin. 1992. Antifungal activity of chitosan on two postharvest pathogens of strawberry fruits. Phytopathology. 82(4): 398-402.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

El-Ghaouth, A., R. Ponnampalam, F. Castaigne and J. Arul. 1992. Chitosan coating to extend the storage life of tomatoes. HortScience. 27(9): 1016-1018.

Ergun, M., S.A. Sargent, A.J. Fox, J.H. Crane and D.J. Huber. 2005. Ripening and quality responses of mamey sapote fruit to postharvest wax and 1-methylcyclopropene treatments. Postharvest Biology and Technology. 36: 127-134.

Fallik, E., Y. Shalom, S. Alkalai-Tuvia, O. Larkov, E. Brandies and U. Ravid. 2005. External, internal and sensory traits in Galia-type melon treated with different waxes. Postharvest Biology and Technology. 36: 69-75.

Fellars, P. J. 1991. The relationship between the ratio of degrees Brix to percent acid and sensory flavor in grapefruit juice. Food Technology. 45(7): 68–75.

Fonseca, S.C., F.A. R. Oliveira, I.B.M. Lino, J. Brecht and K.V. Chau. 2000. Modelling O_2 and CO_2 exchange for development of perforation-mediated modified atmosphere packaging. Journal of Food Engineering. 43: 9-15.

Goodwin, T.W. and E.I. Mercer. 1983. Introduction to Plant Biochemistry. 2nd ed., Pergamon Press, Oxford. 677 p.

Gran, C.D. and R.M.Beaudry. 1993. Determination of the low oxygen limit for several commercial apple cultivars by respiratory quotient breakpoint. Postharvest Biology and Technology. 3: 259–267.

Grierson, W. and W.F. Wardowski. 1978. Relative humidity effects on the postharvest life of fruit and vegetables. Horticultural Science. 13(5): 22-26.

Gross, J. 1987. Pigment in fruit. Academic Press Ltd., London. 260 p.

Hagenmaier, R.D. and R.A. Baker. 1993. Reduction in gas exchange of citrus fruit by wax coating. Journal of Agriculture and Food Chemistry . 41: 283-287.

Hagenmaier, R.D. and R.A. Baker. 1994. Wax microemulsions and emulsions as citrus coatings. Journal of Agriculture and Food Chemistry. 42: 899-902.

Hagenmaier, R.D. and R.A. Baker. 1995. Layered coating to control weight loss and preserve gloss of citrus fruit. Horticultural Science. 30(2): 296-298.

Hagenmaier, R.D. and P.F. Shaw. 1992. Gas permeability of fruit coating waxes. Journal of the American Society for Horticultural Science. 117(1): 105-109.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Hagenmaier, R.D. and P.F. Shaw. 2002. Changes in volatile components of stored tangerines and other specialty citrus fruits with different coatings. Journal of Food Science. 67:1742-1745.

Hagenmaier, R.D. 2002. The flavor of mandarin hybrids with different coatings. Postharvest Biology and Technology. 24: 79-87.

Hagenmaier, R.D. 2005. A comparison of ethane, ethylene and CO_2 peel permeance for fruit with different coatings. Postharvest Biology and Technology. 37: 56-64.

Hampel, C.A. and G.G. Hawley. 1973. The Encyclopedia of Chemistry. 3th ed., Van Nostrand Reinhold Ltd., New York, 1198 p.

Han, C., Y. Zhao, S. W. Leonard and M.G. Traber. 2004. Edible coating to improve storability and enhance nutritional value of fresh and frozen strawberries (*Fragaria* × *ananassa*) and raspberries (*Rubus indeaus*). Postharvest Biology and Technology. 33: 67-78.

Hatton, T.T.J. and D.H. Spalding. 1990. Controlled atmosphere storage of some tropical fruit. *In* Calderon, M. and R. Barkai-Golan. (eds.), Food Preservation by Modified Atmosphere. CRC Press, Boca Raton, FL. pp. 301-314.

Imahori, Y., K. Matushita, M. Kota, Y. Ueda, M. Ishimaru and K. Chachin. 2003. Regulation of fermentative metabolism in tomato fruit under low oxygen stress. Journal of Horticultural Science & Biotechnology. 78(3): 386-393.

Imahori, Y., Y. Suzuki, K. Uemura, I. Kishioka, H. Fujiwara, Y. Ueda and K. Chachin. 2004. Physiological and quality responses of Chinese chive leaves to low oxygen atmosphere. Postharvest Biology and Technology. 31: 295–303.

Jiang, Y. and Y. Li. 2001. Effect of chitosan coating on postharvest life and quality of longan fruit. Food Chemistry. 73: 139-143.

Kader, A.A. 1985. Postharvest Handling Systems: Subtropical Fruit. Pp. 152-156. *In* A.A. Kader, R.F. Kasmire, F.G. Mitchell, M.S. Reid, N.F. Sommer and J.F. Thompson. (eds.), Postharvest Technology of Horticultural Crops. Uni. of California, Div. of Agri. and Nati. Res.

Kader, A.A. 1986. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. Food Technology. 40(5): 99-100, 102-104.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Kanellis, A.K., T. Solomos and A.K. Mattoo. 1989. Changes in sugars, enzymic activities and acid ahosphatase isoenzyme profiles of bananas ripened in air or stored in 2.5% O_2 with and without ethylene. Plant Physiology. 90: 251-258.

Kaplan, H.J. 1986. Washing, waxing, and color-adding. *In* Wardowski, W. F., S. Nagy and W. Grierson. (eds.), Fresh Citrus Fruit. AVI, New York. pp. 379-395.

Kays, S.J. 1991. Postharvest Physiology of Perishable Plant Products. The AVI Publishing, New York. 532 p.

Ke, D. and A.A. Kader. 1991. Tolerance of 'Valencia' oranges to controlled atmospheres, as determined by physiological responses and quality attributes. Journal of the American Society for Horticultural Science. 115(5):779-783.

Ke, D., L. Rodriguez-Sinobas and A.A. Kader. 1991. Physiological responses and quality attributes of peaches kept in low oxygen atmospheres. Scientia Horticulturae. 47:295-303.

Ke, D. and A.A. Kader. 1992. External and internal factors influence fruti tolerance to low-oxygen atmospheres. Journal of the American Society for Horticultural Science. 117: 913-918.

Ke, D., E. Yahia, M. Matoes and A.A. Kader. 1994. Ethanolic fermentation of 'Bartlett' pears as influenced by ripening stage and atmospheric composition. Journal of the American Society for Horticultural Science. 119(5): 976-982.

Ketsa, S. 1990. Effect of fruit size on weight loss and shelf life of tangerine. Journal of Horticultural Science. 65(4): 485-488.

Kienzle-Sterzer, C., D. Rodriquez-Sanches and C. Rha. 1982. Dilute solution behavior of a cationic polyelectrolyte. Journal for Applied Polymer Science. 27: 4467-4470.

Kimbell, D.A. 1984. Factors affecting the rate of maturation of citrus fruit. Proceedings Florida State Horticultural Science. 97: 40-44.

Kolattukudy, P.E. 2003. Natural waxes on fruits. Postharvest Information Network. [Online]. Available http://postharvest.tfree.wsu.edu/REP2003A.pdf (23 November 2006). (Originally published in the "Post Harvest Pomology Newsletter", Vol. 2, No. 2, May 1984)

Leshem, Y.A., A.H. Halevy and C. Frenkel. 1986. Processes and Control of Plant Senescence. Elsevier, Amsterdam. 215 p.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Levitt, J. 1974. Introduction to Plant Physiology. The C.V. Mosby Company, Saint Louis. 447 p.

Maciel, M.I.S., V.L.A.G.D. Lima, E.S.D. Santos and M.D.S. Lima. 2004. Effects of biofilm and refrigeration on acerola postharvest conservation. Revista Brasileira de Fruticultura. 26(1): 168-170.

Maftoonazad, N. and H.S.Ramaswamy. 2005. Postharvest shelf-life extension of avocados using methyl cellulose-based coating. LWT. 38: 617-624

Martinez-Romero, D., M. Serrano and D. Velero. 2003. Physiological changes in pepino (*Solanum muricatum* Ait.) fruit stored at chilling and non-chilling temperature. Postharvest Biology and Technology. 30: 177-186.

Martinez-Romero, D., N. Alburquerque, J.M. Valverde, F. Guillen, S. Castillo, D. Valero and M. Serrano. 2006. Postharvest sweet cherry quality and safety maintenance by *Aloe vera* treatment: A new edible coating. Postharvest Biology and Technology. 39: 93-100

McGuire, R.G. 1992. Reporting of objective colour measurement. Journal of Horticultural Science. 27(12): 1254-1255.

McGuire, R.G. and G.U. Hullman. 1995. Coating guavas with cellulose or carnauba-based emulsions interferes with postharvest ripening. HortScience. 30: 294-295.

Mitra, S. 2001. Postharvest Physiology and Storage of Tropical and Subtropical Fruits. CAB International, Wallingford, UK, 423 p.

Mostofi, Y., P.A. Toivonen, H. Lessani, M. Babalar and C. Lu. 2003. Effect of 1-methyl-cyclopropene on ripening of greenhouse tomatoes at three storage temperatures. 27: 285-292.

Mota, W.F., L.D.C. Shalomao, P.R. Cecon and F.L. Finger. 2003. Waxes and plastic film in relation to the shelf life of yellow passion fruit. Scientia Agricola. 60(1): 51-57.

Norman, S.M. and C.C. Craft. 1971. Production of ethanol, acetaldehyde, and methanol by intact oranges during and after nitrogen storage. Journal of the American Society for Horticultural Science. 96: 464-467.

Pandy, B.P. 1982. Plant Anatomy. S. Chand and Company Ltd., New Delhi. 495 p.

Patent Abstracts of Japan. 1998.

Paul, R.E. 1992. Postharvest senescence and physiology of leaf vegetables. Postharvest News and Information. 3(1): 11-20.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Peleg, K. 1985. Produce Handling, Packaging and Distribution. AVI Publishing Company, Inc., Westport, Connecticut. 625 p.

Pesis, E. and I. Avissar. 1989. The postharvest quality of orange fruits as affected by prestorage treatments with acetaldehyde vapors or anaerobic conditions. Journal of Horticultural Science. 64: 107-113.

Petracek, P.D., H. Dou and S. Pao. 1998. The influence of applied waxes on postharvest physiological behavior and pitting of grapefruit. Postharvest Biology and Technology. 14: 99-106.

Phan, C.T., K. Ogata and K. Chachin. 1975. Respiration and respiratory climacteric, pp. 86-102. *In* E.B. Pantastico (ed.). Postharvest Physiology, Handling and Utilization on Tropical Fruits and Vegetables. The AVI Publishing Co., Inc., Connecticut.

Plaxton, W. C. and M. C. Carswell. 1999. Metabolic aspects of the phosphate starvation response in plants. *In* Lerner, H. R. (ed.), Plant Responses to Environmental Stresses: From Phytohormones to Genome Reorganization. Marcel Dekker, New York. pp. 349-372.

Porat, R., B. Weiss, L. Cohen, A. Daus and A. Biton. 2005. Effects of polyethylene wax content and comparison on taste, quality, and emission of off-flavor volatiles in 'Mor' mandarins. Postharvest Biology and Technology. 38: 262-268.

Qiuping, Z. and X. Wenshui. 2007. Effect of 1-methylcyclopropene and/or chitosan coating Treatments on storage life and quality maintenance of Indian jujube fruit. LWT. 40: 404-411.

Ranganna, S. 1997. Manual of Analysis of Fruit and Vegetable Products. Tats McGraw-Hill Publishing Company Limited, New Delhi. 634 p.

Shin, Y., R.H. Liu, J.F. Nockc, D. Holliday and C.B. Watkins. 2007. Temperature and relative humidity effects on quality, total ascorbic acid, phenolics and flavonoid concentrations, and antioxidant activity of strawberry. Postharvest Biology and Technology.45: 349-357.

Shirai, Y., T. Sato, N. Ogura and H. Nakagawa. 1984. Effect of heat treatment on changes in acid phosphatase activity during tomato ripening. Agricultural and Biological Chemistry. 48(3): 797-801.

Smilanick, J.L. and D.C. Fouse. 1989. Quality of nectarines stored in insecticidal low-O_2 atmospheres at 5 and 15°C. Journal of the American Society for Horticultural Science. 114:431-436.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Sornsrivichai, J., P. Boon-long, K. Kaiviparkbunya and S. Gomolmanee. 1992. Storability and some physiological properties of tangerine fruit over wrapped or individually seal packaged with plastic film. Acta Hort. 321: 795-803.

Togrul, H. and N. Arslan. 2004. Extending shelf-life of peach and pear by using CMC from sugar beet pulp cellulose as a hydrophilic polymer in emulsions. Food Hydrocolloids. 18: 215-226

Trakulnaleumsai, C., S. Ketsa and W. G. van Doorn. 2006. Temperature effects on peel spotting in 'Sucrier' banana fruit. Postharvest Biology and Technology. 39: 285-290

Undurraga, P. L., J. A. Olaeta and M. Taito. 1995. Effect of N,O-carboximethyl-chitosan, Nutrasave, on avocado fruit (*Persea americana* Mill) cv. Hass during cool storage. Proceedings of The World Avocado Congress III, pp. 362-365.

Vakis, N.J. 1975. Effect of ethephon and waxing on the degreening of Cyprus grown lemons and grapefruit. Journal of Horticultural Science. 50: 311-319.

Vincent, J.B., M.W. Crowder and B.A. Averill. 1992. Hydrolysis of phosphate monoesters: a biological problem with multiple chemical solutions. Trends in Biochemical Sciences. 17:105-110.

Vines, H.W., W. Grierson and G.J. Edwards. 1963. Respiration internal atmosphere and ethylene evolution of citrus fruit. Proceeding of American Society for Horticultural Science. 92: 227-234.

Voet, D. and J.G. Voet. 1990. Biochemistry. John Willey and Sons, Inc., New York. 1223 p.

Wardowski, W. F., S. Nagy and W. Grierson. 1986. Fresh Citrus Fruit. The AVI Publishing Company, Inc., Connecticut. 571 p.

Wills, R.H.H., T.H. Lee, D. Graham, W.B. McGlasson and E.G. Hali. 1981. Postharvest: An Introduction to the Physiology and Handling of Fruit and Vegetables. The AVI Publishing Company Inc., Westport, Connecticut. 163 p.

Wood, J.L. 1990. Moisture loss from fruit and vegetables. Postharvest News and Information. 1(3): 195-199.

Worrell, D. B., C.M. Sean Carrington and D. J. Huber. 2002. The use of low temperature and coatings to maintain storage quality of breadfruit, *Artocarpus altilis* (Parks.) Fosb. Postharvest Biology and Technology. 25: 33-40.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Yaman, O. and L. Bayoindirli. 2002. Effects of an edible coating and cold storage on shelf-life and quality of cherries. Lebensmittel-Wissenshaft und-Technologie. 35: 146-150.

Yoon, K.Y., E.E. Woodams and Y.D. Hang. 2005. Relationship of acid phophatase activity and Brix/acid ratio in apples. Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie. 38: 181-183.

Yoon, K.Y., E.E. Woodams and Y.D. Hang. 2006. Relationship of acid phosphatase activity and Brix/acid ratio in cherries. Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie. 39:316-320.

Zhang, D. and P. C. Quantick. 1997. Effect of chitosan coating on enzymatic browning and decay during postharvest storage of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) fruit. Postharvest Biology and Technology. 12: 195-202.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวก ก ชนิดของสารเคลือบผิวและส่วนผสมของสารเคลือบผิว

ชื่อของสารเคลือบผิว	ส่วนผสมของสารเคลือบผิว	ประเทศผู้ผลิต
CITRASHINE	Shellac-based wax formulated with purified natural secretion and water-emulsifying agents.	สหรัฐอเมริกา
FOMESA (WATERWAX)	Oxidized polyethylene wax 10% Glycerol ester of wood rosin 8% Ammonium hydroxide 2%	สเปน
CITROSOL AK	18% w/v Carnauba and Rosin	สเปน
SUPERSHINE-C	Waxes 18% w/v, Modified gum, Rosin, Oxidized polyethylene and adjuvants	สเปน
ZIVDAR	Waxes 18% w/v, Shellac, Polyethylene wax and Imazalil	อิสราเอล
PERFECT SHINE	Carnauba wax, Natural resin, Fatty acid, Fatty alcohol, Ammonia	ไทย
PE microemulsion	Polyethylene wax 18.3%, Oleic acid 4.66%, Morpholine and H_2O 80 ml	-

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวก 1 การสูญเสียน้ำหนัก (เปอร์เซ็นต์) ของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์

ชนิดของสารเคลือบผิว	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)					
	0	1	4	7	10	13
CITRASHINE	0.00±0.00	0.59±0.05^{efg}	2.03±0.20^{ef}	3.41±0.35^{ef}	4.66±0.46^{fg}	5.51±0.55^{ef}
SEALKOTE	0.00±0.00	0.51±0.01^{fg}	1.80±0.10^{ef}	3.11±0.20^{ef}	4.40±0.26^{fg}	5.26±0.33^{ef}
FOMESA	0.00±0.00	0.47±0.07^{g}	1.69±0.28^{f}	2.91±0.50^{f}	4.04±0.66^{g}	4.84±0.78^{f}
ROSY PLUS	0.00±0.00	0.79±0.14^{bc}	2.79±0.50^{bc}	4.76±0.82^{bc}	6.49±1.14^{cd}	7.71±1.37^{c}
CITROSOL	0.00±0.00	0.81±0.10^{bc}	2.74±0.37^{bc}	4.75±0.59^{bc}	6.56±0.99^{bcd}	7.94±1.22^{bc}
SUPERSHINE-C	0.00±0.00	0.64±0.04^{def}	2.24±0.13^{d}	3.73±0.21^{de}	5.17±0.28^{ef}	6.21±0.37^{de}
ZIVDAR	0.00±0.00	0.69±0.08^{cde}	2.55±0.29^{cd}	4.41±0.54^{cd}	6.21±0.77^{de}	7.47±0.94^{cd}
PERFECT SHINE	0.00±0.00	0.89±0.08^{ab}	3.00±0.21^{b}	4.92±0.33^{bc}	6.70±0.41^{bcd}	7.87±0.48^{bc}
WAX	0.00±0.00	0.56±0.06^{efg}	1.99±0.23^{ef}	3.37±0.37^{ef}	4.84±0.49^{fg}	5.80±0.57^{ef}
PE microemulsion	0.00±0.00	0.62±0.04^{ef}	2.22±0.15^{de}	3.84±0.25^{de}	5.36±0.36^{ef}	6.39±0.44^{de}
Chitosan 1.5%	0.00±0.00	0.87±0.13^{ab}	3.05±0.42^{b}	5.31±0.74^{b}	7.62±0.95^{b}	9.12±1.14^{b}
Chitosan 2.0%	0.00±0.00	0.78±0.17^{bcd}	2.93±0.46^{bc}	5.20±0.83^{b}	7.50±1.17^{bc}	9.05±1.45^{b}
Non-coated	0.00±0.00	0.97±0.12^{a}	3.63±0.32^{a}	6.47±0.57^{a}	9.28±0.84^{a}	11.17±0.99^{a}
$LSD_{0.05}$	-	0.14	0.44	0.77	1.09	1.33
C.V. (%)	-	13.56	12.25	12.28	12.22	12.36

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวก 2 ปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในผล (เปอร์เซ็นต์) ของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์

ชนิดของสารเคลือบผิว	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)					
	0	1	4	7	10	13
CITRASHINE	17.17±1.09	1.35±0.25^{d}	1.50±0.26^{d}	2.18±1.29^{cde}	1.12±0.32^{f}	1.84±0.29^{d}
SEALKOTE	17.17±1.09	2.38±0.85^{cd}	5.61±4.60^{ab}	2.91±0.91^{cde}	4.76±2.74^{cde}	2.93±0.95^{cd}
FOMESA	17.17±1.09	3.32±0.51^{cd}	2.16±0.92^{cd}	1.63±0.29^{de}	1.45±0.55^{ef}	2.19±0.57^{cd}
ROSY PLUS	17.17±1.09	2.23±0.92^{cd}	2.14±0.65^{cd}	2.14±1.32^{cde}	3.52±1.42^{cdef}	4.34±1.66^{c}
CITROSOL	17.17±1.09	1.66±0.36^{d}	1.41±0.27^{d}	1.51±0.31^{e}	3.21±1.99^{cdef}	1.95±0.58^{cd}
SUPERSHINE-C	17.17±1.09	4.56±7.03^{bcd}	1.33±0.30^{d}	2.16±0.62^{cde}	1.73±0.40^{ef}	3.50±1.64^{cd}
ZIVDAR	17.17±1.09	7.78±2.57^{b}	6.84±1.34^{a}	8.26±1.67^{b}	8.91±3.78^{b}	8.99±1.01^{b}
PERFECT SHINE	17.17±1.09	2.84±1.25^{cd}	2.79±0.75^{cd}	3.04±1.18^{cd}	3.02±1.42^{def}	3.35±1.37^{cd}
WAX	17.17±1.09	3.19±0.90^{cd}	3.74±0.40^{c}	2.44±1.72^{cde}	6.08±2.89^{bcd}	3.37±1.03^{cd}
PE microemulsion	17.17±1.09	3.20±0.89^{cd}	1.83±0.59^{cd}	3.42±0.76^{c}	6.74±2.27^{bc}	4.13±0.73^{cd}
Chitosan 1.5%	17.17±1.09	4.99±0.91^{bc}	6.45±2.11^{a}	5.72±1.36^{b}	4.66±1.57^{cdef}	2.23±0.88^{cd}
Chitosan 2.0%	17.17±1.09	2.01±0.70^{cd}	2.57±1.51^{cd}	2.96±1.14^{cde}	4.34±1.62^{cdef}	4.10±1.65^{cd}
Non-coated	17.17±1.09	17.07±0.51^{a}	18.50±0.72^{a}	17.67±0.63^{a}	18.56±0.49^{a}	18.94±0.46^{a}
$LSD_{0.05}$	1.56	3.27	2.21	1.52	3.55	3.33
C.V. (%)	6.39	35.91	37.45	26.44	33.16	37.99

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวก 3 ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผล (เปอร์เซ็นต์) ของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์

ชนิดของสารเคลือบผิว	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)					
	0	1	4	7	10	13
CITRASHINE	2.30±0.67	11.10±1.49^{ab}	13.98±6.51^{ab}	12.13±2.35^{bc}	9.00±2.79^{cd}	16.80±3.87^{abcd}
SEALKOTE	2.30±0.67	6.00±2.26^{f}	4.50±0.88^{e}	6.22±1.71^{e}	5.53±1.04^{d}	13.48±3.44^{cde}
FOMESA	2.30±0.67	10.35±1.82^{abcd}	12.84±4.41^{abc}	14.23±4.48^{ab}	16.96±7.54^{ab}	18.52±4.67^{abc}
ROSY PLUS	2.30±0.67	7.73±1.93^{cdef}	7.73±1.66^{bcde}	12.21±3.00^{bc}	11.80±2.53^{bcd}	13.02±3.38^{cde}
CITROSOL	2.30±0.67	11.00±4.35^{abc}	14.14±4.03^{a}	18.17±7.78^{a}	18.15±4.56^{a}	19.78±3.41^{a}
SUPERSHINE-C	2.30±0.67	12.87±3.07^{a}	11.95±2.67^{abcd}	10.63±2.67^{bcde}	11.07±2.69^{bcd}	13.12±2.98^{cde}
ZIVDAR	2.30±0.67	7.39±1.28^{def}	6.14±1.20^{de}	7.36±0.63^{de}	7.22±1.18^{cd}	7.46±1.28^{ef}
PERFECT SHINE	2.30±0.67	6.00±0.42^{f}	5.23±1.14^{e}	6.34±1.63^{e}	6.04±0.80^{d}	10.87±4.67^{def}
WAX	2.30±0.67	8.87±2.65^{bcdef}	7.34±2.29^{cde}	11.32±3.49^{bcd}	8.99±2.07^{cd}	13.57±1.98^{cde}
PE microemulsion	2.30±0.67	9.44±3.81^{bcde}	4.68±1.18^{e}	7.10±0.61^{de}	5.67±0.76^{d}	10.80±1.49^{def}
Chitosan 1.5%	2.30±0.67	6.78±0.78^{ef}	13.23±1.82^{abc}	11.14±3.53^{bcd}	13.09±2.00^{abc}	14.94±1.07^{bcde}
Chitosan 2.0%	2.30±0.67	10.83±3.78^{abc}	16.38±4.67^{a}	13.46±1.93^{abc}	17.96±1.32^{ab}	19.03±3.87^{abc}
Non-coated	2.30±0.67	2.57±0.58^{g}	2.60±0.78^{e}	2.91±0.60^{f}	2.65±0.51^{e}	2.81±0.57^{f}
$LSD_{0.05}$	3.82	3.35	6.26	4.77	6.41	6.71
C.V. (%)	36.65	29.30	32.18	31.28	31.75	34.13

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวก 4 อัตราการหายใจ (มิลลิกรัม CO_2/กิโลกรัม/ชั่วโมง) ของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์

ชนิดของสารเคลือบผิว	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)					
	0	1	4	7	10	13
CITRASHINE	11.43±0.61^{dc}	12.66±0.45^{d}	13.03±0.83^{ef}	18.34±0.34^{c}	26.13±1.03^{b}	27.45±0.17^{bc}
SEALKOTE	9.76±0.57^{f}	11.09±0.16^{e}	12.95±1.56^{ef}	17.09±0.17^{cd}	22.85±1.45^{bc}	23.66±2.38^{c}
FOMESA	8.99±0.56^{fg}	10.42±0.42^{ef}	10.39±0.16^{h}	15.05±2.44^{d}	21.92±2.35^{bc}	23.67±3.30^{c}
ROSY PLUS	7.73±0.40^{g}	8.73±0.19^{f}	8.99±0.23^{i}	9.56±0.47^{e}	13.72±0.11^{d}	12.51±0.72^{d}
CITROSOL	11.22±0.51^{e}	12.62±0.35^{d}	13.19±0.20^{e}	18.13±0.18^{c}	24.59±5.07^{bc}	26.53±2.43^{bc}
SUPERSHINE-C	9.29±0.03^{f}	9.96±0.54^{f}	8.41±0.50^{i}	8.73±0.16^{f}	8.93±0.39^{d}	9.03±0.38^{f}
ZIVDAR	12.86±0.25^{cd}	13.63±0.90^{c}	14.49±0.19^{d}	18.52±0.60^{c}	24.43±0.63^{bc}	25.73±0.43^{bc}
PERFECT SHINE	13.19±3.35^{c}	10.87±0.19^{e}	12.22±0.20^{fg}	16.50±0.26^{cd}	22.79±3.55^{bc}	23.90±1.90^{c}
WAX	8.87±0.18^{fg}	8.91±0.41^{g}	12.64±0.57^{efg}	16.30±0.29^{cd}	23.56±2.41^{bc}	24.61±1.49^{bc}
PE microemulsion	10.20±0.30^{ef}	10.90±0.19^{g}	12.10±0.90^{g}	16.16±0.18^{cd}	21.07±3.19^{c}	24.57±2.32^{c}
Chitosan 1.5%	15.46±0.77^{b}	16.50±0.70^{b}	16.69±0.69^{c}	25.93±6.80^{b}	36.82±4.13^{a}	29.53±4.28^{b}
Chitosan 2.0%	19.62±0.28^{a}	16.85±0.26^{b}	17.82±0.25^{b}	19.11±0.94^{c}	19.79±1.61^{c}	20.45±1.15^{c}
Non-coated	19.78±0.23^{a}	18.85±0.99^{a}	23.58±0.37^{a}	29.98±0.70^{a}	34.85±4.21^{a}	35.34±10.08^{a}
$LSD_{0.05}$	1.46	0.65	0.82	2.92	4.75	4.95
C.V. (%)	8.38	3.63	4.23	12.36	14.92	15.26

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางภาคผนวก 5 กิจกรรมของเอนไซม์แอลกอฮอล์ดีไฮโดรจีเนส (หน่วย/นาที/มิลลิกรัมโปรตีน) ของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่ (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์

ชนิดของสารเคลือบผิว	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)					
	0	1	4	7	10	13
CITRASHINE	2.03±0.98	2.32±1.76^{ab}	14.81±7.80^{ab}	2.19±0.77^{cd}	10.76±9.19^{a}	1.40±0.61^{b}
SEALKOTE	2.03±0.98	2.44±0.69^{ab}	12.66±4.55^{ab}	2.41±1.30^{cd}	6.66±4.07^{ab}	3.35±1.97^{ab}
FOMESA	2.03±0.98	3.66±1.70^{ab}	22.21±9.39^{ab}	4.37±2.99^{cd}	1.83±0.50^{bc}	1.12±0.04^{b}
ROSY PLUS	2.03±0.98	2.09±1.61^{ab}	32.28±13.09^{a}	5.19±2.46^{cd}	1.49±0.80^{c}	3.08±1.80^{ab}
CITROSOL	2.03±0.98	2.16±0.55^{ab}	24.19±11.84^{ab}	1.26±0.09^{d}	1.72±0.61^{c}	1.32±0.58^{b}
SUPERSHINE-C	2.03±0.98	2.46±0.14^{ab}	18.23±12.63^{ab}	1.56±0.54^{d}	0.67±0.28^{c}	2.22±1.05^{ab}
ZIVDAR	2.03±0.98	1.61±0.54^{b}	35.28±30.76^{a}	19.81±12.89^{b}	1.50±0.53^{c}	2.16±1.18^{ab}
PERFECT SHINE	2.03±0.98	1.74±0.57^{b}	8.09±6.743^{b}	8.99±7.87^{bcd}	2.20±1.10^{bc}	6.24±4.69^{a}
WAX	2.03±0.98	2.20±0.18^{ab}	19.26±7.63^{ab}	13.17±5.91^{bc}	1.07±0.66^{c}	2.60±2.40^{ab}
PE microemulsion	2.03±0.98	2.29±0.88^{ab}	1.42±0.71^{b}	2.39±0.39^{cd}	2.35±1.74^{bc}	1.49±0.60^{b}
Chitosan 1.5%	2.03±0.98	4.32±3.62^{a}	2.17±1.18^{b}	35.08±13.82^{a}	2.31±1.80^{bc}	1.28±0.45^{b}
Chitosan 2.0%	2.03±0.98	1.98±0.70^{ab}	2.12±1.52^{b}	35.48±5.21^{a}	1.21±0.53^{c}	3.56±2.68^{ab}
Non-coated	2.03±0.98	2.48±1.77^{ab}	3.41±3.30^{b}	3.42±2.03^{cd}	1.08±0.25^{c}	1.62±0.29^{ab}
$LSD_{0.05}$	1.64	2.44	22.88	11.02	4.91	4.65
C.V. (%)	48.14	59.57	61.28	63.02	49.82	64.43

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวก 6 กิจกรรมของเอนไซม์แอซิดฟอสฟาเทส (หน่วย/นาที/มิลลิกรัมโปรตีน) ของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่ (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์

ชนิดของสารเคลือบผิว	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)					
	0	1	4	7	10	13
CITRASHINE	4.78±3.20	2.17±1.14^{cd}	3.07±1.97^{bc}	3.14±1.56^{b}	3.99±0.12^{b}	3.89±2.85^{ab}
SEALKOTE	4.78±3.20	4.04±1.21^{abcd}	1.49±0.34^{c}	13.56±8.30^{ab}	5.26±4.56^{ab}	8.70±2.89^{ab}
FOMESA	4.78±3.20	4.34±2.28^{abcd}	8.76±7.45^{abc}	2.79±2.60^{b}	5.24±4.52^{ab}	4.81±3.86^{ab}
ROSY PLUS	4.78±3.20	7.33±3.09^{a}	5.72±3.90^{bc}	8.02±6.08^{ab}	11.03±3.13^{a}	5.79±2.49^{ab}
CITROSOL	4.78±3.20	6.92±3.04^{ab}	3.84±0.11^{bc}	9.46±8.28^{ab}	10.89±4.81^{a}	2.18±1.95^{b}
SUPERSHINE-C	4.78±3.20	6.06±4.83^{abc}	6.38±2.18^{bc}	5.81±5.06^{ab}	5.99±4.87^{ab}	4.46±1.74^{ab}
ZIVDAR	4.78±3.20	6.28±0.59^{ab}	14.22±7.74^{abc}	15.70±7.23^{ab}	4.61±2.33^{ab}	9.28±5.76^{a}
PERFECT SHINE	4.78±3.20	3.58±1.86^{abcd}	5.12±1.04^{bc}	18.47±15.66^{a}	8.77±7.81^{a}	9.41±6.87^{a}
WAX	4.78±3.20	1.32±0.68^{d}	3.41±1.57^{bc}	2.61±1.40^{b}	5.68±3.91^{ab}	7.60±4.60^{ab}
PE microemulsion	4.78±3.20	3.80±0.46^{abcd}	19.85±9.80^{a}	2.21±1.51^{b}	4.23±2.77^{ab}	4.55±3.81^{ab}
Chitosan 1.5%	4.78±3.20	3.47±1.70^{abcd}	15.01±7.38^{ab}	3.06±1.65^{b}	8.40±7.81^{a}	8.21±2.93^{ab}
Chitosan 2.0%	4.78±3.20	2.99±0.37^{bcd}	3.38±2.27^{bc}	5.01±3.37^{ab}	6.52±1.41^{ab}	2.89±1.33^{ab}
Non-coated	4.78±3.20	4.20±4.29^{abcd}	8.29±5.65^{abc}	7.70±5.24^{ab}	7.68±6.18^{ab}	7.50±3.29^{ab}
$LSD_{0.05}$	5.38	4.06	13.45	13.55	7.24	6.61
C.V. (%)	66.98	55.54	65.52	57.48	65.68	64.87

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางภาคผนวก 7 การประเมินคุณภาพด้านกลิ่นและรสชาติผิดปกติ (คะแนน) ของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวทางการค้าชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์

ชนิดของสารเคลือบผิว	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)					
	0	1	4	7	10	13
CITRASHINE	4.00±0.00	4.00±0.00	3.25±0.46^{bc}	3.38±0.92^{abc}	3.40±0.55^{abc}	2.57±0.53^{ed}
SEALKOTE	4.00±0.00	4.00±0.00	3.75±0.46^{a}	3.88±0.35^{a}	3.60±0.89^{ab}	2.57±0.53^{cd}
FOMESA	4.00±0.00	4.00±0.00	3.88±0.35^{a}	3.88±0.74^{a}	2.20±0.84^{c}d	2.14±1.07^{de}
ROSY PLUS	4.00±0.00	4.00±0.00	3.88±0.35^{a}	3.13±0.64^{bc}	3.20±0.84^{abc}	2.71±0.49^{cd}
CITROSOL	4.00±0.00	4.00±0.00	3.88±0.35^{a}	3.63±0.74^{ab}	1.60±0.55^{d}	2.00±0.00^{e}
SUPERSHINE-C	4.00±0.00	4.00±0.00	3.13±0.83^{c}	1.63±0.74^{g}	1.40±0.89^{d}	2.86±0.69^{bc}
ZIVDAR	4.00±0.00	4.00±0.00	3.88±0.35^{a}	3.88±0.35^{a}	3.80±0.45^{a}	3.43±0.53^{ab}
PERFECT SHINE	4.00±0.00	4.00±0.00	3.88±0.35^{a}	3.50±0.53^{abc}	3.00±0.71^{bcd}	2.71±0.49^{cd}
WAX	4.00±0.00	4.00±0.00	3.13±0.64^{c}	2.25±0.71^{efg}	2.60±0.55^{cd}	1.71±0.76^{e}
PE microemulsion	4.00±0.00	4.00±0.00	3.63±0.52^{ab}	3.00±0.93^{bcd}	2.80±0.45^{bcd}	3.29±0.76^{abc}
Chitosan 1.5%	4.00±0.00	4.00±0.00	3.88±0.35^{a}	3.25±0.71^{abc}	3.40±0.55^{abc}	2.71±0.49^{cd}
Chitosan 2.0%	4.00±0.00	4.00±0.00	3.75±0.46^{a}	3.50±0.76^{abc}	3.80±0.45^{a}	3.71±0.49^{a}
Non-coated	4.00±0.00	4.00±0.00	3.88±0.35^{a}	3.88±0.64^{a}	3.80±0.45^{a}	3.80±0.53^{a}
$LSD_{0.05}$	-	-	0.47	0.69	0.83	0.65
C.V. (%)	-	-	12.84	23.95	24.41	22.07

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

4 = ไม่มีรสชาติผิดปกติและไม่มีกลิ่นหมัก 3 = มีรสชาติผิดปกติและกลิ่นหมักเล็กน้อย 2 = มีรสชาติผิดปกติและกลิ่นหมักปานกลาง 1 = มีรสชาติผิดปกติและกลิ่นหมักรุนแรง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวก 8 การประเมินคุณภาพด้านลักษณะปรากฏ (คะแนน) ของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์

ชนิดของสารเคลือบผิว	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)					
	0	1	4	7	10	13
CITRASHINE	5.00±0.00	5.00±0.00	5.00±0.00^{a}	4.88±0.35^{a}	4.80±0.45^{a}	4.80±0.38^{a}
SEALKOTE	5.00±0.00	5.00±0.00	5.00±0.00^{a}	4.75±0.71^{ab}	4.60±0.55^{a}	4.43±0.79^{ab}
FOMESA	5.00±0.00	5.00±0.00	5.00±0.00^{a}	4.63±0.52^{abc}	4.60±0.45^{a}	4.57±0.79^{ab}
ROSY PLUS	5.00±0.00	5.00±0.00	5.00±0.00^{a}	4.38±0.74^{abcd}	4.40±0.55^{ab}	3.71±0.95^{bcd}
CITROSOL	5.00±0.00	5.00±0.00	5.00±0.00^{a}	4.63±0.52^{abc}	4.40±0.55^{ab}	4.14±0.90^{abc}
SUPERSHINE-C	5.00±0.00	5.00±0.00	5.00±0.00^{a}	4.00±0.76^{cd}	4.00±0.55^{a}	4.00±1.00^{abc}
ZIVDAR	5.00±0.00	5.00±0.00	5.00±0.00^{a}	4.00±0.53^{cd}	4.00±0.71^{abc}	3.43±0.98^{cde}
PERFECT SHINE	5.00±0.00	5.00±0.00	4.63±0.74^{bc}	4.50±1.07^{abc}	4.20±0.45^{abc}	3.71±0.95^{bcd}
WAX	5.00±0.00	5.00±0.00	4.75±0.46^{abc}	4.38±0.74^{abcd}	4.20±0.84^{abc}	3.86±0.38^{bc}
PE microemulsion	5.00±0.00	5.00±0.00	4.88±0.35^{ab}	4.25±0.46^{abcd}	4.20±0.84^{abc}	3.86±0.90^{bc}
Chitosan 1.5%	5.00±0.00	5.00±0.00	4.75±0.46^{abc}	3.75±0.46^{de}	3.40±0.89^{c}	2.86±0.90^{de}
Chitosan 2.0%	5.00±0.00	5.00±0.00	4.50±0.53^{cd}	4.13±0.64^{bcd}	3.60±0.89^{bc}	2.71±1.11^{ef}
Non-coated	5.00±0.00	5.00±0.00	4.25±0.46^{d}	3.25±1.04^{e}	2.00±0.71^{d}	1.86±0.69^{f}
$LSD_{0.05}$	-	-	0.35	0.68	0.85	0.91
C.V. (%)	-	-	7.28	16.15	16.32	23.07

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

5 = ผลปกติ 4 = ผลเริ่มเหี่ยว 3 = ขั้วและรอบๆ ขั้วผลเหี่ยว 2 = ผลเหี่ยวปานกลาง 1 = ผลเหี่ยวมาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวก 9 ค่า L* ของสีผิวผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์

ชนิดของสารเคลือบผิว	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)					
	0	1	4	7	10	13
CITRASHINE	55.62±3.88^{cde}	55.70±3.69^{c}	55.37±3.17^{cde}	55.30±3.46^{def}	54.31±2.71^{d}	53.94±2.46^{de}
SEALKOTE	59.96±1.44^{abc}	59.67±1.04^{ab}	59.15±2.03^{abc}	59.16±1.27^{bc}	59.78±1.82^{b}	57.64±2.03^{bcd}
FOMESA	56.09±2.05^{bcade}	55.96±2.21^{c}	57.35±1.17^{bcde}	55.54±2.23^{def}	56.09±2.00^{bcd}	55.62±2.52^{bcde}
ROSY PLUS	55.03±2.11^{e}	54.73±2.61^{c}	53.95±1.83^{e}	54.24±1.85^{ef}	54.31±2.06^{d}	52.93±1.72^{e}
CITROSOL	58.26±2.17^{cde}	56.93±0.86^{bc}	55.48±1.87^{cde}	56.41±0.87^{bcdef}	56.10±1.19^{bcd}	55.13±2.41^{cde}
SUPERSHINE-C	57.85±2.33^{bcde}	58.31±2.43^{bc}	57.15±3.51^{bcde}	57.73±2.61^{bcde}	57.19±3.54^{bcd}	57.95±3.19^{bc}
ZIVDAR	57.75±1.12^{abcd}	57.70±1.28^{bc}	58.05±0.83^{abcd}	57.82±1.38^{bcd}	57.73±1.05^{bcd}	57.52±1.90^{bcd}
PERFECT SHINE	56.10±3.85^{bcde}	56.49±3.31^{bc}	56.33±3.91^{bcde}	55.83±3.38^{cdef}	55.14±3.37^{d}	55.34±3.62^{bcde}
WAX	58.97±4.17^{ab}	59.86±3.14^{ab}	59.46±3.00^{ab}	59.68±2.08^{b}	59.24±3.37^{bc}	59.22±3.7^{6b}
PE microemulsion	57.33±1.34^{bcde}	57.92±2.11^{bc}	56.58±1.89^{bcd}e	57.11±0.68^{bcdef}	55.65±1.62^{cd}	55.93±2.37^{bcde}
Chitosan 1.5%	55.07±1.93^{de}	54.92±1.86^{c}	54.38±2.05^{de}	54.13±2.11^{f}	54.04±1.99^{d}	54.07±2.26^{cde}
Chitosan 2.0%	56.78±2.02b^{cde}	56.95±2.11^{bc}	57.15±3.01^{bcde}	56.65±2.43^{bcdef}	56.35±2.33^{bcd}	56.25±3.28^{bcde}
Non-coated	61.76±4.35^{a}	62.07±3.89^{a}	61.32±4.62^{a}	64.24±4.27^{a}	64.65±3.54^{a}	66.72±1.65^{a}
$LSD_{0.05}$	3.92	3.61	3.92	3.54	3.74	3.91
C.V. (%)	5.04	4.40	4.81	4.28	4.46	4.68

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางภาคผนวก 10 ค่า chroma ของสีผิวผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์

ชนิดของสารเคลือบผิว	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)					
	0	1	4	7	10	13
CITRASHINE	44.35±5.52^{de}	45.19±5.48^{c}	44.24±4.52^{cd}	43.40±5.15^{cdef}	41.95±5.10^{ef}	42.04±5.49^{cd}
SEALKOTE	51.05±1.09^{abc}	51.23±1.32^{ab}	50.37±1.17^{ab}	48.96±2.27^{bc}	50.35±1.78^{b}	48.68±1.02^{b}
FOMESA	45.16±2.67^{de}	44.12±2.80^{c}	43.13±1.20^{cd}	41.73±2.32^{def}	41.44±2.72^{ef}	42.10±2.46^{cd}
ROSY PLUS	44.87±2.01^{de}	44.57±2.36^{c}	42.25±3.28^{d}	41.29±2.23^{ef}	42.58±1.93^{def}	40.61±2.41^{d}
CITROSOL	48.44±3.08^{bcde}	47.89±1.63^{bc}	45.50±2.64^{bcd}	45.85±2.33^{bcdef}	45.32±1.66^{bcdef}	44.77±2.68^{bcd}
SUPERSHINE-C	46.76±2.64^{bcde}	47.20±3.50^{bc}	45.41±4.43^{bcd}	45.91±3.37^{bcde}	44.58±3.85^{cdef}	45.65±3.42^{bcd}
ZIVDAR	48.98±1.28^{abcd}	49.28±0.83^{bc}	48.74±1.28^{bc}	47.92±1.56^{bc}	48.02±1.39^{bcd}	46.49±1.67^{bc}
PERFECT SHINE	47.57±5.05^{bcde}	46.87±5.24^{bc}	46.55±6.38^{bcd}	45.32±4.95^{cdef}	44.26±5.11^{cdef}	45.56±5.30^{bcd}
WAX	51.21±4.75^{ab}	51.23±4.00^{ab}	50.25±3.70^{ab}	50.02±3.82^{b}	49.11±4.22^{bc}	48.83±5.12^{b}
PE microemulsion	47.67±1.69^{bcde}	48.77±3.97^{bc}	46.86±3.16^{bcd}	47.11±1.60^{bcd}	45.56±2.62^{bcde}	46.00±2.94^{bcd}
Chitosan 1.5%	43.34±3.41^{e}	44.19±2.32^{c}	42.71±3.41^{d}	40.20±3.30^{f}	39.80±4.00^{f}	41.64±4.63^{cd}
Chitosan 2.0%	45.68±5.21^{cde}	45.79±5.07^{bc}	46.33±5.44^{bcd}	43.35±6.57^{cdef}	42.95±4.74^{def}	43.24±5.96^{bcd}
Non-coated	54.34±6.60^{a}	54.94±6.50^{a}	55.20±7.63^{a}	57.56±6.32^{a}	60.52±5.35^{a}	62.74±3.31^{a}
$LSD_{0.05}$	5.53	5.51	5.96	5.68	5.55	5.82
C.V. (%)	8.11	8.07	8.92	8.54	8.24	8.60

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางภาคผนวก 11 ค่า hue angle ของสีผิวผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์

ชนิดของสารเคลือบผิว	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)					
	0	1	4	7	10	13
CITRASHINE	104.65±5.15^{abcd}	104.13±4.54^{abcd}	103.78±4.20^{bcd}	104.25±4.65^{bcd}	105.55±4.92^{abcd}	106.18±3.99^{abc}
SEALKOTE	101.60±3.42^{d}	101.75±3.29^{cd}	101.85±3.13^{cd}	101.33±3.46^{cde}	100.20±3.90^{d}	101.27±3.55^{cd}
FOMESA	109.15±2.08^{a}	109.23±2.30^{a}	109.38±2.00^{a}	110.20±1.77^{a}	110.05±1.64^{a}	109.88±1.90^{a}
ROSY PLUS	104.80±3.36^{abcd}	104.88±2.87^{abc}	105.70±2.18^{abc}	106.00±1.97^{abcd}	105.08±2.61^{abcd}	105.78±2.58^{abcd}
CITROSOL	104.55±2.12^{abcd}	105.75±2.53^{abc}	105.60±2.17^{abc}	105.63±2.67^{abcd}	105.20±2.91^{abcd}	105.00±2.90^{abcd}
SUPERSHINE-C	107.48±3.05^{ab}	107.43±3.26^{ab}	107.95±2.34^{ab}	107.33±2.50^{ab}	108.45±2.98^{ab}	108.28±2.74^{ab}
ZIVDAR	103.43±4.88^{bcd}	104.15±4.80^{abcd}	103.55±4.45^{bcd}	103.88±5.22^{bcd}	103.70±4.77^{bcd}	103.38±6.06^{bcd}
PERFECT SHINE	101.65±.365^{d}	101.83±3.26^{cd}	101.08±3.27^{cd}	101.50±2.42^{cde}	100.45±3.13^{d}	99.98±3.47^{d}
WAX	101.73±3.63^{cd}	101.55±4.73^{cd}	101.55±5.00^{cd}	101.23±5.86^{de}	101.90±5.06^{cd}	101.75±4.58^{cd}
PE microemulsion	104.60±2.63^{abcd}	103.33±4.04^{bcd}	103.63±3.41^{bcd}	103.35±2.56^{bcd}	105.68±2.86^{abcd}	103.45±4.26^{bcd}
Chitosan 1.5%	103.95±3.02^{bcd}	103.45±2.11b^{cd}	101.00±2.56^{bcd}	104.43±2.63^{bcd}	104.28±2.53^{bcd}	103.25±3.23^{bcd}
Chitosan 2.0%	106.90±2.10^{abc}	106.43±3.62^{abc}	105.48±2.73^{abc}	106.78±3.53^{abc}	107.00±3.79^{abc}	106.95±4.19^{abc}
Non-coated	99.65±5.64^{d}	99.48±5.27^{d}	98.88±6.74^{d}	96.10±6.35^{e}	93.30±6.40e	90.48±6.58^{e}
$LSD_{0.05}$	5.17	5.32	5.22	5.52	5.72	6.03
C.V. (%)	3.48	3.57	3.51	3.66	3.74	3.96

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางภาคผนวก 12 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (เปอร์เซ็นต์) ของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์

ชนิดของสารเคลือบผิว	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)					
	0	1	4	7	10	13
CITRASHINE	10.90±0.89	11.80±0.36^{ab}	12.10±0.36^{ab}	11.70±0.98^{ab}	12.10±0.46^{ab}	11.57±0.55^{ab}
SEALKOTE	10.90±0.89	11.40±0.46^{abc}	11.73±0.96^{ab}	11.13±0.45^{abc}	10.97±0.38^{b}	10.30±0.85^{b}
FOMESA	10.90±0.89	11.23±0.35^{abc}	10.47±1.29^{c}	11.37±0.60^{ab}	12.07±1.72^{ab}	10.40±0.89^{b}
ROSY PLUS	10.90±0.89	11.07±0.78^{bc}	12.40±0.61^{a}	12.27±0.76^{a}	11.07±1.27^{ab}	12.47±1.40^{a}
CITROSOL	10.90±0.89	10.23±0.45^{c}	11.80±0.44^{ab}	11.30±0.44^{ab}	12.00±0.87^{ab}	10.80±0.53^{b}
SUPERSHINE-C	10.90±0.89	11.73±1.86^{ab}	11.40±0.35^{abc}	10.80±1.21^{bc}	12.00±0.40^{ab}	10.43±0.49^{b}
ZIVDAR	10.90±0.89	10.73±0.55^{bc}	12.40±0.56^{a}	12.17±1.00^{a}	11.30±1.73^{ab}	11.73±1.72^{ab}
PERFECT SHINE	10.90±0.89	11.47±0.49^{ab}	12.10±0.40^{ab}	11.13±0.32^{abc}	11.17±0.55^{ab}	12.60±0.17^{a}
WAX	10.90±0.89	11.23±0.61^{abc}	12.20±0.17^{ab}	11.67±1.03^{ab}	11.57±0.49^{ab}	11.83±1.11^{ab}
PE microemulsion	10.90±0.89	11.50±0.17^{ab}	12.00±0.10^{ab}	12.27±0.50^{a}	11.67±0.65^{ab}	11.93±1.67^{ab}
Chitosan 1.5%	10.90±0.89	11.37±0.31^{a}	11.17±0.55^{bc}	10.90±0.26^{bc}	12.10±0.20^{ab}	11.70±0.76^{ab}
Chitosan 2.0%	10.90±0.89	11.07±0.61^{bc}	11.30±0.95^{bc}	10.83±0.68^{bc}	11.17±0.64^{ab}	11.70±0.61^{ab}
Non-coated	10.90±0.89	11.67±0.50^{ab}	11.67±0.57^{ab}	9.90±0.70^{c}	12.50±0.30^{a}	11.30±0.26^{ab}
$LSD_{0.05}$	1.49	1.18	1.09	1.25	1.50	1.64
C.V. (%)	8.15	6.18	5.51	6.57	7.65	8.51

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวก 13 ค่าพีเอชของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์

ชนิดของสารเคลือบผิว	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)					
	0	1	4	7	10	13
CITRASHINE	3.35±0.18	3.12±0.37^{bcde}	3.08±0.02^{cde}	3.23±0.19^{d}	3.43±0.10^{bcd}	3.49±0.05
SEALKOTE	3.35±0.18	2.93±0.11^{e}	3.05±0.14^{de}	3.29±0.11^{bcd}	3.32±0.16^{bcde}	3.55±0.12
FOMESA	3.35±0.18	2.94±0.13^{de}	3.07±0.01^{cde}	3.36±0.02^{abcd}	3.38±0.02^{bcd}	3.43±0.25
ROSY PLUS	3.35±0.18	2.87±0.05^{e}	3.00±0.16^{e}	3.25±0.18^{cd}	3.17±0.13^{e}	3.32±0.15
CITROSOL	3.35±0.18	3.04±0.22^{cde}	3.21±0.05^{abcde}	3.45±0.17^{abc}	3.29±0.05^{cde}	3.49±0.12
SUPERSHINE-C	3.35±0.18	3.03±0.06^{cde}	3.39±0.14^{a}	3.39±0.10^{abcd}	3.60±0.09^{a}	3.36±0.13
ZIVDAR	3.35±0.18	3.02±0.14^{cde}	3.23±0.27^{abcd}	3.53±0.04^{a}	3.33±0.07^{bcde}	3.59±0.16
PERFECT SHINE	3.35±0.18	3.20±0.10^{abcd}	3.26±0.12^{abcd}	3.45±0.01^{abc}	3.41±0.07^{bcd}	3.36±0.12
WAX	3.35±0.18	3.06±0.06^{cde}	3.09±0.15^{bcde}	3.48±0.15^{ab}	3.44±0.02^{abc}	3.43±0.33
PE microemulsion	3.35±0.18	3.34±0.14^{ab}	3.32±0.12^{a}	3.47±0.15^{ab}	3.28±0.08^{cde}	3.44±0.15
Chitosan 1.5%	3.35±0.18	3.34±0.14^{ab}	3.17±0.09^{abcde}	3.49±0.12^{ab}	3.47±0.15^{ab}	3.40±0.18
Chitosan 2.0%	3.35±0.18	3.27±0.04^{abc}	3.28±0.15^{abc}	3.43±0.16^{abcd}	3.35±0.06^{bcd}	3.46±0.05
Non-coated	3.35±0.18	3.46±0.14^{a}	3.31±0.05^{ab}	3.49±0.08^{ab}	3.27±0.15^{de}	3.47±0.07
$LSD_{0.05}$	0.31	0.26	0.22	0.22	0.17	0.27
C.V. (%)	5.50	4.96	4.12	3.76	2.93	4.68

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวก 14 ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ (เปอร์เซ็นต์กรดซิตริก/100 กรัมน้ำส้มคั้น) ของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์

ชนิดของสารเคลือบผิว	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)					
	0	1	4	7	10	13
CITRASHINE	0.66±0.21	0.52±0.14^{c}	0.68±0.06^{ab}	0.59±0.04^{ab}	0.50±0.06^{abcd}	0.48±0.05^{c}
SEALKOTE	0.66±0.21	0.59±0.08^{bc}	0.61±0.05^{abc}	0.59±0.09^{ab}	0.59±0.04^{abc}	0.55±0.10^{abc}
FOMESA	0.66±0.21	0.53±0.07^{c}	0.53±0.04^{bc}	0.53±0.06^{bc}	0.69±0.11^{a}	0.50±0.03^{bc}
ROSY PLUS	0.66±0.21	0.63±0.02^{abc}	0.58±0.06^{bc}	0.71±0.07^{a}	0.49±0.05^{bcd}	0.49±0.08^{c}
CITROSOL	0.66±0.21	0.57±0.09^{bc}	0.65±0.05^{abc}	0.48±0.10^{bc}	0.50±0.05^{abc}	0.55±0.02^{abc}
SUPERSHINE-C	0.66±0.21	0.72±0.13^{ab}	0.59±0.12^{bc}	0.50±0.07^{bc}	0.40±0.05^{cd}	0.56±0.12^{abc}
ZIVDAR	0.66±0.21	0.65±0.19^{abc}	0.65±0.17^{abc}	0.44±0.07^{c}	0.31±0.27^{d}	0.45±0.11^{c}
PERFECT SHINE	0.66±0.21	0.62±0.10^{abc}	0.56±0.04^{b}	0.45±0.04^{c}	0.51±0.08^{abc}	0.65±0.04^{a}
WAX	0.66±0.21	0.78±0.02^{a}	0.76±0.14^{a}	0.55±0.17^{bc}	0.52±0.05^{abc}	0.56±0.07^{abc}
PE microemulsion	0.66±0.21	0.55±0.12^{bc}	0.65±0.12^{abc}	0.56±0.09^{bc}	0.53±0.03^{abc}	0.51±0.15^{abc}
Chitosan 1.5%	0.66±0.21	0.64±0.14^{abc}	0.51±0.05^{c}	0.49±0.04^{bc}	0.51±0.12^{abc}	0.47±0.03^{c}
Chitosan 2.0%	0.66±0.21	0.57±0.01^{bc}	0.59±0.13^{bc}	0.50±0.06^{bc}	0.49±0.06^{abcd}	0.56±0.12^{abc}
Non-coated	0.66±0.21	0.59±0.04^{bc}	0.57±0.09^{bc}	0.48±0.06^{bc}	0.62±0.23^{ab}	0.64±0.01^{ab}
$LSD_{0.05}$	0.34	0.17	0.16	0.14	0.20	0.14
C.V. (%)	31.09	16.74	15.43	15.40	22.75	15.72

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวก 15 อัตราส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์

ชนิดของสารเคลือบผิว	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)					
	0	1	4	7	10	13
CITRASHINE	17.93±7.21	24.09±6.83^{a}	17.90±1.72^{ab}	19.85±1.68^{bc}	24.49±2.91^{abc}	24.33±3.43^{abc}
SEALKOTE	17.93±7.21	19.56±3.19^{ab}	19.10±1.62^{ab}	19.13±3.13^{bc}	18.77±1.48^{cd}	19.21±2.88^{d}
FOMESA	17.93±7.21	21.49±3.03^{ab}	19.67±1.82^{ab}	21.86±3.91^{bc}	17.56±1.07^{d}	20.76±2.78^{bcd}
ROSY PLUS	17.93±7.21	17.59±0.71^{b}	21.62±1.31^{a}	17.46±2.79^{c}	22.83±2.85^{bcd}	25.52±2.95^{ab}
CITROSOL	17.93±7.21	18.28±3.72^{ab}	18.20±2.05^{ab}	24.05±4.69^{ab}	23.95±2.44^{bc}	19.79±1.56^{cd}
SUPERSHINE-C	17.93±7.21	16.44±0.52^{b}	20.01±4.30^{ab}	21.89±3.53^{bc}	30.30±4.52^{a}	18.95±2.89^{d}
ZIVDAR	17.93±7.21	17.58±6.31^{b}	19.59±3.81^{ab}	28.45±6.00^{a}	27.04±5.25^{ab}	26.35±2.78^{a}
PERFECT SHINE	17.93±7.21	18.79±2.50^{ab}	21.54±2.09^{a}	24.94±1.70^{ab}	22.17±2.29^{bcd}	19.63±1.46^{cd}
WAX	17.93±7.21	14.34±0.93^{b}	16.47±2.75^{b}	22.47±5.80^{abc}	22.23±1.25^{bcd}	21.28±3.69^{bcd}
PE microemulsion	17.93±7.21	21.55±4.17^{ab}	18.79±3.84^{ab}	22.32±4.35^{abc}	21.78±1.87^{bcd}	24.48±4.81^{abc}
Chitosan 1.5%	17.93±7.21	20.13±4.27^{ab}	21.81±2.37^{a}	22.49±1.29^{abc}	24.66±4.72^{abc}	24.72±1.18^{ab}
Chitosan 2.0%	17.93±7.21	19.61±1.49^{ab}	19.82±4.29^{ab}	21.90±4.27^{bc}	22.74±2.09^{bcd}	21.30±3.66^{bcd}
Non-coated	17.93±7.21	19.63±1.16^{ab}	20.62±1.86^{ab}	20.85±2.47^{bc}	21.80±7.23^{bcd}	17.71±0.39^{d}
$LSD_{0.05}$	12.11	6.01	4.71	6.38	5.92	4.86
C.V. (%)	40.21	18.69	14.27	17.16	15.03	13.24

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวก 16 ปริมาณวิตามินซี (มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตรน้ำส้มคั้น) ของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (23±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 56±5 เปอร์เซ็นต์

ชนิดของสารเคลือบผิว	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)					
	0	1	4	7	10	13
CITRASHINE	20.26±1.13	21.57±1.96	20.51±2.94^{ab}	21.02±1.91	23.68±1.97^{ab}	24.18±1.13^{a}
SEALKOTE	20.26±1.13	22.88±1.13	21.15±1.92^{ab}	21.02±1.91	21.71±3.42^{b}	19.61±1.96^{bc}
FOMESA	20.26±1.13	20.92±1.13	22.44±2.22^{a}	21.66±1.10	25.00±1.14^{a}	22.88±2.26^{ab}
ROSY PLUS	20.26±1.13	22.22±1.13	22.44±2.22^{a}	21.66±2.21	24.34±1.14^{ab}	23.53±3.40^{a}
CITROSOL	20.26±1.13	22.22±1.13	22.44±2.22^{a}	20.38±2.21	21.71±3.42^{ab}	22.22±1.13^{ab}
SUPERSHINE-C	20.26±1.13	20.92±2.26	21.15±0.00^{ab}	21.66±1.10	21.05±3.01^{ab}	22.86±2.26^{ab}
ZIVDAR	20.26±1.13	22.22±2.26	19.87±1.11^{ab}	19.75±1.10	20.39±1.14^{b}	16.99±2.26^{c}
PERFECT SHINE	20.26±1.13	22.88±1.13	20.51±2.22^{ab}	19.75±2.21	23.03±2.28^{ab}	22.88±1.13^{ab}
WAX	20.26±1.13	21.57±1.96	20.51±2.22^{ab}	21.02±1.91	21.71±1.97^{ab}	22.22±3.00^{ab}
PE microemulsion	20.26±1.13	20.92±3.00	17.95±2.22^{b}	21.02±1.91	22.37±1.14^{ab}	22.22±3.00^{ab}
Chitosan 1.5%	20.26±1.13	21.57±3.40	23.72±4.44^{a}	21.66±1.10	22.37±3.01^{ab}	23.53±1.96^{a}
Chitosan 2.0%	20.26±1.13	20.92±3.00	19.87±2.22^{ab}	20.38±1.10	23.68±3.95^{b}	23.53±1.96^{a}
Non-coated	20.26±1.13	20.26±1.13	17.95±2.22^{b}	19.11±0.00	20.39±1.17^{b}	18.30±1.13^{c}
$LSD_{0.05}$	1.90	3.46	3.97	2.77	4.08	3.65
C.V. (%)	5.59	9.52	11.37	7.93	10.83	9.92

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางภาคผนวก 17 การสูญเสียน้ำหนัก (เปอร์เซ็นต์) ของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง

วิธีการ	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน							
	0	4	7	10	13	16	19	22
ปัจจัยที่ 1 : อุณหภูมิที่เก็บรักษา								
5 องศาเซลเซียส	0.00±0.00	1.09±0.49^{b}	1.71±0.79^{b}	2.41±1.09^{b}	3.11±1.41^{b}	3.73±1.69	4.37±1.96	4.91±2.15
10 องศาเซลเซียส	0.00±0.00	1.08±0.33^{b}	1.65±0.50^{b}	2.30±0.71^{b}	2.94±0.85^{b}	3.55±1.01	4.12±1.18	4.73±1.35
อุณหภูมิห้อง	0.00±0.00	3.73±1.33^{a}	5.88±1.82^{a}	7.748±2.26^{a}	10.02±2.88^{a}	-	-	-
ปัจจัยที่ 2 : สารเคลือบผิว								
CITRASHINE	0.00±0.00	1.36±1.07^{b}	2.12±1.72^{b}	2.90±2.31^{c}	3.80±2.97^{c}	2.16±0.44^{d}	2.51±0.52^{d}	2.90±0.59^{c}
SEALKOTE	0.00±0.00	1.40±1.02^{b}	2.24±1.74^{b}	3.01±2.30^{c}	3.90±2.99^{c}	2.26±0.30^{cd}	2.62±0.33^{cd}	3.00±0.37^{c}
ROSY PLUS	0.00±0.00	1.48±1.00^{b}	2.42±1.64^{b}	3.32±2.20^{bc}	4.31±2.88^{bc}	2.86±0.32^{c}	3.34±0.39^{c}	3.84±0.48^{c}
ZIVDAR	0.00±0.00	1.54±0.99^{b}	2.35±1.51^{b}	3.15±1.95^{bc}	4.03±2.48^{bc}	2.84±0.37^{c}	3.32±0.43^{c}	3.83±0.49^{c}
PERFECT SHINE	0.00±0.00	2.35±1.65^{ab}	3.58±2.40^{ab}	4.72±2.97^{abc}	5.94±3.64^{abc}	4.22±0.42^{b}	4.95±0.51^{b}	5.71±0.59^{b}
PE microemulsion	0.00±0.00	1.99±1.48^{b}	3.15±2.26^{b}	4.33±2.90^{abc}	5.62±3.69^{abc}	3.78±0.43^{b}	4.44±0.50^{b}	5.13±0.57^{b}
Chitosan 2.0%	0.00±0.00	2.37±1.34^{ab}	3.85±2.13^{ab}	5.29±2.74^{ab}	6.84±3.64^{ab}	5.24±0.78^{a}	6.08±0.94^{a}	6.92±1.04^{a}
Non-coated	0.00±0.00	3.25±2.30^{a}	4.95±3.48^{a}	6.57±4.38^{a}	8.43±5.70^{a}	5.60±1.46^{a}	6.49±1.70^{a}	7.00±2.14^{a}
ปัจจัยที่ 1	-	*	*	*	*	ns	ns	ns
ปัจจัยที่ 2	-	*	*	*	*	*	*	*
ปัจจัยที่ 1×2	-	*	*	*	*	*	*	ns

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* คือ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ns คือ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวก 17 (ต่อ) การสูญเสียน้ำหนัก (เปอร์เซ็นต์) ของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง

วิธีการ	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)						
	25	28	31	34	37	40	43
ปัจจัยที่ 1 : อุณหภูมิที่เก็บรักษา							
5 องศาเซลเซียส	5.64±2.47	6.34±2.86	7.07±3.05	7.77±3.33	8.53±3.63	9.15±4.01	11.94±8.99
10 องศาเซลเซียส	5.36±1.52	6.04±1.71	-	-	-	-	-
อุณหภูมิห้อง	-	-	-	-	-	-	-
ปัจจัยที่ 2 : สารเคลือบผิว							
CITRASHINE	3.28±0.68^{d}	3.69±0.77^{d}	4.00±0.44^{c}	4.41±0.48^{c}	4.84±0.53^{c}	5.21±0.56^{c}	5.69±0.63^{c}
SEALKOTE	3.38±0.42^{cd}	3.81±0.47^{cd}	3.94±0.28^{c}	4.34±0.31^{c}	4.77±0.34^{c}	5.15±0.38^{c}	5.59±0.39^{c}
ROSY PLUS	4.34±0.58^{c}	4.89±0.68^{c}	5.19±0.51^{c}	5.71±0.58^{c}	6.27±0.65^{c}	6.06±0.97^{c}	7.36±0.79^{c}
ZIVDAR	4.35±0.56^{c}	4.91±0.64^{c}	5.38±0.36^{c}	5.93±0.42^{c}	6.54±0.46^{c}	7.11±0.51^{c}	7.73±0.56^{c}
PERFECT SHINE	6.46±0.68^{b}	7.30±0.77^{b}	8.13±0.50^{b}	8.96±0.57^{b}	9.87±0.63^{b}	10.73±0.71^{b}	11.66±0.79^{b}
PE microemulsion	5.84±0.65^{b}	6.63±0.73^{b}	7.35±1.11^{b}	8.07±1.20^{b}	8.87±1.31^{b}	9.64±1.39^{b}	10.47±1.50^{b}
Chitosan 2.0%	7.75±1.14^{a}	8.68±1.27^{a}	10.68±0.58^{a}	11.70±0.58^{a}	12.77±0.60^{a}	13.80±0.60^{a}	14.87±0.62^{a}
Non-coated	8.31±2.15^{a}	9.32±2.41^{a}	11.92±3.05^{a}	13.06±3.29^{a}	14.29±3.56^{a}	15.51±3.84^{a}	16.77±4.11^{a}
ปัจจัยที่ 1	ns	ns	-	-	-	-	-
ปัจจัยที่ 2	*	ns	-	-	-	-	-
ปัจจัยที่ 1×2	*	ns	-	-	-	-	-

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* คือ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ns คือ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวก 18 ปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในผล (เปอร์เซ็นต์) ของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง

วิธีการ	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)			
	0	10	25	43
ปัจจัยที่ 1 : อุณหภูมิที่เก็บรักษา				
5 องศาเซลเซียส	16.28±0.54	10.54±5.13^{a}	8.16±6.22	5.50±5.08
10 องศาเซลเซียส	16.28±0.54	8.90±5.41^{a}	7.37±4.97	-
อุณหภูมิห้อง	16.28±0.54	3.78±4.42^{b}	-	-
ปัจจัยที่ 2 : สารเคลือบผิว				
CITRASHINE	16.28±0.54	2.51±1.45^{f}	1.80±1.06^{e}	5.73±2.83^{bc}
SEALKOTE	16.28±0.54	4.87±3.50^{def}	3.38±1.88^{de}	1.34±0.30^{e}
ROSY PLUS	16.28±0.54	8.71±6.81^{bcd}	5.03±1.12^{cde}	3.79±1.35^{bc}
ZIVDAR	16.28±0.54	7.47±4.92^{bcde}	6.43±1.88^{cd}	7.01±2.97^{bc}
PERFECT SHINE	16.28±0.54	4.20±2.04^{ef}	8.33±5.36^{bc}	1.71±0.53^{c}
PE microemulsion	16.28±0.54	8.43±4.52^{bcd}	10.95±3.91^{b}	8.86±1.90^{ab}
Chitosan 2.0%	16.28±0.54	10.32±6.08^{b}	11.38±2.35^{b}	1.93±0.68^{c}
Non-coated	16.28±0.54	16.28±1.78^{a}	16.32±1.46^{a}	13.64±2.05^{a}
ปัจจัยที่ 1	ns	*	ns	-
ปัจจัยที่ 2	ns	*	*	-
ปัจจัยที่ 1×2	ns	*	ns	-

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* คือ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ns คือ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวก 19 ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผล (เปอร์เซ็นต์) ของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง

วิธีการ	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)			
	0	10	25	43
ปัจจัยที่ 1 : อุณหภูมิที่เก็บรักษา				
5 องศาเซลเซียส	7.37±1.29	4.60±1.20^{b}	8.90±2.64	14.87±5.06
10 องศาเซลเซียส	7.37±1.29	5.98±2.15^{b}	9.78±2.78	-
อุณหภูมิห้อง	7.37±1.29	14.95±10.12^{a}	-	-
ปัจจัยที่ 2 : สารเคลือบผิว				
CITRASHINE	7.37±1.34	16.45±3.47^{a}	12.24±3.09^{a}	15.79±5.13^{b}
SEALKOTE	7.37±1.34	8.43±4.86^{b}	9.54±0.68^{bc}	16.27±4.30^{ab}
ROSY PLUS	7.37±1.34	9.21±9.60^{b}	9.51±3.91^{bc}	12.94±6.01^{b}
ZIVDAR	7.37±1.34	7.55±2.73^{b}	10.98±1.41^{ab}	13.45±4.48^{b}
PERFECT SHINE	7.37±1.34	6.95±2.89^{b}	7.68±1.57^{cd}	13.39±2.12^{b}
PE microemulsion	7.37±1.34	5.90±1.32^{bc}	8.63±1.71^{bc}	13.34±3.20^{b}
Chitosan 2.0%	7.37±1.34	9.69±3.84^{b}	9.77±1.22^{abc}	23.39±2.98^{a}
Non-coated	7.37±1.34	3.72±1.52^{c}	5.68±1.94^{d}	10.43±3.48^{b}
ปัจจัยที่ 1	ns	*	ns	-
ปัจจัยที่ 2	ns	*	*	-
ปัจจัยที่ 1×2	ns	*	ns	-

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* คือ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ns คือ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวก 20 กิจกรรมของเอนไซม์แอลกอฮอล์ดีไฮโดรจีเนส (หน่วย/นาที/มิลลิกรัมโปรตีน) ของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง

วิธีการ	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)			
	0	10	25	43
ปัจจัยที่ 1 : อุณหภูมิที่เก็บรักษา				
5 องศาเซลเซียส	2.43±0.14	64.28±46.79^{a}	14.87±7.70^{b}	16.83±10.67
10 องศาเซลเซียส	2.43±0.14	21.30±25.39^{b}	23.64±4.06^{a}	-
อุณหภูมิห้อง	2.43±0.14	6.51±2.55^{b}	-	-
ปัจจัยที่ 2 : สารเคลือบผิว				
CITRASHINE	2.430.15	46.99±34.05^{a}	24.57±15.44^{b}	23.86±17.77^{b}
SEALKOTE	2.430.15	28.68±20.49^{ab}	16.84±12.12^{b}	4.60±1.16^{c}
ROSY PLUS	2.430.15	26.14±23.37^{ab}	12.88±5.19^{b}	16.12±9.63^{bc}
ZIVDAR	2.430.15	39.66±16.12^{ab}	4.87±5.28^{b}	16.60±13.67^{bc}
PERFECT SHINE	2.430.15	47.05±13.18^{a}	11.81±10.19^{b}	3.04±1.54^{c}
PE microemulsion	2.430.15	24.63±13.58^{b}	17.14±13.91^{b}	2.52±1.16^{c}
Chitosan 2.0%	2.430.15	27.96±17.06^{ab}	9.84±7.90^{b}	5.98±1.56^{c}
Non-coated	2.430.15	14.46±12.32^{b}	56.10±11.46^{b}	61.87±14.14^{a}
ปัจจัยที่ 1	ns	*	*	-
ปัจจัยที่ 2	ns	*	*	-
ปัจจัยที่ 1×2	ns	*	*	-

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* คือ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ns คือ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวก 21 กิจกรรมของเอนไซม์แอซิดฟอสฟาเตส (หน่วย/นาที/มิลลิกรัมโปรตีน) ของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง

วิธีการ	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)			
	0	10	25	43
ปัจจัยที่ 1 : อุณหภูมิที่เก็บรักษา				
5 องศาเซลเซียส	3.28±2.08	8.38±6.80^{a}	12.11±9.11^{a}	11.71±9.62
10 องศาเซลเซียส	3.28±2.08	3.86±3.11^{b}	7.80±6.23^{b}	-
อุณหภูมิห้อง	3.28±2.08	5.27±3.61^{b}	-	-
ปัจจัยที่ 2 : สารเคลือบผิว				
CITRASHINE	3.28±2.15	5.61±4.47	5.39±2.62^{b}	3.10±0.76^{c}
SEALKOTE	3.28±2.15	7.21±5.68	12.82±11.41^{ab}	10.89±3.85^{ab}
ROSY PLUS	3.28±2.15	6.28±4.59	6.37±5.35^{ab}	4.72±2.40^{bc}
ZIVDAR	3.28±2.15	5.95±4.40	6.64±5.75^{ab}	8.86±5.75^{abc}
PERFECT SHINE	3.28±2.15	5.90±5.27	14.34±12.79^{ab}	5.94±4.88^{bc}
PE microemulsion	3.28±2.15	3.52±1.85	10.58±5.74^{ab}	12.74±2.72^{a}
Chitosan 2.0%	3.28±2.15	5.20±2.53	15.33±9.83^{a}	6.35±4.02^{bc}
Non-coated	3.28±2.15	7.02±4.45	8.18±2.24^{ab}	4.78±2.58^{bc}
ปัจจัยที่ 1	ns	*	*	-
ปัจจัยที่ 2	ns	ns	*	-
ปัจจัยที่ 1×2	ns	ns	*	-

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* คือ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ns คือ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวก 22 การประเมินคุณภาพด้านกลิ่นและรสชาติผิดปกติ (คะแนน) ของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง

วิธีการ	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน							
	0	4	7	10	13	16	19	22
ปัจจัยที่ 1 : อุณหภูมิที่เก็บรักษา								
5 องศาเซลเซียส	4.00±0.00	4.00±0.00^{a}	3.94±0.25^{a}	3.88±0.34^{a}	3.94±0.25^{a}	3.94±0.25^{a}	3.81±0.51	3.75±0.67^{a}
10 องศาเซลเซียส	4.00±0.00	4.00±0.00^{a}	3.88±0.34^{a}	3.81±0.40^{a}	3.63±0.71^{b}	3.63±0.49^{b}	3.75±0.76	2.94±1.37^{b}
อุณหภูมิห้อง	4.00±0.00	3.81±0.40^{b}	3.06±0.91^{b}	2.44±1.39^{b}	-	-	-	-
ปัจจัยที่ 2 : สารเคลือบผิว								
CITRASHINE	4.00±0.00	3.670.49^{b}	3.00±0.85^{d}	2.33±0.98^{c}	3.50±0.53^{b}	3.50±0.53^{b}	2.50±1.20^{b}	1.50±0.53^{d}
SEALKOTE	4.00±0.00	3.830.40^{ab}	3.50±0.80^{bc}	3.00±1.48^{bc}	3.00±1.07^{c}	4.00±0.00^{a}	4.00±0.00^{a}	3.00±1.31^{bc}
ROSY PLUS	4.00±0.00	4.00±0.00^{a}	3.50±0.80^{bc}	3.00±1.48^{bc}	3.75±0.46^{ab}	3.25±0.46^{b}	4.00±0.00^{a}	2.50±1.60^{c}
ZIVDAR	4.00±0.00	4.00±0.00^{a}	4.00±0.00^{a}	4.00±0.00^{a}	4.00±0.00^{a}	4.00±0.00^{a}	4.00±0.00^{a}	4.00±0.00^{a}
PERFECT SHINE	4.00±0.00	4.00±0.00^{a}	3.17±0.94^{cd}	3.17±1.27^{b}	4.00±0.00^{a}	3.50±0.53^{b}	4.00±0.00^{a}	3.75±0.46^{ab}
PE microemulsion	4.00±0.00	4.00±0.00^{a}	3.83±0.39^{ab}	3.50±0.52^{ab}	4.00±0.00^{a}	4.00±0.00^{a}	4.00±0.00^{a}	4.00±0.00^{a}
Chitosan 2.0%	4.00±0.00	4.00±0.00^{a}	4.00±0.00^{a}	4.00±0.00^{a}	4.00±0.00^{a}	4.00±0.00^{a}	3.75±0.46^{a}	4.00±0.00^{a}
Non-coated	4.00±0.00	4.00±0.00^{a}	4.00±0.00^{a}	4.00±0.00^{a}	4.00±0.00^{a}	4.00±0.00^{a}	4.00±0.00^{a}	4.00±0.00^{a}
ปัจจัยที่ 1	ns	*	*	*	*	*	ns	*
ปัจจัยที่ 2	ns	*	*	*	*	*	*	*
ปัจจัยที่ 1×2	ns	*	*	*	*	*	ns	*

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* คือ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ns คือ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4 = ไม่มีรสชาติผิดปกติและกลิ่นหมัก 3 = มีรสชาติผิดปกติและกลิ่นหมักเล็กน้อย 2 = มีรสชาติผิดปกติและกลิ่นหมักปานกลาง 1 = มีรสชาติผิดปกติและกลิ่นหมักรุนแรง

ตารางภาคผนวก 22 (ต่อ) การประเมินคุณภาพทางด้านกลิ่นและรสชาติผิดปกติ (คะแนน) ของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง

วิธีการ	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)						
	25	28	31	34	37	40	43
ปัจจัยที่ 1 : อุณหภูมิที่เก็บรักษา							
5 องศาเซลเซียส	3.63±1.01^{a}	3.69±0.78^{a}	4.00±0.00^{a}	3.81±0.40^{a}	3.63±1.01^{b}	3.63±1.01	3.50±0.72
10 องศาเซลเซียส	3.38±1.07^{b}	3.31±1.12^{b}	3.63±1.10^{b}	3.38±1.01^{b}	3.88±0.34^{a}	-	-
อุณหภูมิห้อง	--	-	-	-	-	-	-
ปัจจัยที่ 2 : สารเคลือบผิว							
CITRASHINE	1.00±0.00^{c}	1.50±0.93^{c}	2.50±1.60^{b}	2.25±1.39^{c}	2.00±1.07^{b}	1.00±0.00^{b}	2.00±0.00^{c}
SEALKOTE	4.00±0.00^{a}	3.50±0.93^{ab}	4.00±0.00^{a}	3.50±0.53^{ab}	4.00±0.00^{a}	4.00±0.00^{a}	3.00±0.00^{b}
ROSY PLUS	3.25±0.89^{b}	3.00±0.76^{b}	4.00±0.00^{a}	3.00±0.00^{b}	4.00±0.00^{a}	4.00±0.00^{a}	3.00±0.00^{b}
ZIVDAR	4.00±0.00^{a}	4.00±0.00^{a}	4.00±0.00^{a}	4.00±0.00^{a}	4.00±0.00^{a}	4.00±0.00^{a}	4.00±0.00^{a}
PERFECT SHINE	4.00±0.00^{a}	4.00±0.00^{a}	4.00±0.00^{a}	4.00±0.00^{a}	4.00±0.00^{a}	4.00±0.00^{a}	4.00±0.00^{a}
PE microemulsion	3.75±0.46^{a}	4.00±0.00^{a}	4.00±0.00^{a}	4.00±0.00^{a}	4.00±0.00^{a}	4.00±0.00^{a}	4.00±0.00^{a}
Chitosan 2.0%	4.00±0.00^{a}	4.00±0.00^{a}	4.00±0.00^{a}	4.00±0.00^{a}	4.00±0.00^{a}	4.00±0.00^{a}	4.00±0.00^{a}
Non-coated	4.00±0.00^{a}	4.00±0.00^{a}	4.00±0.00^{a}	4.00±0.00^{a}	4.00±0.00^{a}	4.00±0.00^{a}	4.00±0.00^{a}
ปัจจัยที่ 1	*	*	*	*	*	-	-
ปัจจัยที่ 2	*	*	*	*	*	-	-
ปัจจัยที่ 1×2	*	*	*	*	*	-	-

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* คือ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ns คือ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4 = ไม่มีรสชาติผิดปกติและไม่มีกลิ่นหมัก 3 = มีรสชาติผิดปกติและกลิ่นหมักเล็กน้อย 2 = มีรสชาติผิดปกติและกลิ่นหมักปานกลาง 1 = มีรสชาติผิดปกติและกลิ่นหมักรุนแรง

ตารางภาคผนวก 23 การประเมินคุณภาพด้านลักษณะปรากฏ (คะแนน) ของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง

วิธีการ	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน							
	0	4	7	10	13	16	19	22
ปัจจัยที่ 1 : อุณหภูมิที่เก็บรักษา								
5 องศาเซลเซียส	5.00±0.00	5.00±0.00	5.00±0.00^{a}	4.94±0.25^{a}	5.00±0.00^{a}	5.00±0.00^{a}	4.75±0.44^{b}	4.75±0.44^{b}
10 องศาเซลเซียส	5.00±0.00	5.00±0.00	4.88±0.34^{a}	4.69±0.47^{a}	4.56±5.50^{b}	4.88±0.34^{b}	5.00±0.00^{a}	4.94±0.25^{a}
อุณหภูมิห้อง	5.00±0.00	5.00±0.00	4.13±1.34^{b}	2.56±1.29^{b}	-	-	-	-
ปัจจัยที่ 2 : สารเคลือบผิว								
CITRASHINE	5.00±0.00	5.00±0.00	5.00±0.00^{a}	4.67±0.49^{a}	5.00±0.00^{a}	5.00±0.00^{a}	5.00±0.00^{a}	5.00±0.00^{a}
SEALKOTE	5.00±0.00	5.00±0.00	5.00±0.00^{a}	4.17±0.94^{abc}	4.75±0.46^{ab}	5.00±0.00^{a}	5.00±0.00^{a}	5.00±0.00^{a}
ROSY PLUS	5.00±0.00	5.00±0.00	5.00±0.00^{a}	4.33±1.15^{ab}	4.75±0.46^{ab}	5.00±0.00^{a}	5.00±0.00^{a}	5.00±0.00^{a}
ZIVDAR	5.00±0.00	5.00±0.00	4.50±0.80^{ab}	4.83±0.39^{a}	5.00±0.00^{a}	5.00±0.00^{a}	5.00±0.00^{a}	5.00±0.00^{a}
PERFECT SHINE	5.00±0.00	5.00±0.00	4.83±0.39^{a}	4.00±1.48^{abc}	5.00±0.00^{a}	5.00±0.00^{a}	5.00±0.00^{a}	5.00±0.00^{a}
PE microemulsion	5.00±0.00	5.00±0.00	5.00±0.00^{a}	3.83±1.40^{abc}	4.50±0.53^{b}	5.00±0.00^{a}	5.00±0.00^{a}	5.00±0.00^{a}
Chitosan 2.0%	5.00±0.00	5.00±0.00	4.00±1.48^{b}	3.50±1.88^{bc}	4.75±0.46^{ab}	4.75±0.46^{b}	4.75±0.53^{b}	4.75±0.53^{b}
Non-coated	5.00±0.00	5.00±0.00	4.00±1.48^{b}	3.17±1.64^{c}	4.50±0.53^{b}	4.75±0.46^{b}	4.50±0.53^{b}	4.25±0.46^{b}
ปัจจัยที่ 1	ns	ns	*	*	*	*	*	*
ปัจจัยที่ 2	ns	ns	*	*	*	*	*	*
ปัจจัยที่ 1×2	ns	ns	*	*	*	*	*	*

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* คือ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ns คือ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

5 = ผลปกติ 4 = ผลเริ่มเหี่ยว 3 = ขั้วและรอบๆ ขั้วผลเหี่ยว 2 = ผลเหี่ยวปานกลาง 1 = ผลเหี่ยวมาก

ตารางภาคผนวก 23 (ต่อ) การประเมินคุณภาพด้านลักษณะปรากฏ (คะแนน) ของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง

วิธีการ	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)						
	25	28	31	34	37	40	43
ปัจจัยที่ 1 : อุณหภูมิที่เก็บรักษา							
5 องศาเซลเซียส	4.63±0.71^{b}	4.25±1.32^{b}	4.50±0.51^{b}	3.50±0.95^{b}	4.06±0.56^{b}	3.50±1.24	3.50±1.57
10 องศาเซลเซียส	4.81±0.40^{a}	4.94±0.25^{a}	5.00±0.00^{a}	5.00±0.00^{a}	4.75±0.44^{a}	-	-
อุณหภูมิห้อง	-	-	-	-	-	-	-
ปัจจัยที่ 2 : สารเคลือบผิว							
CITRASHINE	5.00±0.00^{a}	5.00±0.00^{a}	5.00±0.00^{a}	5.00±0.00^{a}	4.50±0.53^{a}	4.00±0.00^{b}	4.50±0.58^{ab}
SEALKOTE	5.00±0.00^{a}	5.00±0.00^{a}	5.00±0.00^{a}	4.25±0.89^{abc}	4.50±0.53^{a}	4.00±0.00^{b}	4.50±0.58^{ab}
ROSY PLUS	5.00±0.00^{a}	5.00±0.00^{a}	5.00±0.00^{a}	4.25±0.89^{abc}	4.75±0.46^{a}	4.00±0.00^{b}	4.00±0.00^{bc}
ZIVDAR	5.00±0.00^{a}	5.00±0.00^{a}	5.00±0.00^{a}	4.50±0.93^{ab}	4.75±0.46^{a}	4.00±0.00^{b}	4.50±0.58^{ab}
PERFECT SHINE	5.00±0.00^{a}	5.00±0.00^{a}	4.50±0.53^{b}	4.25±0.89^{abc}	4.50±0.53^{a}	4.00±0.00^{b}	3.50±0.58^{c}
PE microemulsion	5.00±0.00^{a}	5.00±0.00^{a}	4.50±0.53^{b}	4.25±0.89^{abc}	4.75±0.46^{a}	5.00±0.00^{a}	5.00±0.00^{a}
Chitosan 2.0%	3.75±0.46^{b}	3.50±1.60^{b}	4.50±0.53^{b}	4.00±1.07^{bc}	3.75±0.46^{b}	1.50±0.58^{c}	1.00±0.00^{d}
Non-coated	4.00±0.76^{b}	3.25±1.39^{b}	4.50±0.53^{b}	3.50±1.60^{c}	3.75±0.46^{b}	1.50±0.58^{c}	1.00±0.00^{d}
ปัจจัยที่ 1	*	*	*	*	*	-	-
ปัจจัยที่ 2	*	*	*	*	*	-	-
ปัจจัยที่ 1×2	*	*	*	*	*	-	-

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* คือ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ns คือ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

5 = ผลปกติ 4 = ผลเริ่มเหี่ยว 3 = ขั้วและรอบๆ ขั้วผลเหี่ยว 2 = ผลเหี่ยวปานกลาง 1 = ผลเหี่ยวมาก

ตารางภาคผนวก 24 ค่า L* ของสีผิวผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง

วิธีการ	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน							
	0	4	7	10	13	16	19	22
ปัจจัยที่ 1 : อุณหภูมิที่เก็บรักษา								
5 องศาเซลเซียส	64.63±2.17	65.23±1.77^{a}	63.69±1.79^{b}	63.52±1.75^{a}	63.30±1.80^{b}	62.63±1.89	63.27±1.69	63.15±1.70
10 องศาเซลเซียส	63.80±3.20	64.43±2.15^{ab}	63.82±2.22^{b}	63.43±1.73^{b}	63.68±1.98^{ab}	63.21±2.04	63.11±1.86	62.92±1.90
อุณหภูมิห้อง	63.90±2.75	63.74±1.68^{b}	64.81±1.86^{a}	64.40±1.99^{a}	64.29±1.90^{a}	-	-	-
ปัจจัยที่ 2 : สารเคลือบผิว								
CITRASHINE	63.60±3.35	63.87±2.31	63.72±2.57	62.91±2.26	63.21±2.02	62.44±2.16	62.94±2.08	62.63±2.46
SEALKOTE	63.83±2.28	64.63±1.55	64.48±1.51	64.37±1.30	64.27±1.80	62.92±1.89	63.58±1.58	63.73±1.75
ROSY PLUS	62.80±4.14	63.42±1.87	62.92±1.85	63.14±1.24	63.12±1.43	62.31±1.76	62.73±1.56	62.55±1.47
ZIVDAR	64.70±2.03	65.56±2.15	65.43±2.21	65.14±1.85	65.01±2.33	63.52±2.13	64.04±2.21	64.22±2.05
PERFECT SHINE	63.22±2.32	64.21±1.63	63.84±1.57	63.44±1.81	63.51±2.01	62.51±1.86	62.83±1.38	62.74±0.90
PE microemulsion	65.15±2.35	64.93±1.72	64.48±2.29	64.30±2.06	63.92±2.23	63.35±3.00	63.56±2.50	63.23±2.44
Chitosan 2.0%	64.68±2.18	64.26±2.22	63.69±1.86	63.12±1.81	63.30±1.68	63.10±1.87	62.98±1.26	62.46±1.30
Non-coated	64.91±2.39	64.84±1.77	64.29±1.53	63.86±1.68	63.72±1.42	63.14±1.27	62.85±1.56	62.68±1.45
ปัจจัยที่ 1	ns	*	*	*	*	ns	ns	ns
ปัจจัยที่ 2	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
ปัจจัยที่ 1×2	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* คือ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ns คือ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวก 24 (ต่อ) ค่า L* ของสีผิวผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง

วิธีการ	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)						
	25	28	31	34	37	40	43
ปัจจัยที่ 1 : อุณหภูมิที่เก็บรักษา							
5 องศาเซลเซียส	62.87±1.66	62.70±1.63	62.77±1.44	62.26±2.37	62.04±1.77	62.66±1.57	61.86±1.62
10 องศาเซลเซียส	62.31±1.89	62.08±1.88	-	-	-	-	-
อุณหภูมิห้อง	-	-	-	-	-	-	-
ปัจจัยที่ 2 : สารเคลือบผิว							
CITRASHINE	62.31±2.33	62.16±2.34	62.84±0.64	62.62±0.61	62.23±0.99	62.88±0.39	61.89±0.55
SEALKOTE	63.27±1.54	63.13±1.47	63.47±0.88	63.07±0.88	62.51±1.15	63.02±1.12	61.67±1.70
ROSY PLUS	62.11±0.85	62.23±1.22	62.49±1.68	61.66±2.39	60.57±2.21	62.35±1.83	61.41±1.51
ZIVDAR	63.60±2.36	63.50±2.12	63.84±1.62	63.71±1.76	63.58±2.14	64.00±2.10	63.27±2.11
PERFECT SHINE	62.17±1.08	61.89±0.81	62.10±0.38	59.64±4.72	61.33±0.70	61.97±0.83	61.38±0.60
PE microemulsion	62.91±2.29	62.45±2.56	63.36±2.61	63.46±2.75	63.54±2.15	63.25±2.91	62.69±3.06
Chitosan 2.0%	62.20±1.45	61.85±1.36	61.20±0.98	61.34±1.10	60.36±1.12	61.20±0.69	60.60±1.03
Non-coated	62.15±1.91	61.92±1.68	62.85±0.42	62.63±0.59	62.20±0.58	62.60±0.29	62.00±0.44
ปัจจัยที่ 1	ns	ns	-	-	-	-	-
ปัจจัยที่ 2	ns	ns	-	-	-	-	-
ปัจจัยที่ 1×2	ns	ns	-	-	-	-	-

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* คือ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ns คือ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวก 25 ค่า chroma ของสีผิวผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง

วิธีการ	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน							
	0	4	7	10	13	16	19	22
ปัจจัยที่ 1 : อุณหภูมิที่เก็บรักษา								
5 องศาเซลเซียส	63.55±3.00	64.70±3.27^{b}	68.89±4.10^{a}	69.47±2.90^{a}	68.44±3.75^{a}	66.99±3.16	68.26±3.22^{a}	68.05±3.05
10 องศาเซลเซียส	63.27±3.60	66.34±3.96^{b}	69.31±3.60^{a}	68.79±2.84^{a}	66.64±3.18^{b}	66.65±2.42	65.73±3.53^{b}	67.04±3.18
อุณหภูมิห้อง	63.80±3.46	68.61±3.34^{a}	64.54±3.26^{b}	64.38±3.17^{b}	63.61±3.31^{c}	-	-	-
ปัจจัยที่ 2 : สารเคลือบผิว								
CITRASHINE	61.54±3.49^{dc}	64.86±4.59^{bc}	64.67±4.49^{cd}	64.82±4.17^{c}	63.58±3.46^{de}	65.14±2.76^{cd}	63.89±4.28^{c}	65.30±3.61^{cd}
SEALKOTE	63.46±2.28^{bcd}	66.24±2.49^{b}	67.48±2.98^{bc}	68.28±2.93^{ab}	66.15±2.86^{bcd}	66.23±2.46^{bcd}	67.03±1.83^{b}	67.26±2.37^{bc}
ROSY PLUS	60.80±3.40^{e}	63.13±3.12^{e}	63.49±3.60^{d}	65.98±3.71^{bc}	63.19±3.11^{e}	64.16±1.95^{d}	63.45±1.85^{c}	64.11±1.81^{d}
ZIVDAR	64.55±1.88^{abc}	67.24±3.42^{b}	68.20±3.15^{b}	67.99±3.06^{ab}	66.32±3.21^{bcd}	67.75±1.64^{ab}	67.49±2.78^{b}	68.13±2.17^{b}
PERFECT SHINE	62.46±3.31^{cde}	66.52±2.22^{b}	67.76±3.74^{b}	67.32±3.81^{bc}	65.06±4.23^{cdc}	67.21±2.81^{abc}	66.93±3.58^{b}	67.96±2.92^{b}
PE microemulsion	65.00±3.05^{ab}	66.54±3.48^{b}	68.74±3.62^{b}	68.30±3.73^{ab}	67.23±4.23^{bc}	66.61±2.55^{bcd}	66.97±3.23^{b}	66.88±2.45^{bc}
Chitosan 2.0%	64.13±2.85^{abc}	67.08±3.27^{b}	68.35±3.28^{b}	67.34±2.88^{bc}	68.00±2.76^{ab}	68.08±2.05^{ab}	69.03±1.51^{ab}	69.19±1.81^{ab}
Non-coated	66.33±3.04^{a}	70.81±3.88^{a}	71.95±3.72^{a}	70.34±3.52^{a}	70.31±3.54^{a}	69.20±3.31^{a}	70.93±3.34^{a}	71.34±2.21^{a}
ปัจจัยที่ 1	ns	*	*	*	*	ns	*	ns
ปัจจัยที่ 2	*	*	*	*	*	*	*	*
ปัจจัยที่ 1×2	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* คือ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ns คือ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวก 25 (ต่อ) ค่า chroma ของสีผิวผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง

วิธีการ	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)						
	25	28	31	34	37	40	43
ปัจจัยที่ 1 : อุณหภูมิที่เก็บรักษา							
5 องศาเซลเซียส	68.66±2.76	68.32±2.89	68.27±2.87	67.36±2.93	66.71±3.49	64.09±3.65	67.76±2.46
10 องศาเซลเซียส	68.55±4.12	67.31±3.25	-	-	-	-	-
อุณหภูมิห้อง	-	-	-	-	-	-	-
ปัจจัยที่ 2 : สารเคลือบผิว							
CITRASHINE	65.38±4.26^{d}	65.11±3.56^{cd}	66.73±1.79^{bc}	66.24±1.56^{bc}	65.14±2.13^{c}	65.41±2.13^{cd}	66.91±1.09^{bc}
SEALKOTE	67.75±1.44^{cd}	67.23±2.25^{bcd}	68.45±0.73^{b}	66.65±1.03^{b}	66.85±1.15^{bc}	63.44±1.74^{b}	67.16±2.21^{bc}
ROSY PLUS	65.52±1.97^{d}	64.97±2.40^{d}	64.65±4.75^{c}	63.26±1.94^{c}	60.87±3.54^{d}	60.09±2.80^{d}	65.69±2.68^{c}
ZIVDAR	68.70±3.75^{bc}	69.03±2.13^{ab}	69.07±1.28^{ab}	68.41±0.65^{b}	68.36±1.22^{b}	65.68±1.52^{ab}	68.99±1.45^{ab}
PERFECT SHINE	68.17±2.58^{bcd}	67.84±3.05^{b}	67.74±1.98^{bc}	67.30±2.69^{b}	66.01±2.73^{bc}	63.38±2.42^{bc}	67.13±1.56^{bc}
PE microemulsion	69.70±2.48^{bc}	67.55±2.93^{bc}	68.77±2.57^{b}	66.69±3.57^{b}	68.10±2.49^{bc}	66.58±3.69^{ab}	66.52±3.12^{bc}
Chitosan 2.0%	70.66±2.43^{ab}	69.38±1.72^{ab}	68.49±0.75^{b}	68.53±2.14^{b}	66.76±1.81^{bc}	65.24±1.66^{b}	68.35±1.58^{bc}
Non-coated	72.54±2.44^{a}	71.13±2.19^{a}	72.29±1.58^{a}	71.77±1.25^{a}	71.62±1.20^{a}	68.89±1.31^{a}	71.37±1.73^{a}
ปัจจัยที่ 1	ns	ns	-	-	-	-	-
ปัจจัยที่ 2	*	*	-	-	-	-	-
ปัจจัยที่ 1×2	*	ns	-	-	-	-	-

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* คือ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ns คือ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวก 26 ค่า hue angle ของสีผิวผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง

วิธีการ	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน							
	0	4	7	10	13	16	19	22
ปัจจัยที่ 1 : อุณหภูมิที่เก็บรักษา								
5 องศาเซลเซียส	77.64±3.09^{a}	75.18±2.72	76.18±3.01	75.78±2.91^{a}	75.70±2.85^{a}	75.56±3.01^{a}	75.56±2.88^{a}	75.43±3.07^{a}
10 องศาเซลเซียส	75.90±3.40^{b}	75.14±3.18	75.30±3.06	74.54±3.60^{ab}	73.96±3.02^{b}	73.44±2.98^{b}	72.73±2.90^{b}	72.24±2.90^{b}
อุณหภูมิห้อง	76.79±2.74^{ab}	76.15±2.91	74.75±2.80	74.05±2.69^{b}	73.52±2.68^{b}	-	-	-
ปัจจัยที่ 2 : สารเคลือบผิว								
CITRASHINE	77.16±3.17^{abc}	75.93±3.19^{abc}	75.83±3.37^{abc}	75.79±3.34^{abc}	74.94±3.27^{ab}	75.64±3.78^{ab}	74.91±4.05^{abc}	75.00±4.11^{abc}
SEALKOTE	78.49±2.68^{a}	77.13±2.92^{ab}	77.09±2.77^{ab}	76.63±2.86^{a}	76.43±3.01^{a}	76.99±2.12^{a}	76.70±2.28^{a}	76.64±2.55^{a}
ROSY PLUS	77.66±3.24^{ab}	75.39±3.20^{abc}	75.21±3.16^{bc}	74.32±3.27^{ab}	74.32±3.27^{ab}	76.21±3.02^{ab}	75.70±3.03^{ab}	75.65±3.07^{ab}
ZIVDAR	78.40±2.62^{a}	77.47±2.65^{a}	77.80±2.69^{a}	76.33±2.47^{a}	76.33±2.47^{a}	76.18±2.57^{ab}	75.59±2.93^{ab}	74.95±3.60^{abc}
PERFECT SHINE	76.41±1.69^{abc}	74.85±1.93^{bc}	74.73±1.76^{c}	73.69±1.69^{b}	73.69±1.69^{b}	73.86±1.33^{bc}	73.49±1.33^{bc}	73.10±1.42^{bcd}
PE microemulsion	75.83±3.12^{bc}	74.59±2.77^{c}	74.53±2.86^{c}	73.59±2.96^{b}	73.59±2.96^{b}	72.40±2.98^{c}	72.06±3.26^{c}	71.74±3.43^{d}
Chitosan 2.0%	74.88±3.67^{c}	74.33±3.11^{c}	74.13±2.92^{c}	73.04±2.73^{b}	73.04±2.73^{b}	72.88±2.88^{c}	72.94±2.97^{bc}	72.21±2.86^{cd}
Non-coated	75.39±3.19^{bc}	74.25±2.51^{c}	73.92±2.41^{c}	72.78±2.43^{b}	72.78±2.43^{b}	72.13±2.65^{c}	72.04±2.67^{c}	71.76±2.56^{d}
ปัจจัยที่ 1	*	ns	ns	*	*	*	*	*
ปัจจัยที่ 2	*	*	*	*	*	*	*	*
ปัจจัยที่ 1×2	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* คือ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ns คือ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวก 26 (ต่อ) ค่า hue angle ของสีผิวผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง

วิธีการ	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)						
	25	28	31	34	37	40	43
ปัจจัยที่ 1 : อุณหภูมิที่เก็บรักษา							
5 องศาเซลเซียส	75.28±3.00^{a}	75.03±2.90^{a}	74.96±2.86	74.86±2.92	74.69±2.85	74.97±2.97	74.56±3.02
10 องศาเซลเซียส	71.96±2.78^{b}	71.03±2.85^{b}	-	-	-	-	-
อุณหภูมิห้อง	-	-	-	-	-	-	-
ปัจจัยที่ 2 : สารเคลือบผิว							
CITRASHINE	74.69±3.86^{abc}	74.40±3.88^{abc}	75.25±1.99^{abc}	75.45±1.98^{abcd}	75.10±2.09^{ab}	75.13±2.15^{abc}	75.50±1.87^{abc}
SEALKOTE	76.10±2.59^{a}	75.83±2.86^{a}	77.05±2.23^{ab}	77.08±2.64^{ab}	76.98±2.46^{a}	77.75±2.00^{a}	77.48±1.96^{a}
ROSY PLUS	75.43±3.16^{ab}	74.96±3.24^{ab}	77.20±2.73^{a}	77.50±1.99^{a}	77.58±1.50^{a}	77.75±2.38^{a}	77.38±2.07^{a}
ZIVDAR	74.53±3.88^{abc}	73.79±4.18^{abcd}	77.35±1.84^{a}	76.93±2.06^{abc}	76.78±1.73^{a}	76.88±1.90^{ab}	76.08±2.14^{ab}
PERFECT SHINE	72.93±1.59^{bc}	72.21±1.86^{bcd}	73.73±1.40^{bc}	73.55±1.39^{cd}	73.25±1.14^{b}	73.43±1.53^{c}	73.15±1.44^{bcd}
PE microemulsion	71.83±3.31^{c}	71.11±3.60^{d}	74.18±2.84^{abc}	73.78±3.03^{bcd}	73.48±2.75^{b}	74.25±2.98^{bc}	73.43±2.89^{bcd}
Chitosan 2.0%	72.11±2.91^{c}	71.38±2.66^{cd}	72.13±2.57^{c}	72.00±2.71^{d}	72.33±2.76^{b}	72.30±2.69^{c}	71.30±2.63^{d}
Non-coated	71.69±2.75^{c}	70.99±2.72^{d}	72.83±2.91^{c}	72.63±2.68^{d}	72.08±2.53^{b}	72.30±2.47^{c}	72.18±2.88^{cd}
ปัจจัยที่ 1	*	*	-	-	-	-	-
ปัจจัยที่ 2	*	*	-	-	-	-	-
ปัจจัยที่ 1×2	ns	ns	-	-	-	-	-

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* คือ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ns คือ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวก 27 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (เปอร์เซ็นต์) ของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง

วิธีการ	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)			
	0	10	25	43
ปัจจัยที่ 1 : อุณหภูมิที่เก็บรักษา				
5 องศาเซลเซียส	13.00±0.36	12.59±1.49[b]	14.02±0.77	14.08±1.03
10 องศาเซลเซียส	13.00±0.36	13.04±122[b]	14.11±0.61	-
อุณหภูมิห้อง	13.00±0.36	14.25±0.72[a]	-	-
ปัจจัยที่ 2 : สารเคลือบผิว				
CITRASHINE	13.70±0.38	13.46±1.68	14.43±0.65	13.37±0.51[b]
SEALKOTE	13.70±0.38	13.40±1.39	14.18±0.30	13.53±0.68[b]
ROSY PLUS	13.70±0.38	13.38±1.32	13.50±0.58	14.03±0.47[b]
ZIVDAR	13.70±0.38	13.48±1.11	13.90±0.50	13.83±1.27[b]
PERFECT SHINE	13.70±0.38	12.63±1.78	13.77±0.67	14.17±0.78[b]
PE microemulsion	13.70±0.38	13.23±1.23	14.27±0.72	13.80±0.78[b]
Chitosan 2.0%	13.70±0.38	12.84±1.62	13.85±0.92	13.80±0.17[b]
Non-coated	13.70±0.38	13.94±0.51	14.62±0.58	16.10±0.87[a]
ปัจจัยที่ 1	ns	*	ns	-
ปัจจัยที่ 2	ns	ns	ns	-
ปัจจัยที่ 1×2	ns	ns	ns	-

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* คือ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ns คือ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวก 28 ค่าพีเอชของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง

วิธีการ	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)			
	0	10	25	43
ปัจจัยที่ 1 : อุณหภูมิที่เก็บรักษา				
5 องศาเซลเซียส	3.74±0.03	3.56±0.10	3.46±0.10	3.53±0.13
10 องศาเซลเซียส	3.74±0.03	3.53±0.10	3.46±0.10	-
อุณหภูมิห้อง	3.74±0.03	3.53±0.18	-	-
ปัจจัยที่ 2 : สารเคลือบผิว				
CITRASHINE	3.74±0.03	3.54±0.09	3.41±0.15	3.53±0.17
SEALKOTE	3.74±0.03	3.45±0.20	3.46±0.08	3.54±0.07
ROSY PLUS	3.74±0.03	3.50±0.12	3.47±0.07	3.34±0.07
ZIVDAR	3.74±0.03	3.61±0.16	3.45±0.07	3.53±0.13
PERFECT SHINE	3.74±0.03	3.59±0.07	3.46±0.05	3.56±0.18
PE microemulsion	3.74±0.03	3.58±0.09	3.47±0.05	3.55±0.06
Chitosan 2.0%	3.74±0.03	3.52±0.08	3.49±0.08	3.59±0.07
Non-coated	3.74±0.03	3.52±0.11	3.48±0.18	3.62±0.12
ปัจจัยที่ 1	ns	ns	ns	-
ปัจจัยที่ 2	ns	ns	ns	-
ปัจจัยที่ 1×2	ns	ns	ns	-

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* คือ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ns คือ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวก 29 ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ (เปอร์เซ็นต์กรดซิตริก/100 กรัมน้ำส้มคั้น) ของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง

วิธีการ	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)			
	0	10	25	43
ปัจจัยที่ 1 : อุณหภูมิที่เก็บรักษา				
5 องศาเซลเซียส	0.78±0.01	0.66±0.10	0.68±0.11	0.63±0.09
10 องศาเซลเซียส	0.78±0.01	0.71±0.08	0.73±0.12	-
อุณหภูมิห้อง	0.78±0.01	0.71±0.14	-	-
ปัจจัยที่ 2 : สารเคลือบผิว				
CITRASHINE	0.78±0.01	0.70±0.12	0.74±0.15	0.65±0.11
SEALKOTE	0.78±0.01	0.75±0.17	0.70±0.13	0.60±0.05
ROSY PLUS	0.78±0.01	0.71±0.10	0.66±0.07	0.70±0.03
ZIVDAR	0.78±0.01	0.66±0.12	0.69±0.09	0.68±0.12
PERFECT SHINE	0.78±0.01	0.64±0.05	0.71±0.13	0.56±0.08
PE microemulsion	0.78±0.01	0.65±0.09	0.73±0.09	0.64±0.06
Chitosan 2.0%	0.78±0.01	0.70±0.07	0.69±0.07	0.55±0.07
Non-coated	0.78±0.01	0.71±0.11	0.72±0.20	0.69±0.06
ปัจจัยที่ 1	ns	ns	ns	-
ปัจจัยที่ 2	ns	ns	ns	-
ปัจจัยที่ 1×2	ns	ns	ns	-

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* คือ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ns คือ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวก 30 อัตราส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง

วิธีการ	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)			
	0	10	25	43
ปัจจัยที่ 1 : อุณหภูมิที่เก็บรักษา				
5 องศาเซลเซียส	17.64±0.76	19.53±3.82	20.91±2.81	22.55±3.01
10 องศาเซลเซียส	17.64±0.76	18.53±2.65	19.84±2.91	-
อุณหภูมิห้อง	17.64±0.76	20.65±4.06	-	-
ปัจจัยที่ 2 : สารเคลือบผิว				
CITRASHINE	17.64±0.79	19.75±4.34	20.12±3.57	21.13±3.91
SEALKOTE	17.64±0.79	18.68±4.07	20.60±3.19	22.46±1.55
ROSY PLUS	17.64±0.79	19.05±2.52	20.65±2.07	20.03±0.13
ZIVDAR	17.64±0.79	21.07±5.74	20.48±2.25	20.41±1.85
PERFECT SHINE	17.64±0.79	19.78±2.12	19.71±2.68	25.73±3.84
PE microemulsion	17.64±0.79	20.59±3.53	19.71±2.41	21.85±2.67
Chitosan 2.0%	17.64±0.79	18.61±3.32	20.32±2.09	25.51±2.87
Non-coated	17.64±0.79	19.04±2.69	21.41±5.07	23.28±2.01
ปัจจัยที่ 1	ns	ns	ns	-
ปัจจัยที่ 2	ns	ns	ns	-
ปัจจัยที่ 1×2	ns	ns	ns	-

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* คือ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ns คือ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวก 31 ปริมาณวิตามินซี (มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตรน้ำส้มคั้น) ของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง

วิธีการ	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)			
	0	10	25	43
ปัจจัยที่ 1 : อุณหภูมิที่เก็บรักษา				
5 องศาเซลเซียส	14.67±0.96	17.99±1.99	18.75±2.18	15.56±1.97
10 องศาเซลเซียส	14.67±0.96	18.52±2.11	17.93±2.01	-
อุณหภูมิห้อง	14.67±0.96	17.53±1.70	-	-
ปัจจัยที่ 2 : สารเคลือบผิว				
CITRASHINE	14.67±1.00	18.29±2.42	18.09±1.49	16.88±1.88
SEALKOTE	14.67±1.00	18.29±1.83	18.75±2.72	15.63±1.08
ROSY PLUS	14.67±1.00	18.29±0.91	18.09±0.81	16.25±2.17
ZIVDAR	14.67±1.00	17.68±2.24	17.11±2.04	17.50±2.86
PERFECT SHINE	14.67±1.00	18.09±1.43	18.09±1.49	16.25±2.17
PE microemulsion	14.67±1.00	17.89±2.38	18.09±1.49	16.25±1.08
Chitosan 2.0%	14.67±1.00	19.11±1.85	20.39±2.04	18.75±1.88
Non-coated	14.67±1.00	16.46±1.83	18.09±3.40	15.00±1.88
ปัจจัยที่ 1	ns	ns	ns	-
ปัจจัยที่ 2	ns	ns	ns	-
ปัจจัยที่ 1×2	ns	ns	ns	-

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* คือ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ns คือ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

คำชี้แจงข้อคิดเห็นจากผู้ทรงคุณวุฒิ

ตามที่ผู้ทรงคุณวุฒิได้มีความเห็นเกี่ยวกับ รายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 1 ครั้งที่ 2 และร่างรายงานฉบับสมบูรณ์ ของโครงการวิจัย "ผลของสารเคลือบผิวต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้ง" ซึ่งคณะผู้วิจัยรับผิดชอบอยู่ คณะผู้วิจัยขอให้ข้อมูลและคำชี้แจงดังนี้

ความเห็นเกี่ยวกับ รายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 1

ความคิดเห็น : *ข้อเสนอแนะในส่วนของการดำเนินงานในการระบุอายุและขนาดของผลส้ม ความเข้มข้นของสารเคลือบผิวแต่ละชนิด ปัจจัยที่เป็นตัวกำหนดอายุการวางจำหน่ายของผลส้ม จำนวนคนที่ใช้ในการประเมินคุณภาพ จำนวนและค่าเฉลี่ยของผลส้มในแต่ละครั้งในกรณีที่มีการทดลองซ้ำ ระบุถึงการเน่าเสียและความแตกต่างของผลส้มที่เคลือบผิวและไม่เคลือบผิว ระบุชนิดของสารเคลือบผิว และแนะนำในส่วนของการทดลองเคลือบผิวส้มกับผลส้มที่มีมากกว่า 1 ขนาด*

คำชี้แจง : - อายุและขนาดของผลส้ม ปัจจัยที่เป็นตัวกำหนดอายุการวางจำหน่ายของผลส้ม จำนวนผู้ทดสอบชิมที่ใช้ในการประเมินคุณภาพ จำนวนและค่าเฉลี่ยของผลส้มในแต่ละครั้งในกรณีที่มีการทดลองซ้ำ ได้ระบุไว้ใน บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง แล้ว

- ความเข้มข้นของสารเคลือบผิวที่นำมาใช้เคลือบผิวผลส้มในครั้งนี้ ใช้ความเข้มข้นทางการค้า ในปริมาณที่เท่ากัน คือ ประมาณ 0.20 กรัม/ผล โดยไม่ได้เจือจาง หรือผสมกับสารละลายชนิดอื่นๆ ซึ่งในส่วนของภาคผนวกได้ระบุถึงส่วนผสมของสารเคลือบผิวบางชนิดไว้ด้วย

- ก่อนที่จะเคลือบผิวผลส้ม คณะผู้วิจัยได้ทำความสะอาดผลส้มและคัดเลือกผลส้มที่ไม่มีรอยแผล ไม่เกิดโรค และไม่มีการเข้าทำลายของแมลงศัตรูพืชมาใช้ในการทดลอง ดังนั้นในระหว่างทำการทดลองจึงเกิดการเน่าเสียของผลส้มน้อยมาก คือบางกรรมวิธีมีการเน่าเสียเพียง 1-2 ผล ในขณะที่บางกรรมวิธีไม่มีการเน่าเสียของผลส้มเลย

- ความแตกต่างของผลส้มที่เคลือบผิวและไม่เคลือบผิวสามารถเปรียบเทียบได้จากบทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ความเห็นเกี่ยวกับ รายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 2

ความคิดเห็น : *ในรายงานข้อ 1.3.9 การบันทึกผลการทดลองเกี่ยวกับ "อัตราการหายใจ" การวัดความเข้มข้น CO_2 ภายในผลส้มเพื่อวัดอัตราการหายใจไม่น่าจะถูกต้อง และไม่สอดคล้องกับรายละเอียดที่เสนอ*

คำชี้แจง : คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณท่านผู้ทรงคุณวุฒิที่ให้คำแนะนำมา ณ ที่นี้ เพราะในรายงานคณะผู้วิจัยได้ใช้คำอธิบายผิดไป ทั้งนี้ได้ดำเนินการแก้ไขแล้ว จาก "การวัดความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลส้ม" เป็น "ปริมาณของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ผลส้มผลิตออกมา"

ความคิดเห็น : *การวัดอัตราการหายใจด้วยการผลิต CO_2 จะให้ข้อมูลผิดพลาด เพราะในสภาพการเคลือบผิวจะมี CO_2 ออกมาจากการหายใจทั้งในรูป aerobic และ anaerobic จะทำให้แปลความหมายได้ยาก ควรวัดการใช้ O_2 มากกว่า*

คำชี้แจง : การวัดปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ผลส้มผลิตออกมาส่วนหนึ่งอาจจะมาจากการหายใจแบบที่ใช้ออกซิเจน และเมื่อเวลาผ่านไปอาจจะมีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนร่วมด้วย แต่เนื่องจากคณะผู้วิจัยได้วัดอัตราการหายใจของผลส้มแบบเปิด คือ มีการหมุนเวียนของอากาศตลอดเวลา ทั้งนี้เพราะการเก็บรักษาผลส้มที่อุณหภูมิห้อง ใช้ระยะเวลาหลายวัน ถ้าหากวัดอัตราการหายใจของผลส้มแบบปิด อาจจะมีผลไปเร่งให้เกิดกระบวนการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนในผลส้มได้เร็วขึ้น ดังนั้นการวัดปริมาณออกซิเจนที่ใช้ไปจึงทำได้ยากกว่าการวัดปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ผลิตออกมา เพราะในบรรยากาศมีปริมาณออกซิเจนอยู่มาก คือ ประมาณ 21 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณที่วัดได้อาจจะเกิดการรบกวนจากปริมาณออกซิเจนในบรรยากาศโดยรอบได้มากกว่าปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ผลส้มผลิตออกมา ซึ่งในบรรยากาศมีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์อยู่เพียง 0.03 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้น

ความคิดเห็น : *ความแตกต่างทางสถิติที่วิเคราะห์ได้อาจไม่มีความหมายมากนัก หากการเก็บข้อมูลใช้เวลาต่างกันมาก ตั้งแต่เริ่มเก็บข้อมูลตัวอย่างแรกไปจนถึงตัวอย่างสุดท้าย การหายใจแบบ anaerobic อาจส่งผลต่อปริมาณ ethanol ได้สูง*

คำชี้แจง : ในการทำวิจัยครั้งนี้ คณะผู้วิจัยพยายามใช้ระยะเวลาในการวิเคราะห์ส่วนประกอบต่างๆ ของผลส้มให้มีความแตกต่างกันน้อยที่สุด กล่าวคือ ในการเก็บข้อมูลแต่ละครั้งจะทำในช่วง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ระยะเวลาเดิม หรือช่วงเวลาที่ใกล้เคียงกันมากที่สุด โดยจะเก็บข้อมูลในซ้ำแรกจนครบทุกกรรมวิธีก่อน แล้วจึงเริ่มเก็บข้อมูลในซ้ำที่สองให้ครบทุกกรรมวิธี และทำเช่นนี้ในซ้ำถัดๆ ไป โดยที่การเก็บข้อมูลในแต่ละครั้ง คณะผู้วิจัยไม่ได้เก็บข้อมูลแบบเรียงตามกรรมวิธีที่ 1 ไปถึงกรรมวิธีสุดท้ายตามลำดับทุกครั้งไป แต่จะมีการสลับจากกรรมวิธีสุดท้ายย้อนกลับมายังกรรมวิธีที่ 1 ด้วย ทั้งนี้เพื่อลดความแตกต่างของสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนไปตลอดระยะเวลาของการเก็บข้อมูล ซึ่งอาจจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของส่วนประกอบต่างๆ ของผลส้ม ที่สำคัญ คือปริมาณแก๊สออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลส้ม อัตราการหายใจ รวมถึงปริมาณเอทานอลในน้ำคั้น ดังที่ท่านผู้ทรงคุณวุฒิได้ให้คำแนะนำมา

ความคิดเห็น : *ควรจะมีการศึกษาหา Polymer อื่น อาจร่วมมือกับผู้ผลิตฟิล์ม หรือนักวิชาการด้าน Polymer เพื่อให้งานสมบูรณ์ขึ้น*

คำชี้แจง : คณะผู้วิจัยมีแนวความคิดว่า ก่อนที่จะทดลองฟิล์มอื่นๆ ควรจะมีการศึกษาวิจัยเพื่อให้สามารถระบุปริมาณของสารเคลือบผิวแต่ละชนิด ที่เหมาะสมสำหรับผลส้มแต่ละขนาดให้ได้เสียก่อน เพราะสารเคลือบผิวที่นำมาใช้เคลือบผิวผลส้มในการวิจัยครั้งนี้ เป็นสารเคลือบผิวที่เกษตรกรนิยมนำมาใช้อยู่แล้วในปัจจุบัน ถ้าหากสามารถระบุปริมาณที่เหมาะสมได้ เกษตรกรจะสามารถเลือกใช้สารเคลือบผิวได้ถูกต้อง และเหมาะสมกับกำลังการผลิตของตนได้ รวมทั้งประหยัดค่าใช้จ่ายและมีผลกระทบต่อคุณภาพของผลส้มน้อยที่สุดด้วย โดยหากศึกษาวิจัยในระดับดังกล่าวได้ จะเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรเป็นอย่างมาก ในระยะเวลาอันใกล้ เพราะสารเคลือบผิวที่ใช้อยู่ในปัจจุบันสามารถหาซื้อได้ง่ายในท้องตลาด และเกษตรกรมีความคุ้นเคยในการเลือกใช้ ทั้งนี้การวิจัยกับฟิล์มชนิดอื่นๆ อาจจะมีความสำคัญในระยะยาว ในแง่ของการผลิตสารเคลือบผิวขึ้นมาใช้ได้เองภายในประเทศ โดยไม่ต้องมีการนำเข้าจากต่างประเทศ ซึ่งเป็นสิ่งที่ควรมีการศึกษาวิจัยต่อไปในอนาคต เพราะถ้าสามารถผลิตสารเคลือบผิวขึ้นเองได้จริงและมีประสิทธิภาพเทียบเท่าหรือดีกว่าสารเคลือบผิวทางการค้าที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันจะช่วยลดต้นทุนการผลิตของเกษตรกรได้มาก

ความคิดเห็น : *จะขยายผลการวิจัยไม่ได้หากไม่ทราบ % Solid และองค์ประกอบของสารเคลือบผิวแต่ละชนิด*

คำชี้แจง : ในส่วนของภาคผนวก คณะผู้วิจัยได้แสดงส่วนผสมของสารเคลือบผิวบางชนิดเท่าที่จะหาข้อมูลได้เอาไว้แล้ว ซึ่งหากสามารถหาข้อมูลเพิ่มเติมได้จะรายงานให้ทราบต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ความเห็นเกี่ยวกับ ร่างรายงานฉบับสมบูรณ์

ความคิดเห็น : *ควรทำบทสรุปหรือข้อมูลสรุปของผลงานวิจัยที่กะทัดรัด แต่มีความชัดเจน เข้าใจง่าย เพื่อการเผยแพร่สู่ภาคเอกชนที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งผู้บริโภค*

คำชี้แจง : ในกรณีนี้คณะผู้วิจัยกำลังจัดทำสรุปผลงานวิจัยเพื่อการเสนอผลงานและการตีพิมพ์ในงานประชุมวิชาการต่างๆ ส่วนการจัดทำบทสรุปเพื่อเผยแพร่สู่ภาคเอกชนหรือผู้บริโภคนั้น อาจจะยังไม่สามารถทำได้ ทั้งนี้เพราะผลการทดลองดังกล่าวยังอยู่ในระดับห้องปฏิบัติการเท่านั้น อาจจะต้องมีการทดลองใช้จริงในระดับโรงงานเสียก่อน เพื่อให้เกิดความมั่นใจได้ว่าผลการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการนั้นสามารถส่งเสริมให้ผู้ประกอบการหรือเกษตรกรนั้นใช้ได้จริง ซึ่งคณะผู้วิจัยอาจจะดำเนินการต่อไปในอนาคต

ความคิดเห็น : *ควรวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างกลิ่นรสที่ผิดปกติต่อแก๊สออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ และเอทานอล กิจกรรมของเอนไซด์ทั้ง 2 เพื่อให้ระบุได้ว่าการที่ส้มมีกลิ่นไม่ดีขึ้นอยู่กับสิ่งใดที่แน่นอน*

คำชี้แจง : เนื่องจากการทดลองในครั้งนี้ รวมถึงระยะเวลาที่จะทำการวิเคราะห์ข้อมูลได้สิ้นสุดลงแล้ว ดังนั้นการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ดังที่ผู้ทรงคุณวุฒิได้กรุณาแนะนำมานั้นอาจจะไม่สามารถทำได้ในขณะนี้ อย่างไรก็ตาม คำแนะนำดังกล่าวมีคุณประโยชน์สำหรับคณะผู้วิจัยเป็นอย่างยิ่ง ซึ่งจะได้ดำเนินการในอนาคตต่อไป เพื่อหาคำตอบที่ชัดเจนยิ่งขึ้นว่าการเกิดกลิ่นและรสชาติผิดปกติของผลส้มนั้นมีสาเหตุมาจากสิ่งใดได้บ้าง

ความคิดเห็น : *ควรตอบคำถามที่ว่าการที่แวกซ์ ZIVDAR ให้ผลดีเป็นเพราะยอมให้ออกซิเจนเข้าได้ดี หรือยอมให้คาร์บอนไดออกไซด์ออกได้ดี หรือกระตุ้นเอนไซม์ได้มาก หรืออาจเป็นเพราะปัจจัยร่วม หรือว่าสรุปไม่ได้*

คำชี้แจง : ในกรณีนี้คณะผู้วิจัยเคยมีแนวความคิดร่วมกันว่าควรที่จะศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติในการยอมให้แก๊สผ่านเข้าออกของสารเคลือบผิวแต่ละชนิด แต่เนื่องจากในขณะนี้ยังไม่สามารถทำได้ เพราะมีผู้ทรงคุณวุฒิจากต่างประเทศได้ให้คำแนะนำว่ามีเครื่องมือที่สามารถวัด permeability ของสารเคลือบผิวได้ แต่ในขณะนี้ยังไม่มีเครื่องมือดังกล่าว ดังนั้นจึงไม่สามารถวัดคุณสมบัติดังกล่าวได้ ในส่วนของเอนไซม์นั้นทางคณะผู้วิจัยมีแนวความคิดว่าอาจจะต้องมีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับเอนไซม์อื่นๆ เพิ่มเติม ทั้งนี้เพราะในกระบวนการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนนั้นยังมีเอนไซม์ชนิดอื่นที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการดังกล่าว และนำมาสู่การเกิดกลิ่นและรสชาติผิดปกติ เช่น เอนไซม์ pyruvate decarboxylase หรือ lactate dehydrogenase เป็นต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved