ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร)

ปริญญา

พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร — **สาขา**

พัฒนาผลิตภัณฑ์ — **ภาควิชา**

เรื่อง อิทธิพลของสาร 1-MCP ต่อคุณภาพของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภค ระหว่างการเก็บรักษา

The Effect of 1-Methylcyclopropene on the Quality of Fresh-cut Durian cv. Chanee during Storage

นามผู้วิจัย นางสาวมยุรี เมืองมูล

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

(อาจารย์พิสิฏฐ์ ธรรมวิถี, ปร.ด.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(รองศาสตราจารย์อนุวัตร แจ้งชัด, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(อาจารย์สุมิตรา บุญบำรุง, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา .....

(รองศาสตราจารย์อนุวัตร แจ้งชัด, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. .....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

อิทธิพลของสาร 1-MCP ต่อคุณภาพของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภค ระหว่างการเก็บรักษา

The Effect of 1-Methylcyclopropene on the Quality of Fresh-cut Durian cv. Chanee During Storage

โดย

นางสาวมยุรี เมืองมูล

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร)
พ.ศ. 2557

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มยุรี เมืองมูล 2557: อิทธิพลของสาร 1-MCP ต่อคุณภาพของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคระหว่างการเก็บรักษา ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร) สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์พิสิฏฐ์ ธรรมวิถี, ปร.ด. 179 หน้า

ทุเรียนเป็นผลไม้ที่ได้ชื่อว่าเป็นราชาแห่งผลไม้ จัดอยู่ในประเภท Climacteric fruit ซึ่งมีการผลิตเอทิลีนปริมาณมากในกระบวนการสุกจึงทำให้มีอายุการเก็บรักษาสั้น โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของสาร 1-methylcyclopropene (1-MCP) และอุณหภูมิในการเก็บรักษา (4, 14 และ 24 องศาเซลเซียส) ต่อคุณภาพของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภค จากการทดลองพบว่า การเก็บรักษาทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพช้ากว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 14 และ 24 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และการรมสาร 1-MCP มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทั้งด้านสรีรวิทยา กายภาพ และเคมี โดยพบการเปลี่ยนแปลงคุณภาพที่ช้ากว่าในทุเรียนที่ไม่ผ่านการรมสาร 1-MCP ผู้บริโภคไม่ยอมรับทุเรียนตัดแต่งที่รมสาร 1-MCP (มากกว่าร้อยละ 50) เมื่อเวลาในการเก็บรักษาผ่านไป 30, 20 และ 8 วัน และไม่ยอมรับทุเรียนตัดแต่งที่ไม่รมสาร 1-MCP (มากกว่าร้อยละ 50) เมื่อเวลาในการเก็บรักษาผ่านไป 25, 16 และ 6 วัน สำหรับทุเรียนที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 องศาเซลเซียส ตามลำดับ จากการศึกษาอายุการเก็บรักษาด้วยวิธี Univariate kinetic analysis พบว่า การสูญเสียน้ำหนัก (weight loss) มีค่าพลังงานกระตุ้น (Activation energy: E_a) ต่ำที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 31.542 kJ/mol และ 29.297 kJ/mol สำหรับทุเรียนที่รมและไม่รมสาร 1-MCP ตามลำดับ ดังนั้น การสูญเสียน้ำหนักน่าจะเป็นปัจจัยคุณภาพที่สามารถใช้เป็นดัชนีในการประเมินอายุการเก็บรักษาของทุเรียนตัดแต่งพันธุ์ชะนีได้ จากการศึกษาอายุการเก็บรักษาด้วยวิธี Multivariate kinetic analysis พบว่า ทุเรียนตัดแต่งพันธ์ชะนีที่รมและไม่รมสาร 1-MCP มีค่าพลังงานกระตุ้นเท่ากับ 43.495 kJ/mol และ 38.843 kJ/mol ตามลำดับ ซึ่งใกล้เคียงกับค่าพลังงานกระตุ้นของของค่าสี b*, ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้, ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้, กิจกรรมของเอนไซม์ PG และความชอบโดยรวม สำหรับทุเรียนตัดแต่งที่รมสาร 1-MCP และมีค่าใกล้เคียงกับค่าพลังงานกระตุ้นของค่าสี L*, ค่าความแน่นเนื้อ, ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และความชอบโดยรวมสำหรับทุเรียนตัดแต่งที่ไม่รมสาร 1-MCP ตามลำดับ จากการศึกษาอายุการเก็บรักษาด้วยวิธีการวิเคราะห์การรอดชีพ (Survival analysis) โดยใช้วิธีวิเคราะห์ตารางชีพ, วิธี Kaplan-Meier และวิธีวิเคราะห์สมการถดถอยแบบ Cox หลายตัวแปรโดยใช้ค่าการยอมรับของผู้บริโภค (ยอมรับ/ไม่ยอมรับ) ที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน พบว่า วิธี Kaplan-Meier เป็นวิธีการที่เหมาะสมกว่าวิธีวิเคราะห์ตารางชีพ และวิธีวิเคราะห์สมการถดถอยแบบ Cox หลายตัวแปร โดยพบว่าทุเรียนตัดแต่งที่รมสาร 1-MCP มีอายุการเก็บรักษาเท่ากับ 26, 20 และ 8 วัน ส่วนทุเรียนตัดแต่งที่ไม่รมสาร 1-MCP มีอายุการเก็บรักษาเท่ากับ 25, 16 และ 6 วัน ที่อุณหภูมิเก็บรักษา 4, 14 และ 24 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ดังนั้น การประเมินอายุการเก็บรักษาด้วยวิธีวิเคราะห์การรอดชีพจึงเป็นวิธีการที่มีความเหมาะสมต่อการใช้ในการทำนายอายุการเก็บรักษาเนื่องจากมีการพิจารณาจากปัจจัยคุณภาพที่ผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษา

_____ _____ ___ / ___ / ___

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Mayuree Moungmoon 2014: The Effect of 1-Methylcyclopropene on the Quality of Fresh-cut Durian cv. Chanee During Storage. Master of Science (Agro-Industrial Product Development), Major Field: Agro-Industrial Product Development, Department of Product Development.
Thesis Advisor: Assistant Professor Pisit Dhamvitee, Ph.D. 179 pages.

Durian *(Durio zibethinus* Murray) revered as the "king of fruit", is classified in a group climacteric fruits. It produces high ethylene during ripening that causes the short shelf life. The objectives of this research were to study the effect of 1-methylcyclopropene (1-MCP) and storage temperature (4, 14 and 24°C) on the quality of fresh-cut durian cv. Chanee. The results showed that fresh-cut durian stored at 4 °C decreased quality change slower than stored at 14 and 24 °C, respectively. 1-MCP treatment had affected on the physiological, physical and chemical quality by qualities change more slower than no 1-MCP treatment. The consumers were rejected durian treated with 1-MCP (more than 50 percent) after stored for 30, 20 and 8 days and rejected durian not treated with 1-MCP (more than 50 percent) after stored for 25, 16 and 6 days at 4, 14 and 24 °C, respectively. The result of shelf-life evaluation by Univariate kinetic analysis showed that activation energy (E_a) of weight loss was lowest (31.542 kJ/mol and 29.297 kJ/mol for 1-MCP and no 1-MCP treatment, respectively). Also, weight loss was suitable for indicating the shelf-life of fresh-cut durian cv. Chanee. The result of shelf-life evaluation by Multivariate kinetic analysis revealed that E_a of fresh-cut durian cv. Chanee treated and non treated with 1-MCP were 43.495 kJ/mol and 38.843 kJ/mol and closed to E_a of b* value, titratable acid, sugar/acid ratio, enzyme PG activities and overall liking for 1-MCP treatment and closed to E_a of L* value, firmness, CO_2 and overall liking for no 1-MCP treatment. Shelf-life evaluation by survival analysis 3 methods included Life table, Kaplan-Meier and Multivariate analysis with Cox regression consider by acceptance of 30 consumers demonstrated that Kaplan-Meier method was appropriated for this research than Life table and Cox regression method. As a results from Shelf-life evaluation of 1-MCP treated durians were 26, 20 and 8 days and no 1-MCP treated durians were 25, 16 and 6 days at 4, 14 and 24 °C, respectively. Therefore, shelf-life evaluation by survival analysis was appropriated due to considered from consumer acceptance during storage.

_____ _____ ___ /___ /___

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.พิสิฏฐ์ ธรรมวิถี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ที่ได้ช่วยเหลือในการวางแผนงานวิจัย ตลอดจนให้คำปรึกษา แนะนำ ตรวจทาน แก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ และให้กำลังใจในการดำเนินงานวิจัยมาโดยตลอด ขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร.อนุวัตร แจ้งชัด และ อ.ดร.สุมิตรา บุญบำรุง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม และ ผศ.ดร.ประสงค์ ศิริวงศ์วิไลชาติ ผู้ทรงคุณวุฒิ ที่กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ และช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์และเจ้าหน้าที่ของภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ ภาควิชาเทคโนโลยีการบรรจุ และสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารที่ให้ความช่วยเหลือในการทำวิจัยเป็นอย่างดี

และสุดท้าย ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ได้เลี้ยงดู อบรมสั่งสอน คอยเป็นกำลังใจและให้การสนับสนุนในการศึกษาเล่าเรียนตลอดมา ตลอดจน เพื่อนๆ พี่ๆและน้องๆ ทุกคน ที่คอยให้ความช่วยเหลือ เป็นกำลังใจ และสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงได้ หากมีข้อผิดพลาดประการใดผู้วิจัยขออภัยมา ณ ที่นี้

มยุรี เมืองมูล

มกราคม 2557

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(8)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	32
อุปกรณ์	32
วิธีการ	35
ผลและวิจารณ์	42
สรุปและข้อเสนอแนะ	125
สรุป	125
ข้อเสนอแนะ	127
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	128
ภาคผนวก	137
ภาคผนวก ก การวิเคราะห์ค่าคุณภาพด้านเคมี	138
ภาคผนวก ข การตรวจสอบคุณภาพทางสรีรวิทยาของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภค	140
ภาคผนวก ค การตรวจสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์	142
ภาคผนวก ง แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน	144
ภาคผนวก จ การคำนวณค่า Retention index และความเข้มข้นสัมพันธ์	148
ภาคผนวก ฉ สารให้กลิ่นทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	150
ภาคผนวก ช สมการจลนพลศาสตร์ในทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภค	165
ภาคผนวก ซ ตารางวิเคราะห์การรอดชีพ	172
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	179

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	คุณค่าทางโภชนาการของเนื้อทุเรียนพันธุ์กระดุม ก้านยาว หมอนทอง และชะนี ปริมาณ 100 กรัม	6
2	เนื้อที่ให้ผล ผลิต ผลผลิตต่อไร่ทุเรียน	7
3	การส่งออกทุเรียนแยกเป็นรายผลิตภัณฑ์	9
4	เกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารดิบที่เตรียมหรือปรุงในสภาพบริโภคได้ทันที (ผัก ผลไม้ สลัด และสัมผัส)	12
5	ลักษณะกลิ่นของสารระเหยที่พบในทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รมและ ไม่รมสาร 1-MCP เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	57
6	สารระเหยให้กลิ่นที่มีผลต่อความชอบโดยรวมของผู้บริโภคที่พบในทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รมสาร 1-MCP เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	65
7	สารระเหยให้กลิ่นที่มีผลต่อความชอบโดยรวมของผู้บริโภคที่พบในทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ไม่รมสาร 1-MCP เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	66
8	ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 องศาเซลเซียส	76
9	คะแนนความชอบของผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนต่อทุเรียนตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รมสาร 1-MCP เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	78
10	คะแนนความชอบของผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนต่อทุเรียนตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ไม่รมสาร 1-MCP เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	78
11	คะแนนความชอบของผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนต่อทุเรียนตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รมสาร 1-MCP เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 14 องศาเซลเซียส	79
12	คะแนนความชอบของผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนต่อทุเรียนตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ไม่รมสาร 1-MCP เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 14 องศาเซลเซียส	79
13	คะแนนความชอบของผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนต่อทุเรียนตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รมสาร 1-MCP เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส	80

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
14	คะแนนความชอบของผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนต่อทุเรียนตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รมสาร 1-MCP เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส	80
15	การยอมรับ (ร้อยละ) ของผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนที่มีต่อการยอมรับของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	81
16	การยอมรับ (ร้อยละ) ของผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนที่มีต่อการยอมรับของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 14 องศาเซลเซียส	81
17	การยอมรับ (ร้อยละ) ของผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนที่มีต่อการยอมรับของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส	81
18	ค่าคงที่อัตรา (k) และค่าพลังงานกระตุ้น (E_a) ที่ปฏิกิริยาอันดับศูนย์ของการเปลี่ยนแปลงค่าคุณภาพในทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รมสาร 1-MCP เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 องศาเซลเซียส	83
19	ค่าคงที่อัตรา (k) และค่าพลังงานกระตุ้น (E_a) ที่ปฏิกิริยาอันดับศูนย์ของการเปลี่ยนแปลงค่าคุณภาพในทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ไม่รมสาร 1-MCP และเก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 องศาเซลเซียส	85
20	ค่าพลังงานกระตุ้นที่ปฏิกิริยาอันดับศูนย์ ของทุเรียนตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รมและไม่รมสาร 1-MCP เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30, 20 และ 10 วัน ตามลำดับ	90
21	ค่า Factor Loading แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแกนองค์ประกอบกับค่าคุณภาพในทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รมสาร 1-MCP และเก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 องศาเซลเซียส โดยใช้วิธีวิเคราะห์องค์ประกอบ (PCA)	84
22	ค่า Factor Loading แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแกนองค์ประกอบกับค่าคุณภาพในทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ไม่ได้รมสาร1-MCP และเก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 องศาเซลเซียส โดยใช้วิธีวิเคราะห์องค์ประกอบ (PCA)	93

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
23	ค่าคงที่อัตรา (k) และค่าพลังงานกระตุ้น (E_a) ที่ปฏิกิริยาอันดับศูนย์ของ F1 ได้จากการวิเคราะห์องค์ประกอบค่าคุณภาพของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รมสาร 1-MCP	97
24	ค่าคงที่อัตรา (k) และค่าพลังงานกระตุ้น (E_a) ที่ปฏิกิริยาอันดับศูนย์ของ F1 ได้จากการวิเคราะห์องค์ประกอบค่าคุณภาพของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ไม่รมสาร 1-MCP	98
25	ความน่าจะเป็นในการยอมรับทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งแต่งพร้อมบริโภคที่รมสาร 1-MCP เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ด้วยวิธีวิเคราะห์ Kaplan-Meier	106
26	ความน่าจะเป็นในการยอมรับทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งแต่งพร้อมบริโภคที่ไม่รมสาร 1-MCP เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ด้วยวิธีวิเคราะห์ Kaplan-Meier	107
27	ความน่าจะเป็นในการยอมรับทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งแต่งพร้อมบริโภคที่รมสาร 1-MCP เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 14 องศาเซลเซียส ด้วยวิธีวิเคราะห์ Kaplan-Meier	108
28	ความน่าจะเป็นในการยอมรับทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งแต่งพร้อมบริโภคที่ไม่รมสาร 1-MCP เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 14 องศาเซลเซียส ด้วยวิธีวิเคราะห์ Kaplan-Meier	109
29	ความน่าจะเป็นในการยอมรับทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งแต่งพร้อมบริโภคที่รมสาร 1-MCP เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส ด้วยวิธีวิเคราะห์ Kaplan-Meier	110
30	ความน่าจะเป็นในการยอมรับทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งแต่งพร้อมบริโภคที่ไม่รมสาร 1-MCP เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส ด้วยวิธีวิเคราะห์ Kaplan-Meier	111

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
31	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) จากการวิเคราะห์สมการถดถอยแบบ Cox หลายตัวแปร ของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รมสาร 1-MCP เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 องศาเซลเซียส	116
32	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) จากการวิเคราะห์สมการถดถอยแบบ Cox หลายตัวแปร ของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รมสาร 1-MCP เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 องศาเซลเซียส	119
33	การทำนายอายุการเก็บรักษาของทุเรียนตัดแต่งที่รมสาร 1-MCP จากการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นในการรอดชีพ (Survival analysis) ด้วยวิธีตารางชีพและวิธี Kaplan-Meier ที่ระดับการยอมรับร้อยละ 50	123
34	การทำนายอายุการเก็บรักษาของทุเรียนตัดแต่งที่ไม่รมสาร 1-MCP จากการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นในการรอดชีพ (Survival analysis) ด้วยวิธีตารางชีพและวิธี Kaplan-Meier ที่ระดับการยอมรับร้อยละ 50	124

ตารางผนวกที่

ฉ1	ความเข้มข้นของสารระเหยที่พบในทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	151
ฉ2	ความเข้มข้นของสารระเหยที่พบในทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รมสาร 1-MCP เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	156
ฉ3	Correlaton matrix ของสารระเหยให้กลิ่นของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รมสาร 1-MCP เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	161
ฉ4	Correlaton matrix ของสารระเหยให้กลิ่นของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ไม่รมสาร 1-MCP เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	163
ช1	ค่า R^2 ที่ปฏิกิริยาอันดับศูนย์, หนึ่ง และสองของการเปลี่ยนแปลงค่าคุณภาพในทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รมสาร 1-MCP เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 องศาเซลเซียส	166

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่ **หน้า**

ช2 ค่า R^2 ที่ปฏิกิริยาอันดับศูนย์, หนึ่ง และสองของการเปลี่ยนแปลงค่าคุณภาพในทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 องศาเซลเซียส 169

ซ1 ตารางชีพแสดงความน่าจะเป็นในการยอมรับทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งแต่งพร้อมบริโภคที่รมสาร 1-MCP เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส 173

ซ2 ตารางชีพแสดงความน่าจะเป็นในการยอมรับทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งแต่งพร้อมบริโภคที่ไม่รมสาร 1-MCP เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส 174

ซ3 ตารางชีพแสดงความน่าจะเป็นในการยอมรับทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งแต่งพร้อมบริโภคที่รมสาร 1-MCP เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 14 องศาเซลเซียส 175

ซ4 ตารางชีพแสดงความน่าจะเป็นในการยอมรับทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งแต่งพร้อมบริโภคที่ไม่รมสาร 1-MCP เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 14 องศาเซลเซียส 176

ซ5 ตารางชีพแสดงความน่าจะเป็นในการยอมรับทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งแต่งพร้อมบริโภคที่รมสาร 1-MCP เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส 177

ซ6 ตารางชีพแสดงความน่าจะเป็นในการยอมรับทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งแต่งพร้อมบริโภคที่ไม่รมสาร 1-MCP เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส 178

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แผนภาพแสดงกระบวนการตัดแต่งผักและผลไม้โดยทั่วไป	11
2	ขั้นตอนการอ่อนตัวในเนื้อเยื่อของผลไม้	17
3	กระบวนการสังเคราะห์และบทบาทของเอทิลีน	22
4	กลไกการจับตัวกันระหว่าง ethylene กับ receptor	23
5	กลไกการจับตัวกันระหว่าง 1-MCP กับ receptor	24
6	Survival curve	29
7	การจัดเรียงเนื้อทุเรียนภายในตู้รมสาร 1-MCP	36
8	การเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ของค่าสี L* ของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รมและไม่ได้รมสาร 1-MCP ที่เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (A), 14 องศาเซลเซียส (B) และ 24 องศาเซลเซียส (C)	45
9	การเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ของค่าสี a* ของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รมและไม่ได้รมสาร 1-MCP ที่เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (A), 14 องศาเซลเซียส (B) และ 24 องศาเซลเซียส (C)	46
10	การเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ของค่าสี b* ของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รมและไม่ได้รมสาร 1-MCP ที่เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (A), 14 องศาเซลเซียส (B) และ 24 องศาเซลเซียส (C)	47
11	การเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ของค่าความแน่นเนื้อของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รมและไม่ได้รมสาร 1-MCP ที่เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (A),14 องศาเซลเซียส (B) และ 24 องศาเซลเซียส (C)	48
12	การเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble Solids) ของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รมและไม่ได้รมสาร 1-MCP ที่เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (A), 14 องศาเซลเซียส (B) และ 24 องศาเซลเซียส (C)	50
13	การเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ของกรดที่ไทเทรตได้ (Titratable acids) ของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รมและไม่ได้รมสาร 1-MCP ที่เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (A) 14 องศาเซลเซียส (B) และ 24 องศาเซลเซียส (C)	52

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
14	การเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์อัตราส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รมและไม่ได้รมสาร 1-MCP เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (A), 14 องศาเซลเซียส (B) และ 24 องศาเซลเซียส (C)	54
15	การเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ของกิจกรรมเอนไซม์ Polygalacturonase (PG) ของของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รมและไม่ได้รมสาร 1-MCP ที่เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (A), 14 องศาเซลเซียส (B) และ 24 องศาเซลเซียส (C)	56
16	การเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ของความเข้มข้นของสารให้กลิ่น 1-Propanethiol ในทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รมและไม่ได้รมสาร 1-MCP เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	62
17	การเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ของความเข้มข้นของสารให้กลิ่น Diethyl disulfide ในทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รมและไม่ได้รมสาร 1-MCP เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	62
18	การเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ของความเข้มข้นของสารให้กลิ่น Ethyl-2-methyl butanoate ในทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รมและไม่ได้รมสาร 1-MCP เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	63
19	การเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ของความเข้มข้นของสารให้กลิ่น Ethyl propanoate ในทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รมและไม่ได้รมสาร 1-MCP เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	63
20	การเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รมและไม่ได้รมสาร 1-MCP เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (A), 14 องศาเซลเซียส (B) และ 24 องศาเซลเซียส (C)	68
21	การเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ของค่าปริมาณก๊าซออกซิเจนของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รมและไม่ได้รมสาร 1-MCP เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (A), 14 องศาเซลเซียส (B) และ 24 องศาเซลเซียส (C)	70

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
22	การเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ของค่าปริมาณก๊าซเอทิลีนของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รมและไม่ได้รมสาร 1-MCP เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (A), 14 องศาเซลเซียส (B) และ 24 องศาเซลเซียส (C)	72
23	การเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ของการสูญเสียน้ำหนักของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รมและไม่ได้รมสาร 1-MCP ที่เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (A), 14 องศาเซลเซียส (B) และ 24 องศาเซลเซียส (C)	65
24	แผนภาพ Bi-plot แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าคุณภาพทางกายภาพ, เคมี, สรีรวิทยา และจุลินทรีย์ ร่วมกับทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รมสาร 1-MCP เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4 (4°C-d), 14 (14°C-d) และ 24 (24°C-d) องศาเซลเซียส ในระยะเวลาการเก็บรักษา (d) ต่างๆ	95
25	แผนภาพ Bi-plot แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าคุณภาพทางกายภาพ, เคมี, สรีรวิทยา และจุลินทรีย์ ร่วมกับทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ไม่ได้รมสาร1-MCP เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4 (4°C-d), 14 (14°C-d) และ 24 (24°C-d) องศาเซลเซียส ในระยะเวลาการเก็บรักษา (d) ต่างๆ	96
26	ความน่าจะเป็นในการยอมรับสะสมของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รมสาร 1-MCP เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 องศาเซลเซียส ด้วยวิธีวิเคราะห์ตารางชีพ (Life Table)	102
27	อัตราเสี่ยงสะสมของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รมสาร 1-MCP เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 องศาเซลเซียส ด้วยวิธีวิเคราะห์ตารางชีพ (Life Table)	103
28	ความน่าจะเป็นในการยอมรับสะสมของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 องศา-เซลเซียส ด้วยวิธีวิเคราะห์ตารางชีพ (Life Table)	104
29	อัตราเสี่ยงสะสมของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 องศาเซลเซียส ด้วยวิธีวิเคราะห์ตารางชีพ (Life Table)	105

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
30	ความน่าจะเป็นในการยอมรับสะสมของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รมสาร 1-MCP เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 องศาเซลเซียส ด้วยวิธีวิเคราะห์ Kaplan-Meier	112
31	อัตราเสี่ยงสะสมของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รมสาร 1-MCP เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 องศาเซลเซียส ด้วยวิธีวิเคราะห์ Kaplan-Meier	113
32	ความน่าจะเป็นในการยอมรับสะสมของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 องศาเซลเซียส ด้วยวิธีวิเคราะห์ Kaplan-Meier	114
33	อัตราเสี่ยงสะสมของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 องศาเซลเซียส ด้วยวิธีวิเคราะห์ Kaplan-Meier	115
34	ความน่าจะเป็นในการยอมรับสะสมโดยรวมของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รมสาร 1-MCP เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 องศาเซลเซียส จากวิธีวิเคราะห์สมการถดถอยแบบ Cox หลายตัวแปร (Multivariate analysis by Cox regression)	117
35	อัตราเสี่ยงสะสมโดยรวมของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รมสาร 1-MCP เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 องศาเซลเซียส จากวิธีวิเคราะห์สมการถดถอยแบบ Cox หลายตัวแปร (Multivariate analysis by Cox regression)	118
36	ความน่าจะเป็นในการยอมรับสะสมโดยรวมของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 องศา-เซลเซียส จากวิธีวิเคราะห์สมการถดถอยแบบ Cox หลายตัวแปร (Multivariate analysis by Cox regression)	120

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
37	อัตราเสี่ยงสะสมโดยรวมของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 องศาเซลเซียส จากวิธีวิเคราะห์สมการถดถอยแบบ Cox หลายตัวแปร (Multivariate analysis by Cox regression)	121

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อิทธิพลของสาร 1-MCP ต่อคุณภาพของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภค ระหว่างการเก็บรักษา

The Effect of 1-Methylcyclopropene on the Qualities of Fresh-cut Durian cv. Chanee During Storage

คำนำ

ทุเรียนมีชื่อทางวิทยาศาสตร์คือ *Durio zibethinus Murr.* อยู่ในวงศ์ Bombacaceae มีถิ่นกำเนิดบริเวณหมู่เกาะอินเดียและในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ มีรายงานว่าคนไทยบริโภคทุเรียนมาไม่น้อยกว่า 300 ปีแล้ว (นิรนาม, ม.ป.ป) โดยในปัจจุบันมีทุเรียนเพียงไม่กี่สายพันธุ์เท่านั้นที่ได้รับความนิยมในท้องตลาด เช่น หมอนทอง ชะนี ก้านยาว กระดุมทอง เป็นต้น ทุเรียนจัดได้ว่าเป็นไม้ผลที่สามารถปลูกได้แทบทุกภูมิภาคของประเทศไทย โดยแหล่งปลูกที่สำคัญในเชิงการค้าคือ ภาคตะวันออกและภาคใต้ (กรมวิชาการเกษตร, 2547) ด้วยรสชาติอันเป็นเอกลักษณ์ทำให้ทุเรียนกลายเป็นผลไม้ที่เป็นที่นิยมในหลายประเทศ สังเกตจากปริมาณการส่งออกทุเรียนไปสู่ตลาดต่างประเทศมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นทุกปี นำรายได้เข้าสู่ประเทศเป็นจำนวนมาก (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2556) แต่ก็ยังมีปัญหาในเรื่องการส่งออกเนื่องจากทุเรียนเป็นผลไม้เขตร้อนซึ่งจัดอยู่ในกลุ่ม Climacteric fruits คือเมื่อเข้าสู่กระบวนการสุก จะมีการผลิตก๊าซเอทิลีนเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพต่างๆ เช่น กลิ่น สี เนื้อสัมผัส เกิดการสุกขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้มีอายุการเก็บรักษาสั้น

ปัจจุบันการบริโภคผลไม้ตัดแต่งได้รับความนิยมมากขึ้นด้วยเหตุที่วิถีชีวิตของผู้บริโภคในปัจจุบันที่ต้องแข่งขันกับเวลา ต้องการความสะดวกรวดเร็วในด้านต่างๆ ผลิตภัณฑ์ผลไม้ตัดแต่งจึงเป็นผลิตภัณฑ์ผลไม้สดที่ง่ายและสะดวกต่อการบริโภค ในส่วนของตลาดต่างประเทศ ผลไม้ที่ตัดแต่งพร้อมบริโภคนั้นจะเพิ่มความสะดวกเป็นอย่างมากในด้านการขนส่ง เนื่องจากทำให้การจัดเรียงทำได้ง่ายและสะดวก อีกทั้งปริมาณในการขนส่งต่อครั้งเพิ่มสูงขึ้นด้วย (จริงแท้, 2546)

ในระหว่างการสุกของผลไม้ เอทิลีนนับว่ามีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการสุก โดยเฉพาะผลไม้ในกลุ่ม Climacteric ซึ่งจะไปกระตุ้นให้เกิดการเสื่อมสภาพที่เร็วขึ้น ในปี 1996 คณะวิจัยชาวสหรัฐอเมริกาได้ค้นพบสาร 1–methylcyclopropene (1-MCP) ซึ่งมีความสามารถในการยับยั้งการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สร้างและทำงานของเอทิลีนได้ โดยมีคุณลักษณะอยู่ในรูปก๊าซ ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น และมีความเป็นพิษต่ำมาก โดยมีรายงานว่าสาร 1-MCP สามารถป้องกันความเสียหายของไม้ดอกไม้ประดับได้ และต่อมาได้มีการนำสาร 1-MCP มาทดลองใช้ในผลไม้ พบว่า ทำให้อัตราการหายใจลดลงส่งผลให้กระบวนการอ่อนนุ่มระหว่างการสุกของผลไม้ลดลงในผลไม้หลายชนิด (จริงแท้, 2549)

ต้นวงศ์ (2549) ได้ทำการศึกษาการรมเนื้อทุเรียนพันธุ์หมอนทองด้วย 1-MCP แล้วบรรจุถาดโฟมหุ้มด้วยฟิล์ม PVC และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่า การรมเนื้อทุเรียนพร้อมบริโภคด้วยสาร 1-MCP ความเข้มข้น 50 ppb สามารถลดปริมาณก๊าซเอทิลีนในบรรจุภัณฑ์ เนื่องจากไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ ACC oxidase และการลดลงของกิจกรรมของเอนไซม์ Polygalacturonase และ Lipoxygenase ได้ส่งผลให้สามารถชะลอการสูญเสียความแน่นเนื้อ นอกจากนี้ ยังสามารถชะลอการลดลงของปริมาณแป้งและการเพิ่มขึ้นของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ต่อมาศิริกาญจน์ (2554) ได้ทำการศึกษาถึงอิทธิพลของสาร 1-MCP ที่มีต่อคุณภาพของทุเรียนพันธุ์หมอนทองตัดแต่งพร้อมบริโภคระหว่างการเก็บรักษา พบว่า 1-MCP มีอิทธิพลต่อคุณภาพทั้งด้านกายภาพ เคมี สรีรวิทยา และจุลินทรีย์ โดยทุเรียนตัดแต่งที่รมสารมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพช้ากว่าทุเรียนตัดแต่งที่ไม่ได้รมสาร ซึ่งก็ให้ผลสอดคล้องกับรายงานวิจัยของต้นวงศ์ การรมสาร 1-MCP สามารถยืดอายุการเก็บรักษาของทุเรียนตัดแต่งพร้อมบริโภคได้

ทุเรียนพันธุ์ชะนีเป็นทุเรียนสายพันธุ์หนึ่งที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภค อย่างไรก็ตาม งานวิจัยที่ทำการศึกษาเกี่ยวกับทุเรียนสายพันธุ์นี้ยังมีอยู่น้อย ดังนั้นโครงการวิจัยนี้จึงมีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาอิทธิพลของสาร 1-MCP และอุณหภูมิต่อคุณภาพของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภค และเพื่อประเมินอายุการเก็บรักษาของทุเรียนตัดแต่งพันธุ์ชะนีพร้อมบริโภคในระหว่างการเก็บรักษา โดยหวังว่าจะเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้ประกอบการและผู้ที่สนใจนำองค์ความรู้ที่ได้จากงานวิจัยนำไปประยุกต์และเพื่อให้ผู้บริโภคได้มีทางเลือกในการบริโภคทุเรียนได้หลากสายพันธุ์ยิ่งขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์

1) เพื่อศึกษาอิทธิพลของสาร 1-methylcyclopropene ที่มีต่อคุณภาพของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคในระหว่างการเก็บรักษา

2) เพื่อศึกษาสมการจลนพลศาสตร์และประเมินอายุการเก็บของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคในระหว่างการเก็บรักษา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจเอกสาร

1. ทุเรียน

ทุเรียน (Durian) ชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Durio zibethinus Murr.* อยู่ในวงศ์ Bombacacea มีถิ่นกำเนิดบริเวณหมู่เกาะอินเดีย ในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เป็นไม้ผลที่มีขนาดผลใหญ่ มีหนามแหลม รสชาติหวานมัน และได้ชื่อว่าเป็นราชาของผลไม้ (King of the fruits) ทุเรียนเป็นผลไม้ที่ได้รับความนิยม มีตลาดทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ สำหรับในประเทศไทยมีรายงานว่ามีการบริโภคทุเรียนมาไม่น้อยกว่า 300 ปีแล้ว โดยในปัจจุบันทุเรียนพันธุ์การค้าที่สำคัญของประเทศไทยมี 4 สายพันธุ์ (กรมวิชาการเกษตร, 2547) ได้แก่

1.1 พันธุ์ชะนี

ทรงพุ่มทึบ รูปฉัตร กิ่งถี่ ทรงพุ่มค่อนข้างแคบ แตกกิ่งเป็นระเบียบ ใบเล็กทรงยาวรูปไข่ (oval-oblong) ปลายใบสั้นสอบแหลม (acuminate-acute) หรือสอบแหลม (acuminate) ฐานใบมนออกแหลม (acute) หรือ มน (obtuse) ผลเป็นรูปทรงกระบอก (cylindroidal) หรือทรงไข่ ปลายแหลม ขนาดผลปานกลาง กลางผลป่อง (ellipsoidal) พูเห็นเด่นชัด ร่องพูไม่ลึก เนื้อละเอียดและเหนียว สีเหลืองเข้ม รสหวานมัน กลิ่นแรง แต่เนื้อไม่หนานัก ทนต่อโรครากเน่าและโคนเน่า (กรมวิชาการเกษตร, 2547)

1.2 พันธุ์หมอนทอง

ทรงพุ่มโปร่ง รูปฉัตรใบใหญ่ยาวเรียว (linear-oblong) ปลายใบเรียวแหลม (acuminate) ฐานใบแหลม (acute) ดอกเป็นดอกสมบูรณ์เพศ สีขาวอมเหลือง ออกดอกเป็นช่อประกอบด้วยดอกย่อย 3-30 ดอก ผลมีขนาดใหญ่ น้ำหนักผลตั้งแต่ 2.0-4.5 กิโลกรัม ทรงผลยาว (oblong) ก้นผลแหลม ไหล่ผลกว้าง พูเห็นชัดเจน เปลือกค่อนข้างบาง เนื้อหนา หยาบ สีเหลืองอ่อน รสหวานจัด กลิ่นน้อย ไม่ทนต่อโรครากเน่าโคนเน่า (กรมวิชาการเกษตร, 2547)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.3 พันธุ์ก้านยาว

ทรงรูปกรวย กิ่งยาว และมีนิสัยทิ้งกิ่งงาย ใบใหญ่ ปลายใบกว้างสอบมาทางโคนใบ (obovolanceolate) ปลายใบสอบแหลม (acuminate) ฐานในเรียวสอบออกแหลม (cuncate- acute) ผลทรงกลม (round) หรือทรงลิ้นจี่ (obovate) คือ ค่อนข้างยาว มีไหล่ผล ด้านขั้วผลกว้างและเรียวไปทางก้นผล ขนาดไม่โตนัก พูไม่เห็นเด่นชัด ก้านผลยาวเห็นได้ชัด เนื้อบาง สีเหลือง ละเอียดและเหนียว เมล็ดโต รสหวานมัน กลิ่นน้อย เนื้อไม่ค่อยแฉะเละ แม้ว่าจะสุกเกินไปบ้าง จำนวนเมล็ดมาก ไม่ทนต่อโรครากเน่าโคนเน่า (กรมวิชาการเกษตร, 2547)

1.4 พันธุ์กระดุมทอง

ทรงพุ่มโปร่ง รูปกรวย ใบใหญ่ รูปป้อมกลางใบ (elliptical) ปลายใบเรียวแหลมยาว (caudate-acuminate) ฐานใบกลม (obtuse) กว้างและสั้น ผลกลม เล็ก ร่องพูลึกคล้ายผลฟักทอง เปลือกค่อนข้างบาง หนามเล็กและถี่ เนื้อบาง สีเหลืองเข้ม รสหวานจัด ไม่ทนต่อโรครากเน่าโคนเน่า (กรมวิชาการเกษตร, 2547)

กรมวิชาการเกษตร (2538) ได้จัดแบ่งทุเรียนตามลักษณะอุปนิสัยในการรับประทานเนื้อทุเรียนสด โดยแบ่งผู้บริโภคออกได้ 4 กลุ่ม ตามระยะการสุกของเนื้อ คือ

1) กลุ่มที่นิยมเนื้อห่าม (ผลเริ่มสุก)
2) กลุ่มที่นิยมเนื้อนิ่มพอดี (สุกพอดี)
3) กลุ่มที่นิยมเนื้อนิ่มมากจนเกือบเละ (เริ่มงอม)
4) กลุ่มที่นิยมเนื้อเละจนเป็น “ปลาร้า” (งอมมาก)

เหตุใดผู้บริโภคชอบเนื้อทุเรียนแบบไหนนั้น คงเป็นการยากที่จะอธิบายได้ถูก ทั้งนี้อาจเป็นเรื่องของความชอบส่วนบุคคล ยกเว้นกลุ่มที่ 4 ซึ่งผู้บริโภคประเภทนี้มักอยู่ในบางประเทศ เช่น มาเลเซีย อินโดนีเซีย ซึ่งเก็บผลทุเรียนจากพื้นดินเป็นส่วนใหญ่ ไม่ได้เก็บเกี่ยวจากต้นอย่างประเทศไทย อย่างไรก็ดี ผู้บริโภคที่ชอบทานทุเรียนเนื้อ “ปลาร้า” ย่อมมีโอกาสดีกว่าพวกที่ชอบเนื้อนิ่มหรือเนื้อห่าม เพราะมีโอกาสรอให้ทุเรียนสุกจนตนชอบ ส่วนพวกอื่นๆ นั้น มีระยะเวลาสั้นในการที่จะรับประทานเนื้อทุเรียนในระยะนั้นๆ ทั้งนี้ความชอบดังกล่าวอาจเกิดจากพื้นฐานด้านวัฒนธรรมและความเคยชินมาตั้งแต่เยาว์วัย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ด้านโภชนาการทุเรียนถือเป็นผลไม้ที่ให้พลังงานสูง เนื่องจากในเนื้อทุเรียนมีการสะสมอาหารจำพวกคาร์โบไฮเดรตอยู่เป็นจำนวนมาก โดยเมื่อทำการเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการในทุเรียน 4 สายพันธุ์ ได้แก่ หมอนทอง ชะนี ก้านยาว และกระดุม พบว่า ทุเรียนพันธุ์ก้านยาวในพลังงานสูงที่สุด รองลงมาคือทุเรียนพันธุ์หมอนทอง ชะนี และกระดุม ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 1 คุณค่าทางโภชนาการของเนื้อทุเรียนพันธุ์หมอนทอง ชะนี ก้านยาว และกระดุม ปริมาณ 100 กรัม

พันธุ์	พลังงาน (กิโลแคลอรี)	คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	ไขมัน (กรัม)	โปรตีน (กรัม)	แคลเซียม (มิลลิกรัม)	ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม)	เหล็ก (มิลลิกรัม)	วิตามินเอ (RE)	ใยอาหาร (กรัม)	วิตามินซี (มิลลิกรัม)
หมอนทอง	163	31.2	3.3	2.1	29	34	1.1	8	1.4	35
ชะนี	148	24.7	4.4	2.5	8	35	1.1	41	2.4	28
ก้านยาว	187	35.1	4.1	2.5	18	36	0.8	22	1.7	34
กระดุม	134	20.5	4.3	3.3	49	27	2	20	1.2	-

ที่มา: สำนักโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข (2549)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. สถานการณ์ทุเรียนไทย และแนวโน้มการส่งออกปี 2556

2.1 การผลิต

จากรายงานของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2556) พบว่า ในปี 2551-2555 เนื้อที่ให้ผลผลผลิตและผลผลิตต่อไร่ลดลงจาก 667,437 ไร่ ผลผลิต 637,790 ตัน ผลผลิตต่อไร่ 956 กิโลกรัมในปี 2551 เหลือ 581,524 ไร่ผลผลิต 510,920 ตัน ผลผลิตต่อไร่ 879 กิโลกรัมในปี 2555 หรือลดลงร้อยละ 3.11 6.82 และ 3.83 ต่อปี ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

ปี 2556 คาดว่าจะมีเนื้อที่ให้ผล 579,790 ไร่ลดลงจาก 581,524 ไร่ ของปี 2555 ร้อยละ 0.30 ในขณะที่ผลผลิตคาดว่าจะมี 547,900 ตัน เพิ่มขึ้นจาก 510,920 ของปี 2555 ร้อยละ 7.24

ตารางที่ 2 เนื้อที่ให้ผล ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ทุเรียน

ปี	เนื้อที่ให้ผล (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)	ผลผลิตต่อไร่ (กิโลกรัม)
2551	667,437	637,790	956
2552	628,244	661,665	1, 053
2553	611,206	568,067	929
2554	603,340	508,603	843
2555	581,524	510920	879
อัตราเพิ่ม (ร้อยละ)	-3.11	-6.82	-3.83
2556*	579,790	547,900	954

หมายเหตุ * ประมาณการ

ที่มา: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2556)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.2 การส่งออก

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2556) รายงานว่า ไทยถือเป็นผู้ผลิตและผู้ส่งออกทุเรียนรายใหญ่ของโลกตลาดหลักสำคัญของไทยคือ สาธารณรัฐประชาชนจีน โดยส่งออกในรูปทุเรียนสดประมาณร้อยละ 90 ของการส่งออกทั้งหมดในปี 2551-2555 การส่งออกทุเรียนสดและผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นจากปริมาณ 222,560 ตัน (240,266 ตันสด) มูลค่า 3,824.23 ล้านบาทในปี 2551 เป็นปริมาณ 339,760 ตัน (346,000 ตันสด) มูลค่า 6,665 ล้านบาท ในปี 2555 หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 9.22 และ 13.11 ต่อปี ตามลำดับโดยรายละเอียดการส่งออกทุเรียนสดและผลิตภัณฑ์มีดังนี้

1) การส่งออกทุเรียนสดเพิ่มขึ้นจากปริมาณ 203,127 ตัน มูลค่า 3,131.90 ล้านบาท ในปี 2551 เป็นปริมาณ 325,000 ตัน มูลค่า 5,790 ล้านบาท ในปี 2555 หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 10.51 และ 14.50 ต่อปี ตามลำดับ

2) การส่งออกทุเรียนกวน ลดลงจากปริมาณ 2,598 ตัน มูลค่า 152.55 ล้านบาท ในปี 2551 เป็นปริมาณ 600 ตัน มูลค่า 60 ล้านบาท ในปี 2555 หรือลดลงร้อยละ 25.58 และ 15.11 ต่อปี ตามลำดับ

3) การส่งออกทุเรียนแช่แข็ง ปริมาณลดลงจาก 16,311 ตัน ในปี 2551 เหลือปริมาณ 13,800 ตัน ในปี 2555 หรือลดลงร้อยละ 6.35 ต่อปีขณะที่มูลค่าเพิ่มขึ้นจาก 416.73 ล้านบาท ในปี 2551 เป็นมูลค่า 650 ล้านบาท ในปี 2555 หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 10.42 ต่อปี ตามลำดับ

4) การส่งออกทุเรียนอบแห้งลดลงจากปริมาณ 524 ตัน ในปี 2551 เป็น 360 ตัน ในปี 2555 หรือลดลงร้อยละ 11.03 ต่อปีในขณะที่มูลค่าเพิ่มขึ้นจาก 123.05 ล้านบาท ในปี 2551 เป็น 165 ล้านบาท ในปี 2555 หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 5.04 ต่อปี ปี 2555 การส่งออกทุเรียนสดและผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นจากปริมาณ 289,665 ตัน (307,924 ตันสด) มูลค่า 5,589.20 ล้านบาท ของปี 2554 หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 17.29 และ 19.25 ตามลำดับ เนื่องจากความต้องการในตลาดต่างประเทศยังมีอยู่อย่างต่อเนื่องทั้งทุเรียนสดและผลิตภัณฑ์ โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์มีความต้องการมาก ทำให้ราคาผลิตภัณฑ์ทุเรียนอยู่ในระดับสูงจูงใจให้ผู้ประกอบการนำทุเรียนมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์และส่งออกเพิ่มมากขึ้น (ตารางที่ 3)

ในปี 2556 คาดว่าจะมีการส่งออกทุเรียนสดและผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นจากปีที่ผ่านมาร้อยละ 6.06 หรือประมาณ 360,360 ตัน (368,600 ตันสด) โดยแยกเป็น ทุเรียนสด 345,000 ตัน ทุเรียนแช่แข็ง 14,000 ตัน ทุเรียนกวนและอบแห้ง 1,360 ตัน (9,600 ตันสด) เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของผลผลิตรวมทั้งความต้องการทุเรียนสดและผลิตภัณฑ์ในตลาดต่างประเทศยังคงเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 3 การส่งออกทุเรียนแยกเป็นรายผลิตภัณฑ์

ปี	ทุเรียนสด		ทุเรียนกวน		ทุเรียนแช่แข็ง		ทุเรียนอบแห้ง		รวม	
	ปริมาณ (ตัน)	มูลค่า (ล้านบาท)	ปริมาณ (ตัน)	มูลค่า (ล้านบาท)	ปริมาณ (ตัน)	มูลค่า (ล้านบาท)	ปริมาณ (ตัน)	มูลค่า (ล้านบาท)	ปริมาณ (ตัน)	มูลค่า (ล้านบาท)
2551	203,127	3,131.90	2,598	152.55	16,311	416.73	524	123.05	222,559	3,824.23
2552	256,172	4,114.41	3,142	182.49	19,768	510.74	490	144.76	279,571	4,952.39
2553	207,501	3,690.34	3,421	234.48	15,440	560.64	366	142.44	226,728	4,627.91
2554	270,000	4,590.00	3,200	240.00	14,200	568.00	300	120.00	287,700	5,518.00
2555	325,000	5,790.00	600	60	13,800	650	360	165	339,760	6,665.00
อัตราเพิ่ม (ร้อยละ)	10.51	14.50	-25.58	-15.11	-6.35	10.42	-11.03	5.04	9.22	13.11
2556*	345,000	6,125.00	1,000	78.00	14,000	672.00	360	170.00	360,360	7,045.00

หมายเหตุ * ประมาณการ

อัตราแปลง ทุเรียนสด 10 กก. = ทุเรียนอบแห้ง 1 กก.

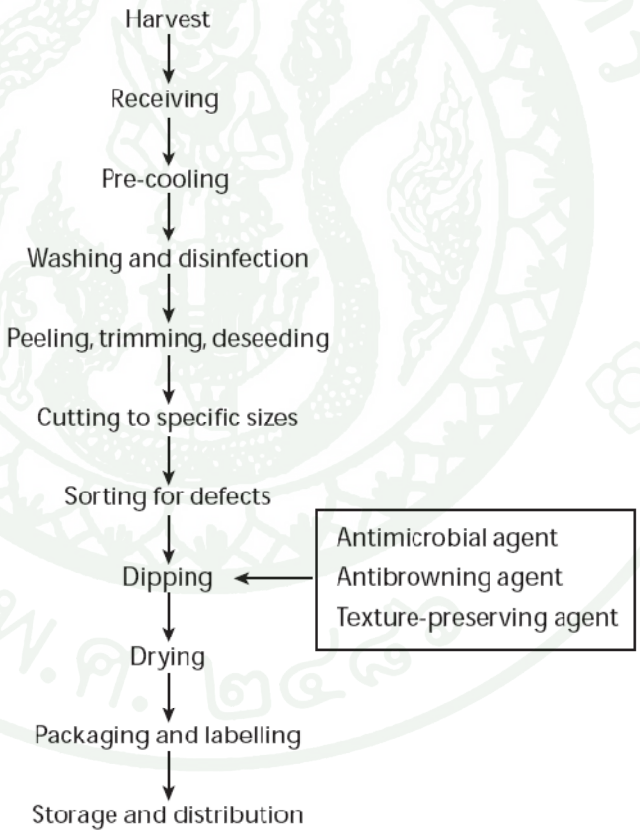
ทุเรียนสด 6 กก. = ทุเรียนกวน 1 กก.

ที่มา: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2556)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. ผลไม้ตัดแต่ง

ผลไม้ตัดแต่ง หมายถึง การนำผลไม้สดที่ผ่านการคัดเลือกคุณภาพมีความแก่-อ่อน ที่เหมาะสมในการบริโภค นำมาล้างทำความสะอาด ปอกเปลือกเจาะแกนตัดแต่งตำหนิ หั่นให้เป็นชิ้นและบรรจุ (ภาพที่ 1) ซึ่งผลไม้ตัดแต่งนั้นถือเป็นการแปรรูปขั้นต่ำ (minimal process) ดังนั้นผลิตภัณฑ์ผลไม้ตัดแต่งจึงเป็นผลิตภัณฑ์ผลไม้สดที่ง่ายและสะดวกต่อการบริโภค (Greve and Labavitch, 1991) สอดคล้องกับวิถีชีวิตของผู้บริโภคในปัจจุบันที่ต้องแข่งขันกับเวลา ต้องการความสะดวกรวดเร็วในด้านต่างๆ ผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภคจึงได้รับความนิยมสูงขึ้น ในส่วนของตลาดต่างประเทศ ผลไม้ที่ตัดแต่งพร้อมบริโภคนั้นจะเพิ่มความสะดวกเป็นอย่างมากในด้านการขนส่ง เนื่องจากทำให้การจัดเรียงทำได้ง่ายและสะดวก อีกทั้งปริมาณในการขนส่งต่อครั้งเพิ่มสูงขึ้นด้วย



ภาพที่ 1 แผนภาพแสดงกระบวนการตัดแต่งผักและผลไม้โดยทั่วไป

ที่มา: James and Ngarmsak (2010)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อย่างไรก็ตามผลไม้ตัดแต่งยังเป็นเนื้อเยื่อที่มีชีวิต ซึ่งยังคงกิจกรรมการมีชีวิตหรือมีปฏิกิริยาต่างๆ ภายในเซลล์เช่นเดียวกับผลไม้สด เช่น มีการหายใจอยู่ตลอดเวลา จึงยังคงมีกระบวนการสุกตามธรรมชาติ (Greve and Labavitch, 1991) ซึ่งก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลง ของเนื้อเยื่อในทางเสื่อมคุณภาพ เช่น การนิ่มขึ้นของเนื้อผลไม้ สีของผักหรือเนื้อผลไม้ที่ซีดลง และมีการเปลี่ยนแปลงของรสชาติ เป็นต้น อย่างไรก็ตามขั้นตอนในกระบวนการตัดแต่ง เช่น การปอกเปลือก การเจาะแกนตัดแต่งและการหั่นเป็นชิ้น ซึ่งเป็นขึ้นตอนในการแปรรูปผลิตภัณฑ์นี้จะทำให้ผลไม้เกิดบาดแผลหรือเซลล์เกิดความเสียหาย ซึ่งผลดังกล่าวนี้จะไปเร่งการเกิดปฏิกิริยาต่างๆ ของเซลล์ ทำให้ผลไม้ตัดแต่งเน่าเสียเร็วขึ้น และนอกจากนั้นอัตราการหายใจที่เพิ่มสูงขึ้นของเซลล์ที่ได้รับความเสียหาย จะส่งผลต่อการเร่งการสูญเสียน้ำของเซลล์ และการไม่มีผิวเปลือกห่อหุ้มผลิตผล จะส่งผลให้จุลินทรีย์จากภายนอกเข้าสู่ผลิตผลเกิดการเน่าเสียได้รวดเร็วมากยิ่งขึ้น ดังนั้น ในการแปรรูปผักและผลไม้ตัดแต่งจึงต้องมีการจัดการแนวทางในการผลิตที่ดี (Good Manufacturing Practice) อย่างเคร่งครัด และมีการควบคุมอุณหภูมิในการผลิตเพื่อลดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ นอกจากนั้นขั้นตอนเหล่านี้ควรจะเป็นกรรมวิธีที่ทำให้เนื้อเยื่อผลไม้เกิดการเสียหายน้อยที่สุด ดังนั้นอุปกรณ์และเทคนิคในการตัดแต่งจึงจำเป็นที่ต้องใช้ใบมีดที่มีความคมมากเพื่อลดความเสียหายเนื่องจากการฉีกขาดของเนื้อเยื่อ และรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้มีลักษณะผิวหน้าของชิ้นผลไม้ตัดแต่งให้คงลักษณะปรากฏที่ดึงดูดผู้บริโภคให้สนใจในตัวผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นคุณลักษณะลำดับต้นๆ ที่ผู้บริโภคส่วนใหญ่ใช้ตัดสินในการยอมรับหรือซื้อผลิตภัณฑ์ นอกเหนือไปจากรสชาติ เนื้อสัมผัสความสดกรอบของผลิตภัณฑ์ผลไม้ตัดแต่ง (จริงแท้, 2546)

สำหรับผลทุเรียนซึ่งมีขนาดใหญ่ โดยทั่วไปหนัก 2-4 กิโลกรัม ราคาในปัจจุบันแม้ว่าจะถูกลงมากเมื่อเทียบกับในอดีต แต่ก็นับว่ายังมีราคาแพง โดยเฉพาะเมื่อเทียบกับปริมาณส่วนเนื้อที่รับประทานได้เพียง 30-50% ของน้ำหนักผลเท่านั้น ยิ่งไปกว่านั้นคุณภาพภายในของผลทุเรียนยังค่อนข้างแปรปรวนค่อนข้างมาก โดยเฉพาะในพันธุ์ชะนีเนื้อภายในอาจมีอาการแกรน ไส้ซึม หรือเต่าเผา ซึ่งตรวจสอบไม่ได้จากภายนอก และโดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหาทุเรียนอ่อนในตอนต้นฤดูซึ่งผลิตผลมีราคาสูง ซึ่งทำให้ตลาดทุเรียนไทยในต่างประเทศเสียมาแล้วเป็นอันมาก

การเปิดผลทุเรียนทำได้ไม่ง่ายนักเพราะทุเรียนมีหนามแหลมคม ถึงแม้ว่าในที่สุดทุเรียนจะแตกออกเอง แต่คนไทยไม่นิยมรับประทานทุเรียนที่ผลแตกแล้วเพราะเนื้อนิ่มเละ กลิ่นแรง หรือเป็นปลาร้า การเปิดผลทุเรียนในขณะที่ผลเพิ่งเริ่มสุกจึงต้องอาศัยความชำนาญพอสมควร ในระยะหลังการเปิดผลทุเรียนจึงมักใช้วิธีการผ่าเอาเนื้อทุเรียนออกมากกว่าการฉีกเปิดออก หลังจากแกะเอาเนื้อ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ออกจากพูแล้ว ผู้ขายมักใช้กระดาษสีขาวห่อปิดบริเวณรอยตัดออกจากไส้กลางผล แล้ววางลงบนถาดโฟมหรือถาดพลาสติก แล้วห่อด้วยพลาสติกใส

ปัญหาสำคัญในการเก็บรักษาเนื้อทุเรียนคือ เชื้อราและแบคทีเรียที่มักเจริญเติบโตอยู่บริเวณแผลที่เกิดจากการแยกเนื้อออกจากไส้กลางของผล ส่วนบริเวณอื่นๆ นั้นมักไม่ค่อยเป็นปัญหา เพราะมีเซลล์ epidermis และมี cuticle ปกคลุมอยู่ ยกเว้นแต่ว่ามีบาดแผลเกิดขึ้น เชื้อโรคก็อาจเจริญเติบโตขึ้นได้ในบริเวณนั้น (จริงแท้, 2546) โดยสำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหาร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ได้กำหนดเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารดิบที่เตรียมหรือปรุงในสภาพบริโภคได้ทันที (ผัก ผลไม้ สลัด และส้มตำ) ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 เกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารดิบที่เตรียมหรือปรุงในสภาพบริโภคได้ทันที (ผัก ผลไม้ สลัด และส้มตำ)

ชนิดจุลินทรีย์	ค่ากำหนด (CFU/gram)
จำนวนจุลินทรีย์/กรัม	น้อยกว่า 1×10^6
จำนวนรา/กรัม	น้อยกว่า 500
จำนวนยีสต์/กรัม	น้อยกว่า 1×10^4
MPN *Escherichia* coli/กรัม	น้อยกว่า 100
Staphylococcus aureus/กรัม	น้อยกว่า 100
Salmonella spp./25 กรัม	ไม่พบ
Listeria monocytogenes/25 กรัม	ไม่พบ

ที่มา: สำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหาร (2555)

มีหลายวิธีที่จะช่วยคงคุณภาพของผลไม้ตัดแต่ง เช่น การเก็บรักษาที่อุณหภูมิเย็น, การใช้บรรจุภัณฑ์ดัดแปลงสภาพบรรยากาศ (Modified atmosphere packaging), การเติมสารบางชนิดและการใช้สารเคลือบเพื่อป้องกันการเกิดสีน้ำตาลของผลไม้ตัดแต่ง การจุ่มสารบางชนิดเพื่อลดการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ เป็นต้น

จากรายงานการวิจัยของเพ็ชร์รัตน์ (2538) ซึ่งทำการเก็บรักษาผลทุเรียนพันธุ์ชะนีทั้งผล พบว่า อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิต่ำสุดที่จะเก็บรักษาผลทุเรียนได้โดยไม่เกิดอาการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สะท้านหนาวขึ้น แต่สำหรับเนื้อทุเรียนแล้วพบว่ามีความมีความทนทานมากกว่าทุเรียนทั้งผล สามารถเก็บรักษาได้ที่อุณหภูมิ 4-5 องศาเซลเซียส นาน 6 สัปดาห์ โดยที่ยังมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับได้ ด้านการศึกษาทางสรีรวิทยาของเนื้อทุเรียนโดยเฉพาะพบว่า กระบวนการสุกของเนื้อทุเรียนแยกต่างหากจากเปลือก มีอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนต่ำกว่าเปลือกถึง 1 ใน 5 และ 1 ใน 100 ตามลำดับ

ต้นวงศ์ (2549) ได้ศึกษาผลของอุณหภูมิและชนิดของฟิล์มต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของทุเรียนพันธุ์หมอนทองตัดแต่ง พบว่า การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส สามารถลดการสะสมปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรจุภัณฑ์ได การหุ้มถาดทุเรียนตัดแต่งพร้อมบริโภคด้วยฟิล์มชนิด LLDPE ช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักและลดการสะสมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรจุภัณฑ์ โดยเนื้อทุเรียนที่หุ้มด้วยฟิล์ม PVC และ LLDPE และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีอายุการวางจำหน่ายนาน 36 วัน ในขณะที่เนื้อทุเรียนพร้อมบริโภคเก็บรักษาที่ 8 องศาเซลเซียส มีอายุการวางจำหน่าย 28 วัน

มีรายงานการใช้สารประกอบในกลุ่มคลอรีนเพื่อลดจำนวนของเชื้อจุลินทรีย์ในผักและผลไม้ตัดแต่งหลายชนิด เช่น ในผักกาดหอม และกะหล่ำปลี (Zhang and Farber, 1996) ผักโขม (Pirovani *et al.*, 2000) บลอคโคลี (Behrsing *et al.*, 2000) และแคนตาลูป (Ayhan *et al.*, 1998) เป็นต้น อย่างไรก็ตาม การใช้สารประกอบในกลุ่มคลอรีนก็ก่อให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมมากมาย จึงมีหลายงานวิจัยที่นำสารประกอบที่ได้จากธรรมชาติมาใช้เพื่อลดจำนวนของเชื้อจุลินทรีย์ในผักและผลไม้ตัดแต่ง เช่น การนำกีวีและเมลอนตัดแต่งจุ่มในสารละลาย cravacrol หรือ cinamic acid ที่ความเข้มข้น 1 มิลลิโมล่าร์ ช่วยลดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ได้ 1.5 ถึง 4 log โดยไม่มีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัส (Roller and Seedhar, 2002) การจุ่มมะม่วงตัดแต่งในสารละลาย vanillin 0.18% (w/v) แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส ช่วยชะลอการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย ยีสต์ และรา โดยสามารถเก็บรักษาได้นาน 14 และ 7 วัน ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. กระบวนการสุกของผลไม้และเอนไซม์ที่เกี่ยวข้อง

การสุกของผลไม้เป็นกระบวนการที่น่าสนใจ เพราะนอกจากจะเกิดขึ้นได้ภายหลังจากการเก็บเกี่ยวจากต้นและสามารถเร่งให้เกิดเร็วขึ้นด้วยเอทิลีนแล้ว ยังประกอบด้วยการเปลี่ยนแปลงหลายๆ อย่างเกิดขึ้นพร้อมๆ กัน ทั้งทางด้านกายภาพ เคมี และสรีระวิทยา

4.1 การเปลี่ยนแปลงของแป้งและน้ำตาล

แป้งมีสะสมอยู่ในผลิตผลภายใน plasmid ที่เรียกเฉพาะว่า amyloplast เพื่อเป็นแหล่งสะสมอาหารสำรองโดยเฉพาะในพืชหัว แต่ในผลไม้ก็มีการสะสมแป้งอยู่มาก เช่น ในกล้วย มะม่วง และทุเรียน เมื่อผลไม้สุก แป้งจะถูกเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของน้ำตาลทำให้ผลไม้มีรสหวานขึ้น โดยในทุเรียนพบว่าแป้งถูกเปลี่ยนเป็นน้ำตาลไปบางส่วนเท่านั้น ปริมาณแป้งนี้จะทำให้รสชาติของผลไม้ต่างกันไป เห็นได้ชัดในทุเรียนพันธุ์หมอนทองเมื่อสุกมีแป้งอยู่มากกว่าพันธุ์ชะนี รสชาติหวานมันกว่า ทำให้มีผู้นิยมทุเรียนหมอนทองมากกว่า (จริงแท้, 2546)

น้ำตาลในผักและผลไม้ที่สำคัญมีอยู่ 3 ชนิด คือ น้ำตาลซูโครส กลูโคส และฟรุกโตส ซึ่งพบสะสมอยู่ใน vacuole เป็นส่วนใหญ่ สัดส่วนของน้ำตาลแต่ละชนิดในผลผลิตต่างๆ แตกต่างกันออกไป บางชนิดก็มีซูโครสอยู่มาก แต่บางชนิดก็ไม่มีซูโครสอยู่เลย ทำให้รสชาติความหวานของผักและผลไม้ต่างชนิดต่างกันออกไป ภายหลังการเก็บเกี่ยวปริมาณน้ำตาลอาจเพิ่มขึ้นหรือลดลงแล้วแต่ชนิดของผลิตผลและสภาพแวดล้อม โดยปกติผลิตผลซึ่งมีการหายใจอยู่ตลอดเวลาจะใช้น้ำตาลเป็นแหล่งอาหารหรือพลังงานเป็นส่วนใหญ่ ทำให้ปริมาณน้ำตาลที่มีสะสมอยู่ลดน้อยลง (จริงแท้, 2546) จากรายงานของศิริกาญจน์ (2554) พบว่า ในทุเรียนพันธุ์หมอนทองตัดแต่งพร้อมบริโภค ปริมาณน้ำตาลกลูโคสและ ฟรุกโตส เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา สัมพันธ์กับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ที่เพิ่มสูงขึ้นขณะที่น้ำตาลซูโครสมีปริมาณลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเนื่องจากถูกไฮโดรไลส์ไปเป็นน้ำตาลกลูโคสและน้ำตาลฟรุกโตส เมื่อผลไม้เข้าสู่กระบวนการสุก

4.2 การเปลี่ยนแปลงของกรดอินทรีย์

ในขั้นตอนต่างๆ ของกระบวนการหายใจนั้น ประกอบไปด้วยโมเลกุลของกรดชนิดต่างๆ เช่น กรด pyruvic และกรดอื่นๆ แต่กรดที่พบในปริมาณมากในผักและผลไม้ก็คือ กรด citric

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

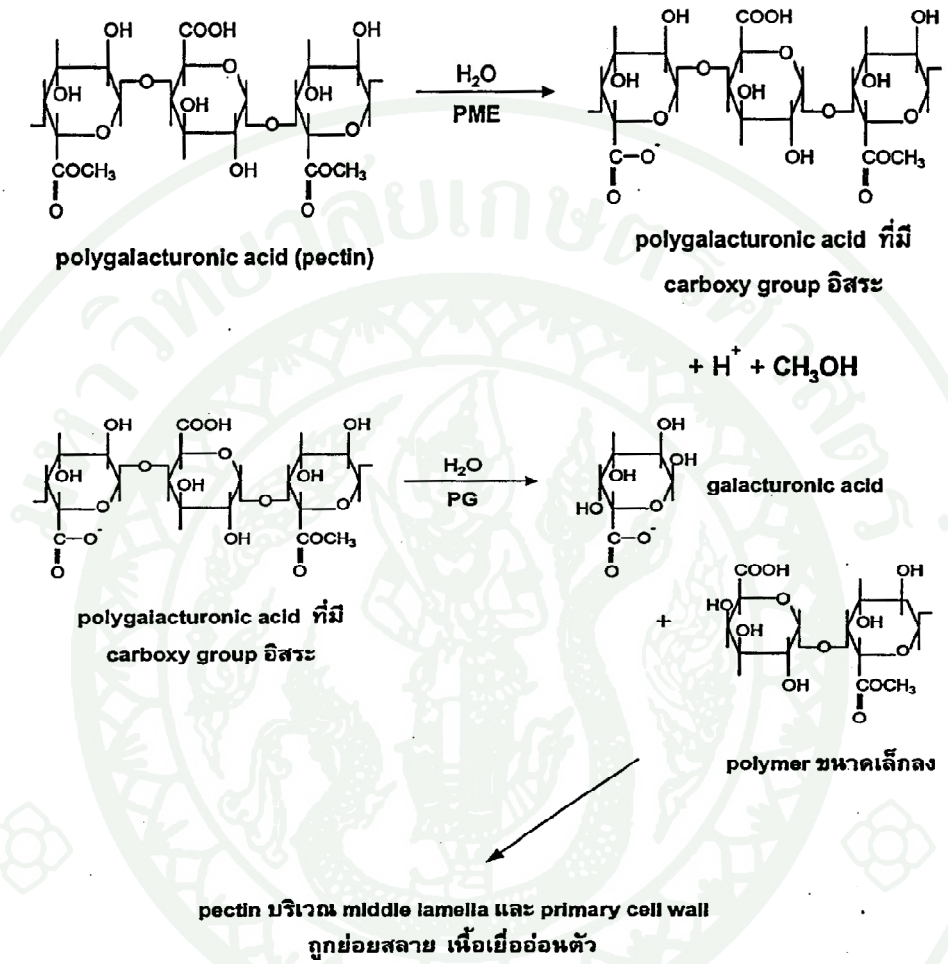
และกรด malic โมเลกุลของกรดเหล่านี้มีกลุ่มของ carboxylic เป็นองค์ประกอบที่ให้ความเป็นกรด โดยกรดอินทรีย์เหล่านี้มักถูกเก็บสะสมไว้ใน vacuole ในปริมาณมากและมีบทบาทสำคัญในการให้รสชาติของผลไม้ โดยทั่วไปในขณะที่ผลไม้ยังอ่อนจะมีปริมาณกรดอยู่สูง ทำให้ไม่เหมาะกับการรับประทานและในขณะเดียวกันก็อาจทำให้ไม่เหมาะต่อการเข้าทำลายของโรคด้วย เพราะสภาพที่มีกรดสูงทำให้มี pH ต่ำ ไม่เหมาะต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ เมื่อผลไม้สุกปริมาณกรดมักจะต่ำลง ทำให้เหมาะต่อการบริโภคของทั้งมนุษย์และสัตว์ชนิดต่างๆ กรดจึงมีส่วนช่วยในการป้องกันรักษาผลไม้ระหว่างการเจริญเติบโต และภายหลังการเก็บเกี่ยวปริมาณกรดภายในผลไม้ลดลงกรดอินทรีย์จึงมีบทบาททำให้ผลไม้มีรสชาติที่ดีขึ้น (จริงแท้, 2546) จากงานวิจัยของเบญจมาสและคณะ (2550) และงานวิจัยของศิริกาญจน์ (2554) ในผลสอดคล้องไปในทิศทางเดียวกัน โดยพบว่า เนื้อทุเรียนพันธุ์หมอนทองมีปริมาณของกรดที่ไทเทรตได้ลดลงเมื่อเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น

4.3 การอ่อนนุ่ม

ผลไม้แทบทุกชนิดเมื่อเจริญเติบโตจนถึงขั้นบริบูรณ์ (mature) แล้วจะเริ่มอ่อนนุ่มลง โดยเฉพาะเมื่อกระบวนการสุกเกิดขึ้นและบางชนิดการอ่อนนุ่มเกิดขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเจน ได้แก่ ผลไม้ประเภท climacteric เช่น ทุเรียน กล้วย และมะม่วง แต่อีกหลายชนิดการอ่อนนุ่มเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อย ได้แก่ ผลไม้ประเภท non climacteric เช่น ส้ม และสับปะรด โดยปกติผนังเซลล์ในผักและผลไม้มีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ ซึ่งภายในผนังเซลล์ประกอบด้วยเซลลูโลส (cellulose) เฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) และเพกทิน (pentin) เมื่อผลไม้เข้าสู่กระบวนการสุก เนื้อผลไม้จะมีลักษณะนิ่มลงเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของเพกทิน ที่เปลี่ยนจากรูปไม่ละลายน้ำ มาอยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเกิดขึ้นเนื่องจากการทำงานของเอนไซม์ poly-galacturonase (PG) และ pectin methylesterase (PME) (ภาพที่ 2) และเอนไซม์ β-galactosidase ช่วยย่อยเฮมิเซลลูโลส (จริงแท้, 2546) รายงานวิจัยของธิราในปี 2538 ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมของเอนไซม์ PG, PME, cellulase และ β-galactosidase ของทุเรียนพันธุ์ชะนีและพันธุ์หมอนทอง จากการทดสอบพบว่า การอ่อนตัวของเนื้อทุเรียนทั้งสองพันธุ์ สอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของกิจกรรมเอนไซม์ PG และ PME โดยในทุเรียนพันธุ์ชะนีมีกิจกรรมของเอนไซม์ PG และ PME สูงกว่าทุเรียนพันธุ์หมอนทอง การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์ cellulase ค่อนข้างคงที่และเอนไซม์ β-galactosidase มีแนวโน้มไม่เปลี่ยนแปลง ภายหลังศิริกาญจน์ (2554) ได้ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัมผัสด้านความแน่นเนื้อของทุเรียนพันธุ์หมอนทองตัดแต่งที่รมและไม่รมสาร 1-MCP พบว่า ทุเรียนที่รมและไม่รมสาร 1-MCP มีการเปลี่ยนแปลงของค่าความแน่นเนื้อลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยสัมพันธ์กับค่ากิจกรรมของเอนไซม์ PG ที่เพิ่มสูงขึ้น ทุเรียน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตัดแต่งที่รมสาร 1-MCP มีการเปลี่ยนแปลงที่ช้ากว่าทุเรียนที่ไม่รมสาร 1-MCP การรมสาร 1- MCP มีผลทำให้กิจกรรมของเอนไซม์ PG ลดลง ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับงานวิจัยของต้นวงศ์ (2549)



ภาพที่ 2 ขั้นตอนการอ่อนตัวในเนื้อเยื่อของผลไม้

ที่มา: Kays (1991)

4.4 สารระเหย

ผลไม้มีน้ำเป็นองค์ประกอบเสียส่วนใหญ่กว่า 70% ส่วนที่เหลือมักจะเป็นกรดน้ำตาล หรือแป้งซึ่งให้รสชาติของผลไม้ แต่สำหรับกลิ่นซึ่งเป็นกลิ่นเฉพาะของผลไม้แต่ละอย่างนั้น เกิดจากสารระเหย (volatiles) ซึ่งมีอยู่มากมายหลายชนิดในผลไม้ เป็นสารอินทรีย์ที่ถูกสังเคราะห์ขึ้น ส่วนใหญ่มีโมเลกุลขนาดเล็ก น้ำหนักโมเลกุลไม่เกิน 250 และมักมีปริมาณน้อยกว่า 100 ppm

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เท่านั้น ปริมาณและชนิดสารระเหยในแต่ละระยะการเจริญเติบโตของผลไม้จะมีอยู่ไม่เหมือนกัน มีทั้งที่เป็น aldehyde, ketone, ester ฯลฯ โดยปกติเมื่อผลไม้สุกจะมีทั้งปริมาณและชนิดของสารระเหยมากขึ้น แต่ตัวสารที่ทำให้เกิดกลิ่นเฉพาะของผลไม้นั้นมีเพียงไม่กี่ชนิด ตัวอย่างเช่น ในกล้วยหอมจำนวนสารระเหยมีมากกว่า 300 ชนิด แต่สารให้กลิ่นของกล้วยที่สำคัญได้แก่ 2-hexanal ในกล้วยที่ยังเขียวอยู่ และ eugenol ในกล้วยสุก และ isopentanol ในกล้วยที่งอมแล้ว เป็นต้น

จากรายงานของ Chin *et al*. (2007) ได้ทำการศึกษากลิ่นในเนื้อทุเรียนมาเลเซียโดยใช้ Headspace solid phase microextraction (SPME) ร่วมกับการวิเคราะห์โดย Gas chromatography mass spectrometry (GC-MS) ซึ่งพบว่าในเนื้อทุเรียนมีสารระเหยหรือสารให้กลิ่นทั้งหมด 39 ชนิด โดยเป็นกลุ่มของสารประกอบในกลุ่ม ester 22 ชนิด สารประกอบกลุ่ม alkanes ที่มีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบ 9 ชนิด สารประกอบกลุ่ม thioacetals 3 ชนิด กลุ่ม thioesters 2 ชนิด กลุ่ม thiolanes 2 ชนิด และในกลุ่มของพวก alcohol อีก 1 ชนิด

จากรายงานของศิริกาญจน์ (2554) ซึ่งได้ทำการวิเคราะห์สารระเหยในทุเรียนพันธุ์หมอนทองพบสารระเหยซึ่งมี mass spectra ตรงกันกับฐานข้อมูล Wiley 275 library จำนวน 61 สาร โดยสามารถจัดประเภทสารตามหมู่ฟังก์ชั่น (Functional group) ได้จำนวน 5 กลุ่ม คือ แอลกอฮอล์ (Alcohols) อัลดีไฮด์ (Aldehydes) เอสเทอร์ (Esters) คีโตน (Ketones) และซัลเฟอร์ (Sulfurs)

4.5 การหายใจและการผลิตเอทิลีน

การหายใจเป็นกระบวนการทางชีวเคมีที่สำคัญที่สุดอย่างหนึ่งในการดำเนินชีวิตอยู่ของสิ่งมีชีวิต เป็นกระบวนการที่พืชใช้พลังงานที่สะสมไว้ในรูปของสารประกอบอินทรีย์ เช่น คาร์โบไฮเดรต ไปใช้ในการเจริญเติบโตหรือดำรงชีวิตเอาไว้ และปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำออกมา โดยทั่วไปผลิตผลที่เป็นส่วนของพืชที่กำลังเจริญเติบโต เช่น ยอดอ่อน จะมีอัตราการหายใจสูง ส่วนผลิตผลที่อยู่ระหว่างการพักตัวจะมีอัตราการหายใจต่ำ เช่น หัวมันเทศ หรือมันฝรั่ง สำหรับพวกผลไม้มีอัตราการหายใจในระดับปานกลาง แต่ผลไม้บางชนิดเมื่อสุกจะมีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างมาก และมีอัตราการหายใจเพิ่มมากขึ้นด้วย เช่น กล้วย มะม่วง และทุเรียน ผลไม้ประเภทนี้เก็บรักษาได้สั้นกว่าผลไม้ที่มีอัตราการหายใจต่ำและไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก เช่น ส้ม เป็นต้น (จริงแท้, 2546)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอทิลีนเป็นสารอินทรีย์ที่มีสถานะเป็นก๊าซ ไม่มีสี มีกลิ่นเล็กน้อย จัดเป็นสารประกอบประเภทไฮโดรคาร์บอน (hydrocarbon) มีสูตรทางเคมีคือ CH_2=CH_2 ซึ่งพบปริมาณมากในแหล่งก๊าซธรรมชาติใต้ดินพร้อมกับก๊าซไฮโดรคาร์บอนอย่างอื่นที่ใช้เป็นเชื้อเพลิง พืชและจุลินทรีย์หลายชนิดสามารถผลิตก๊าซเอทิลีนได้ เอทิลีนมีอิทธิพลต่อการพัฒนาของพืชค่อนข้างมาก แม้จะมีความเข้มข้นต่ำเพียง 0.1 ppm ก็อาจกระตุ้นให้เกิดการสุกของผลไม้หรือการร่วงของใบได้ (จริงแท้, 2546)

สำหรับในผลไม้นั้นลักษณะการผลิตเอทิลีนและปริมาณความเข้มข้นภายในมีความสัมพันธ์กับการหายใจ ผลไม้ประเภท climacteric มีการผลิตและความเข้มข้นของเอทิลีนภายในผลในระหว่างการเจริญเติบโตต่ำ จนกระทั่งเมื่อผลไม้เริ่มสุกการผลิตเอทิลีนจึงเพิ่มขึ้น แต่สำหรับในผลไม้ประเภท non-climacteric นั้น อัตราการผลิตและความเข้มข้นภายในของเอทิลีนจะต่ำอยู่ตลอดช่วงการพัฒนาและการเจริญเติบโต (จริงแท้, 2546)

สารหรือโมเลกุลที่เป็นต้นกำเนิดของเอทิลีนนั้นคือกรดอะมิโนที่มีชื่อว่า methionine ซึ่งพืชสังเคราะห์ได้เองจากกรดอินทรีย์ที่มีอยู่ภายในเซลล์ methionine นี้สัตว์ไม่สามารถสังเคราะห์ขึ้นเองได้ ต้องอาศัยจากพืช จึงจัดเป็นกรดอะมิโนที่จำเป็น (essential amino acid) กระบวนการในการสังเคราะห์เอทิลีนเริ่มจากการกระตุ้นของเอนไซม์ methionineadenosyl tranferase ส่งผลให้ methionine ถูกเปลี่ยนเป็น S-adenosylmethionine (SAM) ต่อมาจะถูกเปลี่ยนเป็น 1-aminocyclo-propane-1-carboxylic acid (ACC) โดยเอนไซม์ ACC synthase จากนั้น ACC oxidase หรือ ethylene forming enzyme (EFF) จะเร่งให้ ACC เปลี่ยนเป็นเอทิลีน (ภาพที่ 3)

ในปัจจุบันเป็นที่ยอมรับกันทั่วไปว่า อิทธิพลต่างๆ ของเอทิลีนที่พบนั้นมิได้เกิดขึ้นจากโมเลกุลของเอทิลีนโดยตรง เอทิลีนทำหน้าที่เป็นเพียงตัวกระตุ้นโดยมิได้ถูกรวมเข้าไปเป็นองค์ประกอบอย่างหนึ่งอย่างใดของเซลล์พืช เอทิลีนจะทำงานหรือแสดงอิทธิพลโดยผ่านตัวกลางหรือตัวรับ (receptor) เสียก่อน เอทิลีนจะจับตัวกับโมเลกุลของตัวรับซึ่งเป็นโปรตีนชนิดหนึ่ง มีอะตอมของโลหะบางชนิดเป็นองค์ประกอบ (เชื่อกันว่าทองแดงคือโลหะที่ว่านี้แม้ว่าจะไม่มีหลักฐานยืนยันแน่นอน) จากนั้นโมเลกุลดังกล่าวจึงจะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ทางสรีรวิทยาของพืชที่เราพบเห็นกัน การผลิตและการทำงานของเอทิลีนขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง ได้แก่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1) ชนิดหรือพันธุ์

อัตราการผลิตเอทิลีนในพืชต่างชนิดนั้นแตกต่างกันไป แม้กระทั่งในพืชชนิดเดียวกันก็อาจแตกต่างกันมา เช่น ในผลทุเรียน ทุเรียนพันธุ์ชะนีซึ่งสุกค่อนข้างเร็ว มีช่วงเวลาที่จะรับประทานได้ค่อนข้างสั้น มีอัตราการผลิตเอทิลีนได้สูงสุดถึง 26.0 ไมโครลิตร/กก.ชม. ในขณะที่พันธุ์หมอนทองซึ่งสุกช้าและมีช่วงในการรับประทานนานกว่าพันธุ์ชะนีมีอัตราการผลิตเอทิลีนเพียง 9.5 ไมโครลิตร/กก.ชม.

2) อายุทางสรีรวิทยาเมื่อเก็บเกี่ยว

ผลไม้ประเภท climacteric จะผลิตเอทิลีนสูงมากเมื่อสุก แต่จะผลิตในปริมาณต่ำเมื่อยังอ่อนอยู่ นอกจากนั้นการตอบสนองต่อเอทิลีนยังขึ้นอยู่กับอายุด้วย ดังนั้นความสามารถในการเก็บรักษาของผลไม้เหล่านี้ รวมทั้งของผลไม้หรือผักอื่นๆ ที่อาจเก็บรักษาไว้ร่วมกัน จึงได้ขึ้นอยู่กับอายุทางสรีรวิทยาเมื่อเก็บเกี่ยว

3) อุณหภูมิ

การผลิตเอทิลีนเพิ่มสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจาก 0 ถึง 25 องศาเซลเซียส แต่ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส หรือสูงกว่าทำให้การผลิต ตลิดจนการทำงานของเอทิลีนลดลงหรือหมดไปเลยก็ได้ ในทางตรงข้ามที่อุณหภูมิต่ำ อาจทำให้ผลไม้หรือผักในเขตร้อนเป็นอันตรายที่เรียกว่า chilling injury หรือการสะท้านหนาว และก่อให้เกิดการผลิตเอทิลีนสูงขึ้นได้

4) ปริมาณออกซิเจนในบรรยากาศ

เนื่องจากลำดับสุดท้ายของการสังเคราะห์เอทิลีนของพืชต้องใช้ออกซิเจน ดังนั้นการลดปริมาณออกซิเจนลงจะยับยั้งหรือลดการผลิตเอทิลีนลง การทำงานของเอทิลีนก็พบว่าต้องการออกซิเจนเช่นเดียวกัน ในการเก็บรักษาผลไม้ปริมาณความเข้มข้นของออกซิเจนที่เหมาะสมจึงขึ้นอยู่กับว่าต้องการให้เอทิลีนมีอิทธิพลมากน้อยเพียงใด

5) ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ

ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่สูงกว่าปริมาณในบรรยากาศปกติอาจทำให้การผลิตเอทิลีนในพืชลดลงหรือเพิ่มขึ้นก็ได้ ขึ้นอยู่กับชนิดของพืช อุณหภูมิ ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และระยะเวลาที่ผลิตผลอยู่ในบรรยากาศที่มีคาร์บอนไดออกไซด์สูง อย่างไรก็ตามคาร์บอนไดออกไซด์จะขัดขวางการทำงานของเอทิลีนโดยแย่งที่เอทิลีนในการจับตัวกับตัวรับ การใช้คาร์บอนไดออกไซด์ความเข้มข้นสูงเป็นวิธีหนึ่งที่ใช้ในการยืดอายุผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6) ปริมาณของเอทิลีนในบรรยากาศ

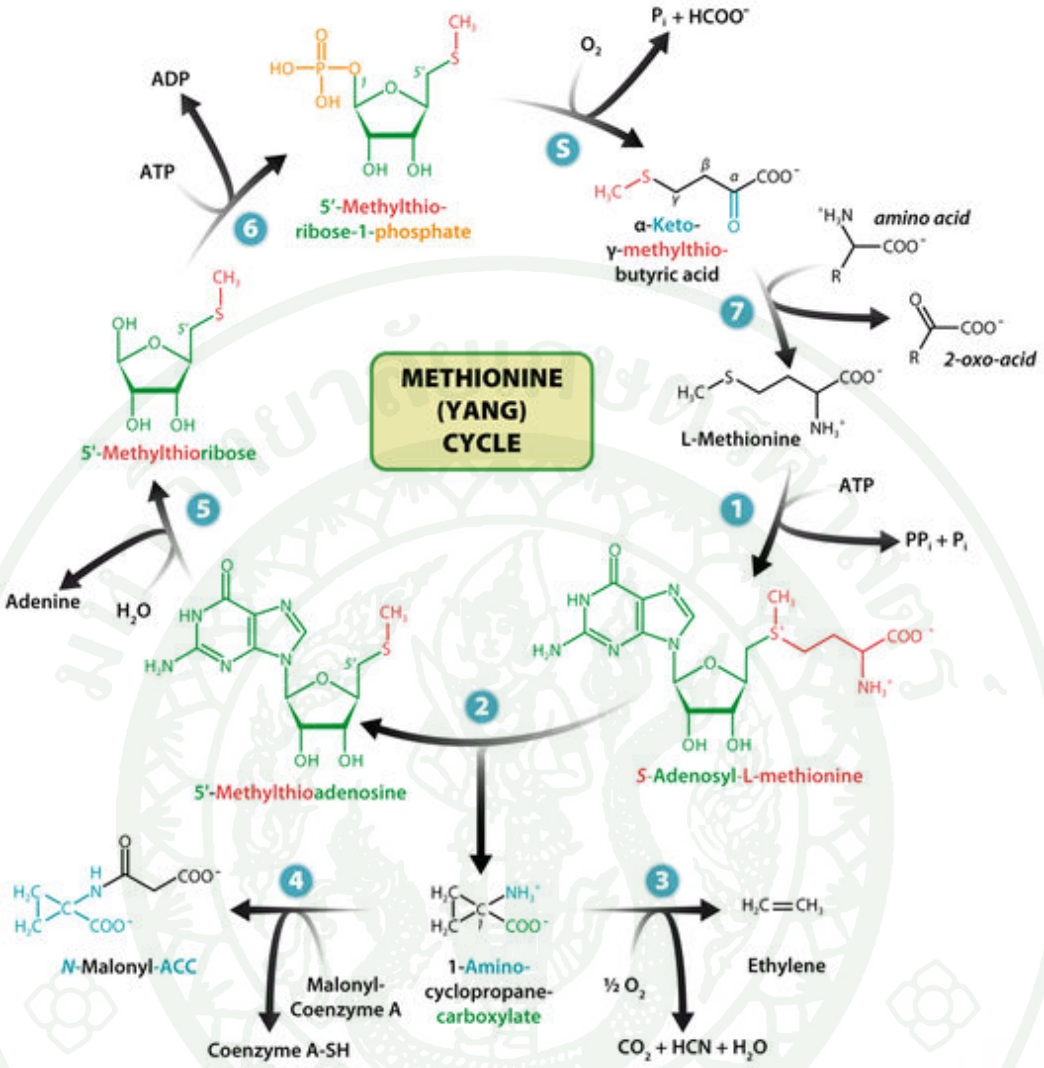
ก๊าซเอทิลีนสามารถกระตุ้นให้ผลไม้ผลิตเอทิลีนในปริมาณสูงขึ้นได้หากให้เอทิลีนก่อนกระบวนการสุกจะเริ่มขึ้น ในการเก็บรักษาผลิตผลจึงต้องมีการกำจัดเอทิลีนออกไป

7) ความเครียดต่างๆ

การเกิดบาดแผล การเกิดโรค การรมควัน การฉายรังสี การขาดน้ำ ตลอดจนการอยู่ในสภาพน้ำขัง ล้วนสามารถกระตุ้นให้เกิดการผลิตเอทิลีนสูงขึ้นได้ทั้งนั้น ปัจจัยต่างๆ เหล่านี้พบว่าส่วนใหญ่จะกระตุ้นให้มีการสร้างเอนไซม์ ACC synthase มากขึ้น (จริงแท้, 2546)

เอทิลีนเป็นฮอร์โมนที่มีผลต่อการสุกของผลไม้ ดังนั้นการยับยั้งการสร้างและการทำงานของเอทิลีนจึงเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถช่วยชะลอการสุก และยืดอายุการเก็บรักษาได้ สารยับยั้งการสร้างและการทำงานของเอทิลีนในปัจจุบัน เช่น silver thiosulfate (STS) ซึ่งมีข้อจำกัดไม่สามารถใช้กับผลไม้ได้เนื่องจากเป็นพิษต่อผู้บริโภค สาร aminoethoxyvinylglycine (AVG) ซึ่งได้จากจุลินทรีย์ที่ผลิตสารยับยั้งการทำงานของเอทิลีน ปัจจุบันได้รับการอนุญาตให้ใช้ในแปลงแอปเปิลก่อนเก็บเกี่ยว เพื่อชะลอการบริบูรณ์และเพิ่มคุณภาพระหว่างการเก็บรักษา แต่ยังไม่ได้รับอนุญาตให้ใช้หลังการเก็บเกี่ยวโดยตรง สารประกอบ 2,5-norbornadiene (2,5-NBD) สามารถยับยั้งการทำงานของเอทิลีน แต่มีข้อเสียคือ มีกลิ่นฉุนและมีฤทธิ์ในการกัดกร่อน จึงไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้กับผลผลิตสด (Sisler et al., 1985) สาร 1–methylcyclopropene (1-MCP) อยู่ในรูปก๊าซ ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น มีความเป็นพิษต่ำมาก ปัจจุบันนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายเพราะมีราคาถูก ใช้ง่าย และมีประสิทธิภาพสูง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 3 กระบวนการสังเคราะห์ และบทบาทของเอทิลีน

ที่มา: Wang and Ecker (2002)

5. สาร 1–methylcyclopropene (1-MCP)

สาร 1–methylcyclopropene (1-MCP) เป็นสารซึ่งถูกค้นพบโดย Edward Sisler และ Sylvia Blankenship เป็นสารซึ่งอยู่ในรูปก๊าซเช่นเดียวกับเอทิลีน มีความสามารถในการจับกับตัวรับเอทิลีนได้ดีกว่าเอทิลีนถึง 100 เท่า ปัจจุบันมีจำหน่ายในรูปของแข็ง เป็นผง เมื่อสัมผัสกับน้ำจะปลดปล่อยให้ 1-MCP ออกมา การใช้งานใช้ในความเข้มข้นตั้งแต่ 0.5 ppb ถึง 100 ppm แต่โดยทั่วไปใช้กัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

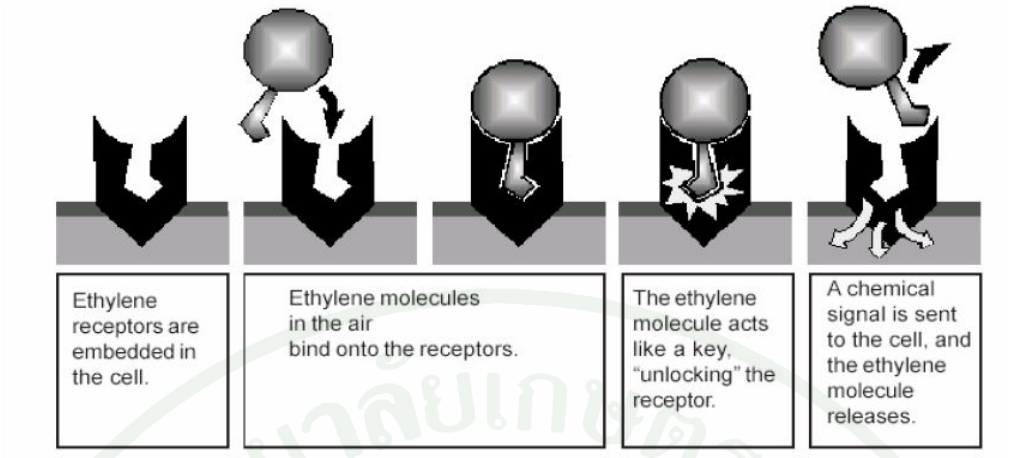
ในช่วง 20 - 2,000 ppb ที่อุณหภูมิ 20-25 องศาเซลเซียส ในเวลา 2 – 24 ชั่วโมง ส่วนใหญ่เป็นช่วง 6-12 ชั่วโมง ถ้าใช้เวลาสั้นลงต้องใช้ความเข้มข้นที่สูงขึ้น (จริงแท้, 2549)

สาร 1-MCP ช่วยชะลอการสุกของผลไม้และลดอิทธิพลของเอทิลีนในด้านต่างๆ โดยการเข้าจับกับ receptors ของเอทิลีน โมเลกุลดังกล่าวจะไม่สามารถส่งสัญญานทางเคมีไปยังส่วนต่างๆ ของพืชส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่างๆทั้งด้านกายภาพ เคมี ชีวเคมี และทางสรีรวิทยาได้ (Blankenship, 2001) และการยึดติดของสาร 1-MCP กับตัวรับจะคงอยู่โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงกลับไปมาเหมือนกับเอทิลีน จึงเป็นการป้องกันการเข้าจับกับตัวรับของเอทิลีนจนกว่าจะมีการสังเคราะห์ตัวรับเอทิลีนใหม่ของผลิตผลจึงสามารถจับกับเอทิลีนได้ใหม่ (ภาพที่ 4 และ 5) โดยจากการศึกษาพบว่าหากทำการให้สาร 1-MCP แก่ผลไม้แล้วเก็บรักษาที่ 0 – 3 องศาเซลเซียส จะทำให้ผลิตผลไม่มีการสังเคราะห์ตัวรับใหม่ แต่เมื่อนำออกมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องจะมีการสังเคราะห์ตัวรับและทำให้เกิดการสุกของผลไม้ได้ จากกระบวนการทำงานดังกล่าวสาร 1-MCP จึงยับยั้งการทำงานของเอทิลีนได้

มีหลายงานวิจัยที่ได้ทำการศึกษาการใช้สาร 1-MCP กับทุเรียน เช่น ในปี 2549 สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) ฝ่ายเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว ได้ทำการทดลองพบว่า การรมสาร 1-MCP ที่มีความเข้มข้นตั้งแต่ 500-1,000 ppb สามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลทุเรียน ทั้งพันธุ์ชะนีและหมอนทองได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งยังสามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้ 2-3 เท่า ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และยังพบอีกว่า การใช้สาร 1-MCP ความเข้มข้น 1,000-2,000 ppb ระยะเวลา 6 ชั่วโมง ร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส สามารถยืดอายุการสุกของทุเรียนออกไปได้อีก 15-40 % ขึ้นกับเวลาที่ใช้ในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศา-เซลเซียส

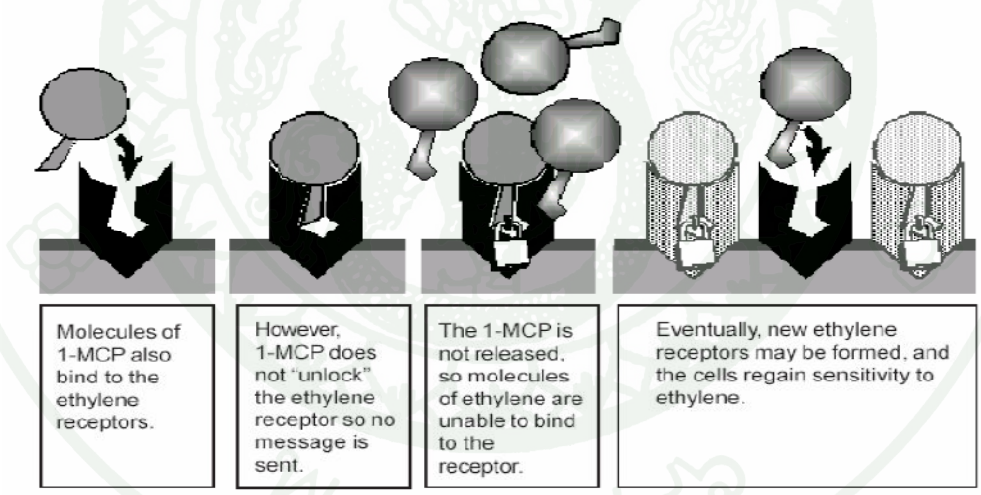
ในปี 2549 ต้นวงศ์ ได้ทำการศึกษาผลของอุณหภูมิ ชนิดของฟิล์มและสาร 1- MCP ต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมีของเนื้อทุเรียนพันธุ์หมอนทอง พบว่า การรมเนื้อทุเรียนพร้อมบริโภคด้วยสาร 1-MCP ความเข้มข้น 50 ppb สามารถลดปริมาณก๊าซเอทิลีนในบรรจุภัณฑ์เนื่องจากไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ ACC oxidase และการลดลงของกิจกรรมของเอนไซม์ Poly-galacturonase และ Lipoxygenase ได้ส่งผลให้สามารถชะลอการสูญเสียความแน่นเนื้อ และยังสามารถชะลอการลดลงของปริมาณแป้งและการเพิ่มขึ้นของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ นอกจากนี้ การรมด้วยสาร 1-MCP ไม่ส่งผลต่อการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส เช่น ด้านเนื้อสัมผัส ความหวาน กลิ่นรส และลักษณะการยอมรับโดยรวม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 4 กลไกการจับตัวกันระหว่าง Ethylene กับ receptor

ที่มา: Blankenship (2001)



ภาพที่ 5 กลไกลการจับกันระหว่าง 1-MCP กับ receptor

ที่มา: Blankenship (2001)

ในปี 2550 มีรายงานการใช้สาร 1-MCP กับทุเรียนพันธุ์หมอนทอง พบว่าสาร 1-MCP ช่วยชะลอ climacteric rise ลดอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนของผลทุเรียนขณะผลสุก โดยทำให้ทุเรียนที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C สุกช้ากว่าปกติ 2-6 วัน และทุเรียนที่ได้รมสาร 1-MCP เนื้อทุเรียนจะมีสีและกลิ่นอ่อนและมีความหวานน้อยกว่าทุเรียนที่ไม่ได้รับการรมเล็กน้อย (เบญจมาส,

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุมาภรณ์ และอนุวัตร, 2550) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของศิริกาญจน์ ในปี 2554 ซึ่งทำการศึกษาอิทธิพลของสาร 1-MCP ต่อคุณภาพของทุเรียนพันธุ์หมอนทองตัดแต่งพร้อมบริโภคระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 14 และ 24 องศาเซลเซียส พบว่า ผู้บริโภคให้การยอมรับทุเรียนตัดแต่งที่รมสาร 1-MCP เท่ากับ 30, 20 และ 10 วัน ส่วนทุเรียนที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP ผู้บริโภคให้การยอมรับเท่ากับ 24, 16 และ 8 วัน ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสาร 1-MCP ช่วยชะลอ climacteric rise ลดอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนของผลทุเรียนได้

นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่ใช้สาร 1-MCP กับผลไม้ประเภท Non- Climacteric Fruit เช่น การใช้สาร 1-MCP กับผลชมพู่พันธุ์ทับทิมจันทร์ พบว่า สามารถลดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในการสูญเสียน้ำหนักและเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคน้อยลง (อุษณา และคณะ, 2549) และการทดลองของ Bassetto และคณะ ในปี 2005 พบว่าการรมฝรั่ง (*Psidium guajava* Linn.) ด้วย 1-MCP ความเข้มข้น 900 nl/l นาน 12 ชั่วโมง ช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนักของฝรั่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C ได้

6. การหาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์

อายุการเก็บอาจนิยามได้ว่า “เป็นช่วงเวลาตั้งแต่ผลิตภัณฑ์นั้นได้ผลิตขึ้นมา ระหว่างช่วงเวลาดังกล่าว ผลิตภัณฑ์ยังมีคุณภาพทางด้านคุณค่าทางอาหาร รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และลักษณะปรากฏเป็นที่พอใจของผู้บริโภค จนถึงเวลาที่ผลิตภัณฑ์ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคหรือไม่ปลอดภัยต่อการบริโภค” (รุ่งนภา, 2552)

สมการจลนพลศาสตร์ของปฏิกิริยาเป็นสมการพื้นฐานที่ระบุการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาอาหารแสดงได้ดังสมการที่ 1

$$dC/dt = f(C,T) \quad (1)$$

เมื่อ dC/dt คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของปฏิกิริยา

C คือ ความเข้มข้นของสาร ณ เวลาหนึ่งๆ

T คือ อุณหภูมิ

เมื่ออุณหภูมิคงที่ อัตราของปฏิกิริยาเป็นไปตามกฎของ Power law แสดงได้ดังสมการที่ (2)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

$$-dC_A/dt = k.\ C_A^{\ n} \quad (2)$$

เมื่อ k คือ ค่าคงที่ของอัตราปฏิกิริยา (reaction rate constant)

n คืออันดับของปฏิกิริยา (order of the reaction)

อันดับของปฏิกิริยาต่างๆ แสดงสมการได้ดังสมการที่ (3), (4), (5)

ปฏิกิริยาอันดับศูนย์ (n=0) : $C_A - C_{AO} = -kt$ (3)

ปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง (n=1): $\ln(C_A/C_{AO}) = -kt$ (4)

ปฏิกิริยาอันดับสอง (n=2): $C_A^{-1} - C_{AO}^{-1} = kt$ (5)

โดยปฏิกิริยาอันดับศูนย์ (Zero-order kinetic) ส่วนมากจะพบในการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของอาหารแช่แข็ง ผักและผลไม้ตัดแต่ง และการเกิดสีน้ำตาลแบบไม่ใช้เอนไซม์ (Non-enzyme browning reaction) ส่วนปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง (First-order kinetic) จะพบในการเปลี่ยนแปลงอันเนื่องมากจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน เช่น การสูญเสียของปริมาณวิตามิน การเปลี่ยนแปลงสี การเกิดกลิ่นหืน รวมไปถึงจากการเพิ่มหรือลดจำนวนของจุลินทรีย์ (Labuza, 1982)

Arrhennius (1889) ได้ศึกษาผลของอุณหภูมิ และพบสมการซึ่งกล่าวว่าอัตราของปฏิกิริยาหนึ่งที่อุณหภูมิหนึ่งเกี่ยวข้องกับอัตราของปฏิกิริยาของอีกอุณหภูมิหนึ่งและเรียกว่า สมการ Arrhennius แสดงได้ดังสมการที่ (6)

$$k = Ae^{-Ea/RT} \quad (6)$$

เมื่อ k = ค่าคงที่เฉพาะของอัตรา

R = ค่าคงที่ของแก๊ส (8.314 J/K.mol)

T = อุณหภูมิสัมบูรณ์ (หน่วย K)

E_a = พลังงานกระตุ้น (activation energy) ของปฏิกิริยา (kJ/mol)

A = แฟกเตอร์ความถี่ (frequency factor) มีค่าคงที่ในช่วงอุณหภูมิที่กว้างพอสมควรสำหรับแต่ละปฏิกิริยา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อรุณี (2553) ได้ทำการศึกษาดัชนีคุณภาพและการทำนายอายุการเก็บรักษาของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภคเพื่อการส่งออก พบว่า การเปลี่ยนแปลงของค่าคุณภาพส่วนใหญ่จัดเป็นปฏิกิริยาอันดับศูนย์และอันดับสอง ปริมาณแอลกอฮอล์เป็นดัชนีคุณภาพที่สำคัญในการประเมินอายุการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ตัดแต่งในสภาวะจำลองอุณหภูมิและระยะเวลาระหว่างการขนส่งมะม่วง 3 รูปแบบ โดยสามารถประเมินอายุการเก็บได้ 6, 4 และ 9 วัน ตามลำดับ ต่อมาศิริกาญจน์ (2554) ศึกษาการประเมินอายุการเก็บรักษาของทุเรียนพันธุ์หมอนทองตัดแต่งพร้อมบริโภคโดยใช้สมการจลนพลศาสตร์ พบว่า การเปลี่ยนแปลงของค่าคุณภาพส่วนใหญ่จัดเป็นปฏิกิริยาอันดับศูนย์ ค่าความแน่นเนื้อเป็นดัชนีคุณภาพที่สำคัญที่สามารถใช้ประเมินอายุการเก็บรักษาของทุเรียนพันธุ์หมอนทองตัดแต่งพร้อมบริโภค

มีงานวิจัยที่ทำการศึกษาสมการจลนพลศาสตร์ของการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านกายภาพของผลมะเขือเทศในระหว่างการเก็บรักษา พบว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ช่วยชะลอการเสื่อมเสียได้ดีที่สุด ในการทดลองนี้ใช้ค่า hue angle เป็นดัชนีในการชี้วัดคุณภาพของผลมะเขือเทศในระหว่างการเก็บรักษา โดยมีค่าคงที่ในการเกิดปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เท่ากับ 0.060 ± 0.004 และมีค่าพลังงานกระตุ้นในการเกิดปฏิกิริยาเท่ากับ 87.6 ± 3.8 kJ/mol โดยจากการประเมินอายุการเก็บ พบว่า ผลมะเขือเทศ มีอายุการเก็บ 30, 15 และ 8 วัน สำหรับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10, 15 และ 20 องศาเซลเซียส ตามลำดับ (Pinheiro *et al*., 2013)

7. การวิเคราะห์การรอดชีพ

การวิจัยโดยทั่วไปสนใจว่ามีเหตุการณ์เกิดขึ้นหรือไม่ เช่น การป่วย การหาย หรือการตาย เป็นต้น การวิเคราะห์จึงใช้ค่าร้อยละหรืออัตราของการเกิดเหตุการณ์ดังกล่าว แต่บ่อยครั้งพบว่าระยะเวลาจนกระทั่งเกิดเหตุการณ์ หรือที่เรียกกันว่าระยะปลอดเหตุการณ์มีความสำคัญมากกว่า เช่น แทนที่จะดูว่าผลการรักษาว่ามีตายหรือไม่ ก็มาดูว่ายืดอายุไปได้ (รอดชีพ) นานเท่าใด เป็นต้น กรณีนี้ข้อมูลมักไม่สมบูรณ์ (มี Censored observation) เนื่องจากหลายสาเหตุเช่นระยะเวลาที่วิจัยมีจำกัด ทำให้บางหน่วยตัวอย่างอาจเกิดเหตุการณ์หลังจากวันที่หยุดเก็บข้อมูล บางหน่วยตัวอย่างอาจขาดหายจากการติดตาม หรือตายจากสาเหตุอื่น เหตุการณ์ที่ศึกษาจึงยังไม่เกิดซึ่งมักพบได้บ่อยในการศึกษาทางการแพทย์และสาธารณสุข (บัณฑิต, 2545)

ข้อมูลระยะปลอดเหตุการณ์นี้ แม้เป็นข้อมูลต่อเนื่องโดยธรรมชาติ แต่การวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางสถิติธรรมดาเช่น หาค่าเฉลี่ย ทดสอบโดยใช้ t-test หรือวิเคราะห์โดย correlation หรือ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

linear regression นั้นไม่ถูกต้องเหมาะสม เนื่องจากข้อมูลไม่สมบูรณ์ แม้จะเลือกวิเคราะห์โดยใช้ค่าร้อยละหรืออัตราของการเกิดเหตุการณ์ ก็จะด้อยประสิทธิภาพเพราะไม่ได้ใช้ข้อมูลเกี่ยวกับระยะเวลา รูปแบบการวิเคราะห์ที่เหมาะสมเฉพาะกับข้อมูลประเภทนี้เรียกว่า survival analysis ซึ่งมีวิธีการทางสถิติหลายวิธี เป็นวิธีการวิเคราะห์ที่กำลังทวีความสำคัญขึ้นเป็นลำดับ และมีการใช้ในงานวิจัยมากเป็นอันดับสองรองจาก logistic regression (บัณฑิต, 2545)

7.1 คำสำคัญและความหมายที่ควรทราบ

7.1.1 จุดเวลาเริ่มต้น (Begin date)

- เป็นจุดเริ่มต้นจริงของกระบวนการที่นำไปสู่การเกิดเหตุการณ์ที่ศึกษา
- ไม่จำเป็นต้องเป็นเวลาตามนาฬิกา เช่นอุณหภูมิ ความยาว น้ำหนัก
- มีความหมายเดียวกันกับทุกคน กล่าวคือทุกคนมีลักษณะคล้ายกันด้านพยากรณ์ของการเกิดเหตุการณ์ ณ จุดเริ่มต้น
- ตัวอย่าง เวลาเกิด วันเริ่มต้นใช้ยา วันเริ่มต้นรับปัจจัย วันเริ่มต้นในการเก็บรักษา

7.1.2 เหตุการณ์ (Event)

- การตาย การติดเชื้อ การเกิดอาการ การกลับซ้ำของอาการ
- การหายจากโรค การปฏิสนธิ การจำหน่ายจากผู้ป่วยใน
- การเลิกบุหรี่ การหย่านม
- วัดความร้อนแต่เทอร์โมมิเตอร์สามารถวัดได้สูงสุดเพียง 100°C
- การไม่ยอมรับหรือปฏิเสธผลิตภัณฑ์

7.1.3 การวัดการเกิดเหตุการณ์

- เมื่อเกิดเหตุการณ์ เรียกว่า Failure
- เหตุการณ์ยังไม่เกิดเมื่อสิ้นสุดระยะเวลาที่ศึกษา เรียกว่า Censored
- Withdraw เช่นเลิกกินยาต่อเนื่อง โดยที่เหตุการณ์ยังไม่เกิด เรียกว่า Censored
- Lost to follow-up โดยที่เหตุการณ์ยังไม่เกิด เรียกว่า Censored
- ตายเนื่องจากสาเหตุอื่นก่อนเหตุการณ์เกิด หรือ Competing event เช่นผู้ป่วยที่ติดตามการป่วยด้วยโรคหัวใจแต่ตาย ก่อน ด้วยอุบัติเหตุเรียกว่า Censored
- ตัวแปรคือ Event เป็นตัวแปรสุ่ม มีค่า 1 = Failure และ 0 = Censored

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

7.2 ฟังก์ชั่นที่เกี่ยวข้องกับ Survival analysis

7.2.1 Survival function

$$S(t) = P(T>t) \tag{7}$$

- เป็นพื้นฐานของ Survival analysis
- บอกความน่าจะเป็นที่คนคนหนึ่งยังคงปลอดเหตุการณ์มากกว่าเวลา t โดยที่ปลอดเหตุการณ์มาโดยตลอดก่อนหน้านี้ แสดงดังสมการที่ (7)
- กล่าวอีกนัยหนึ่งคือบอกโอกาสที่คนคนหนึ่งจะเกิดเหตุการณ์หลังจากเวลา t
- สำหรับงานด้านการประเมินอายุการเก็บผลิตภัณฑ์อาจหมายถึงโอกาสที่คนคนหนึ่งจะไม่ยอมรับหรือปฏิเสธผลิตภัณฑ์หลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา t
- กราฟความสัมพันธ์แสดงดังภาพที่ 6
- ที่ t = 0 ค่า S(t) = S(0) = 1 เพราะยังไม่มีใครที่เกิดเหตุการณ์ กล่าวอีกนัยหนึ่งค่าความน่าจะเป็นของการรอดชีพ หรือของการที่ยังไม่เกิดเหตุการณ์ (probability of survival or probability of event-free) เมื่อเริ่มศึกษานั้น เท่ากับ 1
- ที่ t = ∞ ค่า S(t) = S(∞) = 0 เพราะไม่มีใครรอด ทุกคนเกิดเหตุการณ์ กล่าวอีกนัยหนึ่ง ค่าความน่าจะเป็นของการรอดชีพ หรือของการที่ยังไม่เกิดเหตุการณ์เมื่อระยะเวลาที่ศึกษาเป็นอนันต์นั้น เท่ากับ 0

7.2.2 Hazard function

$$h(t) = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{P\left(t \le T < t + \Delta t \middle| T \ge t\right)}{\Delta t} \tag{8}$$

- $h(t)$ ให้ค่าอัตราการเกิดเหตุการณ์ ณ จุดเวลา t โดยที่มีการปลอดเหตุการณ์จนกระทั่งถึงเวลานั้น อัตรานี้เรียกว่า Hazard rate มีค่า 0 ถึง ∞
- $h(t)$ ให้ค่าเกี่ยวกับการเกิดเหตุการณ์ แต่ $S(t)$ ให้ค่าเกี่ยวกับการปลอดเหตุการณ์

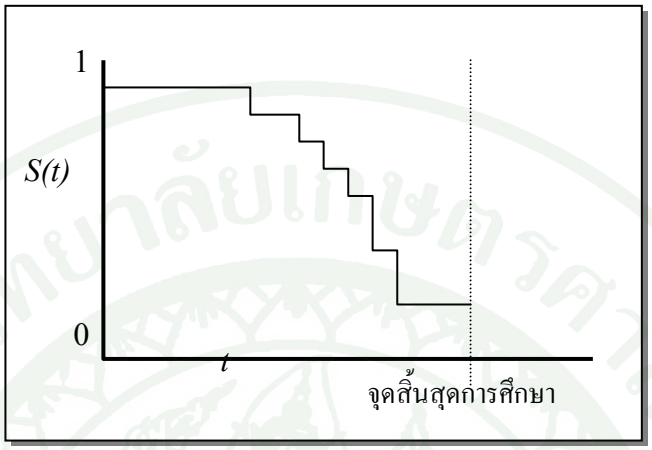
7.2.3 ความสัมพันธ์ระหว่าง Survival function กับ Hazard function

- h(t) เป็น Mathematical model สำหรับ Survival analysis
- $h(t)$เป็นปฏิภาคกับ $S(t)$ ตัวหนึ่งเพิ่มอีกตัวจะลด และเมื่อรู้ตัวหนึ่งก็สามารถรู้อีกตัวได้ แสดงดังสมการที่ (9) และ (10)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

$$H(t) = -\ln(S_{(t)}) \quad (9)$$

หรือ $$(S_{(t)}) = exp(-H_{(t)}) \quad (10)$$



ภาพที่ 6 Survival curve

ที่มา: บัณฑิต (2545)

7.3 วิธีวิเคราะห์การรอดชีพ

วีรศักดิ์ (2550) กล่าวว่าในการวิเคราะห์โอกาสรอดชีพสามารถแบ่งวิธีการศึกษาได้ออกเป็น 3 วิธี ดังนี้

7.3.1 วิธีตารางชีพ (Life Table) เป็นวิธีการคำนวณอายุขัย (life expectancy) ของประชาการจากอัตราการตายของแต่ละกลุ่มอายุ โดยทำเป็นตารางจัดช่วงเวลาของการอยู่รอด เช่น นักประชากรศาสตร์แบ่งช่วงอายุทุกๆ 5 ปี ในแต่ละช่วงจะนับการตาย และการสูญหาย (censored) แล้วนำไปปรับคำนวณเป็นการอยู่รอดสะสม ซึ่งจะคำนวณปรับคนที่สูญหาย ณ เวลาเพียงครึ่งหนึ่งของช่วงเวลานั้นๆ

7.3.2 วิธี Kaplan-Meier มีหลักการคำนวณคล้ายคลึงกับวิธีตารางชีพ แต่จำนวนตัวอย่างไม่ควรเกิน 30 ตัวอย่างและอยู่บนพื้นฐานของความคิดที่ว่าโอกาสความน่าจะเป็น ณ ช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งต้องสูงกว่าหรือมากกว่า ณ ช่วงเวลาเริ่มต้น (t) และช่วงเวลาต้องไม่มีค่าติดลบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โดยนำเสนอในรูปแบบตาราง และไม่ต้องคำนวณปรับตัวอย่างที่สูญหายเช่นเดียวกับวิธีตารางชีพ เพราะถือว่าตัวอย่างที่สูญหายให้เวลาเต็มเท่ากับตัวอย่างอื่น

7.3.3 วิธีวิเคราะห์สมการถดถอยแบบ Cox หลายตัวแปร (Multivariate Analysis with Cox Regression) Cox (1984) เสนอแนวคิดว่า ความเสี่ยงของคนๆ หนึ่งหรือกลุ่มหนึ่งเป็นผลคูณของสองส่วน ส่วนที่ 1 คือ อัตราเสี่ยงพื้นฐาน (baseline hazard function) กับส่วนที่ 2 คือ อิทธิพลของตัวแปรอิสระ (effect of independent variable) โดยส่วนที่ 2 คือ ส่วนที่ใช้ในการคำนวณ Odds ratio ในการวิเคราะห์สมการถดถอยโลจิสติก (Logistic regression) วิธีวิเคราะห์สมการถดถอยแบบ Cox หลายตัวแปร แบ่งได้ 2 วิธี ได้แก่ การวิเคราะห์การรอดชีพโดยมีตัวผันแปรร่วม (ตัวแปรที่คาดว่าจะมีอิทธิพล) และ การวิเคราะห์การรอดชีพโดยมีตัวผันแปรร่วมที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลา

มีงานวิจัยทางด้านอาหารหลายงานวิจัยที่นำเทคนิคการวิเคราะห์การรอดชีพมาใช้ในการประเมินอายุการเก็บจากการยอมรับของผู้บริโภค เช่น การประเมินอายุการเก็บในกาแฟ (Cardelli and Labuza, 2001), โยเกิร์ต (Hough *et al*., 2003), แอปเปิ้ลพันธุ์ฟูจิ (Varela et *al*., 2005), เห็ดชิตาเกะ (Ares *et al*., 2006), ลูกแพร์ (Salvador *et al*., 2007), อะโวคาโดและมะม่วงตัดแต่ง (Jacobo *et al*., 2010) เป็นต้น

Guillermo *et al.* (2006) ได้ทำการประเมินอายุการเก็บเนื้อสับที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2, 9 และ 19 องศาเซลเซียส โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์การรอดชีพ โดยสามารถประเมินอายุการเก็บได้ 88, 44 และ 17 ชั่วโมง สำหรับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2, 9 และ 19 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

นอกจากการใช้เทคนิคการวิเคราะห์การรอดชีพมาใช้ในการประเมินอายุการเก็บแล้ว ในงานทางด้านอาหารยังมีการนำการวิเคราะห์การรอดชีพมาใช้ในการควบคุณภาพ เช่น การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีเมื่อใช้ lipolytic ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน (Guillermo, 2004) การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเมื่อใช้ Oligofructose ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน (Cruz *et al.*, 2013) เป็นต้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. วัตถุดิบ

คัดเลือกทุเรียนพันธุ์ชะนีแหล่งปลูกจากสวนในจังหวัดระยองที่มีอายุการเก็บเกี่ยวหลังดอกบานประมาณ 110 วัน และมีค่าร้อยละของน้ำหนักแห้งอยู่ในช่วง 30-32 โดยเก็บเกี่ยวในช่วงเดือนเมษายนหลังจากเก็บเกี่ยวแล้วบรรจุใส่ลังพลาสติก ขนส่งโดยรถยนต์มายังห้องปฏิบัติการการทดลอง ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ใช้เวลาในการขนส่งประมาณ 4 ชั่วโมง

2. ภาชนะบรรจุ

2.1 ถาดพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีน (PE) สำหรับบรรจุทุเรียนตัดแต่งพร้อมบริโภค ขนาด 12 x 18 x 6 เซนติเมตร

2.2 ฟิล์มพลาสติก Low Density Polyethylene (LDPE) มีความหนา 70 ไมโครเมตร มีอัตราการซึมผ่านไอน้ำเท่ากับ 1.2 (g.mil/100 in^2.day) มีอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนเท่ากับ 250-840 (cm^3.mil/100 in^2.day.atm) และมีอัตราการซึมผ่านของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 500-5,000 (cm^3.mil/100 in^2.day.atm) ขนาด 14x20 เซนติเมตร

3. อุปกรณ์สำหรับเตรียมทุเรียนตัดแต่งพร้อมบริโภค

3.1 เครื่องครัว (มีดแสตนเลส, เขียง, ถาด, กะละมัง ฯลฯ)

3.2 ซิลิโคนชนิดใส ยี่ห้อวีเทช (v-tech)

3.3 เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 4 ตำแหน่ง รุ่น AC211S บริษัท Sartorius ประเทศเยอรมันนี

3.4 ตู้รม 1-MCP แบบพลาสติก ชนิด polyethylene ขนาดภายในถัง 37x57x44 เซนติเมตร ขนาดบรรจุ 100 ลิตร

3.5 เครื่องบรรจุแบบปิดผนึกด้วยความร้อน ยี่ห้อ Santo ประเทศไทย

3.6 ตู้เย็นควบคุมอุณหภูมิ ยี่ห้อ Sanden Intercool รุ่น SDC-1000AY ประเทศไทย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. สารเคมี

4.1 สาร 1-MCP ในทางการค้ายี่ห้อ EthylBloc™

4.2 โซเดียมไฮโปคลอไรด์ (NaOCl) (Ajax FineChem, ออสเตรเลีย)

4.3 แอลกอฮอล์ 70 เปอร์เซ็นต์

4.4 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) (Merck, เยอรมันนี)

4.5 ไทโอฟีน (thiophene) (Supelco, สหรัฐอเมริกา)

4.6 Ethylenediaminetetraacitic acid (EDTA) (Ajax, ออสเตรเลีย)

4.7 Polyvinylpolypyrrolidone (Sigma, สหรัฐอเมริกา)

4.8 Polygalacturonic acid (Sigma, สหรัฐอเมริกา)

4.9 3,5-Dinitrosalicylic acid (Sigma, สหรัฐอเมริกา)

4.10 Plate count agar (Himedia, อินเดีย)

4.11 Potato dextrose agar (Himedia, อินเดีย)

5. อุปกรณ์ห้องปฏิบัติการ

5.1 การตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ

5.1.1 เครื่องวัดสี Spectrophotometer CM-3500d : แหล่งกำเนิดแสง D65 ที่ 10 องศา ยี่ห้อ Minolta ประเทศญี่ปุ่น

5.1.2 เครื่องวัดค่าเนื้อสัมผัส Lloyd รุ่น TA500) บริษัท Lloyd Instrument ประเทศอังกฤษ

5.2 การตรวจสอบคุณภาพทางเคมี

5.2.1 เครื่องมือวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Hand Refractometer) ขนาด 0-32 บริกซ์ ประเทศ ญี่ปุ่น

5.2.2 เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี (Gas chromatrography: GC) ยี่ห้อ Agilent รุ่น 6890 ต่อกับ mass selective detector ยี่ห้อ Pegasus® III (Time-of-flight mass spectrometry: TOFMS) (LECO®, สหรัฐอเมริกา)

5.2.3 Solid phase microextraction fiber (SPME fiber) ชนิด DVB/Carboxen™/ PDMS ขนาด 50/30 μm (Supelco, สหรัฐอเมริกา)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5.2.4 เครื่อง vortex mixer ยี่ห้อ Genie 2 จากบริษัท Scientific Industries inc. Model: G560E

5.2.5 เครื่อง Spectrophotometer UV-VIS รุ่น UV-160A จากบริษัท Shimadzu ประเทศญี่ปุ่น

5.2.6 อุปกรณ์เครื่องแก้วที่ใช้ในการไทเทรต

5.3 การตรวจสอบคุณภาพทางสรีรวิทยา

5.3.1 เครื่อง Gas Chromatography (GC) วัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซออกซิเจน (O_2) และเอทิลีน (C_2H_4) รุ่น GC- 14B บริษัท Shimadzu ประเทศญี่ปุ่น

5.4 การตรวจสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์

5.4.1 อุปกรณ์เครื่องแก้วในการวิเคราะห์จุลินทรีย์

5.4.2 ตู้บ่มเชื้อจุลินทรีย์ (incubator) ยี่ห้อ Astell Hearson ประเทศอังกฤษ

5.4.3 ตู้ฆ่าเชื้อแบบลมร้อน (hot air oven) ยี่ห้อ Binder บริษัท Scientific promotion จำกัด

5.4.4 ตู้ฆ่าเชื้อภายใต้ความดัน (Autoclave-stream sterilizer) ยี่ห้อ Tuttnauer รุ่น 3850 บริษัท Scientific promotion จำกัด

5.4.5 อ่างควบคุมอุณหภูมิ (water bath) รุ่น 600 ยี่ห้อ Memert ประเทศเยอรมันนี

6. เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

6.1 เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

6.2 โปรแกรม Microsoft excel® version 2006

6.2 โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS® เวอร์ชั่น 12.0 ประเทศสหรัฐอเมริกา

6.3 โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ XLSTAT® version 2006

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิธีการ

1. การศึกษาอิทธิพลของสาร 1-MCP และอุณหภูมิที่มีต่อของคุณภาพทุเรียนพันธุ์หมอนทองตัดแต่งพร้อมบริโภคในระหว่างการเก็บรักษา

1.1 ห้องสะอาด (clean room)

ทำความสะอาดห้องสะอาด (clean room) รวมถึงอุปกรณ์ที่ใช้ในการแปรรูปด้วยสารละลายเดทตอลและเช็ดทำความสะอาดด้วยแอลกอฮอล์ความเข้มข้นร้อยละ 70 เช็ดให้แห้งด้วยผ้าสะอาดพี่ผ่านการฆ่าเชื้อ จากนั้นนำอุปกรณ์ที่ใช้ในการแปรรูปมาทำการฆ่าเชื้ออีกครั้งด้วยแสงยูวีในห้องปลอดเชื้อประมาณ 30 นาที โดยก่อนเข้าห้องสะอาด ผู้ปฏิบัติงานต้องสวมชุด และถุงมือพร้อมทั้งผ้าปิดปากที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส แรงดันไอน้ำ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ก่อนทำการแปรรูป อุณหภูมิที่ใช้ในห้องสะอาดคือ 24±2 องศาเซลเซียส

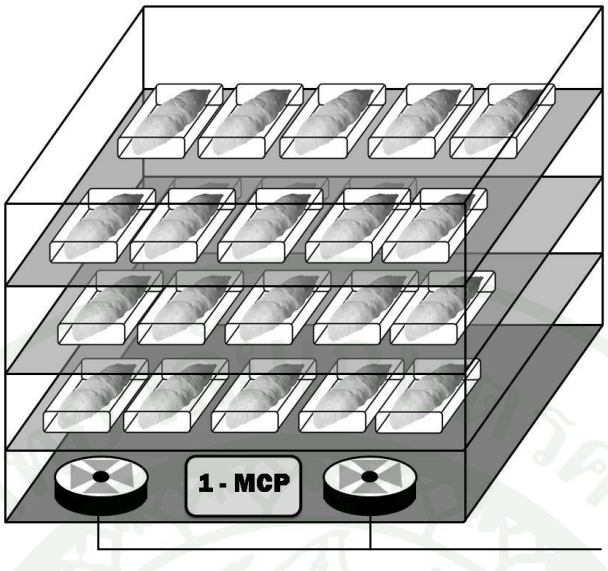
1.2 การเตรียมทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่ง

นำผลทุเรียนพันธุ์ชะนีที่ผ่านการคัดเลือกมาล้างให้สะอาด และจุ่มด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรด์ (NaOCl) ความเข้มข้น 100 ppm นาน 3 นาที ผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (เกศินี และคณะ, 2550) ใช้มีดปลายแหลมที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วแกะเปลือกทุเรียนเอาเฉพาะเนื้อโดยระวังอย่าให้กรีดโดนเนื้อทุเรียน

1.3 กระบวนการรมเนื้อทุเรียนพันธุ์ชะนีด้วยสาร 1- MCP

ชั่งน้ำหนักเนื้อทุเรียนให้ได้ประมาณ 400-500 กรัม นำบรรจุลงในกล่องพลาสติกชนิด Polyethylene (PE) และติดฉลาก สำหรับทุเรียนตัดแต่งชุดที่รมสาร 1-MCP ให้นำเรียงใส่ตู้รมขนาดภายในถัง 37 x 57 x 45 เซนติเมตร ปริมาตรบรรจุ 100 ลิตร ประมาณ 5 ชั้นๆละ 9 กล่อง จากนั้นนำสาร 1-MCP ความเข้มข้น 50 ppb วางบนสำลีแผ่น (ตราถพยาบาล) ขนาด 5x6 เซนติเมตร ที่ชุบน้ำปริมาตร 15-20 มิลลิลิตร โดยรมที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ทำการปิดฝาตู้รมและทิ้งไว้เป็นเวลา 15 ชั่วโมง (ดัดแปลงจากต้นวงศ์, 2549)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 7 การจัดเรียงเนื้อทุเรียนภายในตู้รมสาร 1-MCP

ที่มา: ศิริกาญจน์ (2554)

1.4 การศึกษาอิทธิพลของการรม1-MCP และอุณหภูมิที่มีต่อคุณภาพของทุเรียนตัดแต่งพร้อมบริโภคในระหว่างการเก็บรักษา

นำทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ผ่านการรมและไม่ได้สาร 1-MCP มาปิดผนึกด้วยฟิล์มพลาสติกชนิด Linear low density polyethylene (LLDPE) จากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 องศาเซลเซียส ตามลำดับ โดยทำการทดลองสิ่งทดลองละ 3 ซ้ำ บันทึกผลการทดลองทุก 2, 4 และ 5 วัน ในสิ่งทดลองที่เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 24, 14 และ 4 องศาเซลเซียส ตามลำดับ จากนั้นข้อมูลที่วัดได้นำมาหาค่าการเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ (Relative change) ดังแสดงในสมการที่ (11)

$$\text{การเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ (ร้อยละ)} = \frac{(\text{ค่าคุณภาพที่เปลี่ยนไป} - \text{ค่าคุณภาพเริ่มต้น}) \times 100}{\text{ค่าคุณภาพเริ่มต้น}} \qquad (11)$$

นำข้อมูลที่วัดได้มาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Microsoft office excel version 2006 (สำหรับการสร้างกราฟการเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์), โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ SPSS® version 12 (การวิเคราะห์การ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

รอดชีพ) และโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ XLSTAT® version 2006 (การวิเคราะห์องค์ประกอบ; Principal component analysis)

1.5 การวิเคราะห์ค่าคุณภาพทางกายภาพ

1.5.1 วัดการเปลี่ยนแปลงสีเนื้อของทุเรียนบริเวณตำแหน่งกลางพูของทุเรียน โดยเครื่อง Spectophotometer ทำการวัดผ่านฟิล์มพลาสติก ในระบบ CIE Lab (ดัดแปลงจากสุธีรา, 2546)

1.5.2 การวัดความแน่นเนื้อบริเวณตำแหน่งกลางพูของทุเรียน ใช้การทดสอบแบบกดด้วยเครื่องวัดค่าเนื้อสัมผัส ใช้หัววัดทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร กดลงบนเนื้อทุเรียนลึก 5 มิลลิเมตร ที่ความเร็ว 20 มิลลิเมตรต่อนาที ใช้ load cell ขนาด 5 กิโลกรัม (ดัดแปลงจากสุธีรา, 2546)

1.6 การวิเคราะห์ค่าคุณภาพทางเคมี

1.6.1 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble Solid: TSS) โดยนำเนื้อทุเรียนปริมาณ 3 กรัม ปั่นรวมกับน้ำกลั่นปริมาตร 9 มิลลิลิตร ด้วยเครื่อง homogenizer ความเร็ว 7,000 รอบ/นาที เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำไปเหวี่ยงด้วยเครื่อง centrifuge ความเร็ว 7,000 รอบ/นาที เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นนำสารละลายส่วนใสมาวัดค่า TSS ด้วย Hand refractometer (Booncherm and Siriphanich, 1991) คำนวณกลับด้วย dilution factor (x4)

1.6.2 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (Titratable acidity: TA) โดยนำน้ำทุเรียนที่ปั่นได้จากข้อ 1.6.1 มาทำการไทเตรทกับสารละลายมาตรฐาน NaOH 0.1 N โดยใช้ phenolphthalene 0.1% เป็น indicator นำมาหาปริมาณกรดมาลิกตามวิธี AOAC (2000)

1.6.3 กลิ่นรส นำเนื้อทุเรียนปริมาณ 100 กรัม ปั่นผสมกับน้ำกลั่น 200 กรัม เป็นเวลา 1 นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นำของผสมที่ปั่นแล้ว 15 กรัม ใส่ในขวดแก้ว (vial) ขนาด 30 มิลลิลิตร จากนั้นเติม NaCl 5 กรัม และคนให้เข้ากัน ทำการเติมสารมาตรฐาน (Internal standard) ในการทดลองนี้ใช้ thiophene ความเข้มข้น 1 กรัมต่อลิตร (เมทานอล) เติมลงในขวดแก้วปริมาณ 15 ไมโครลิตร ปิดผนึกด้วยฝาอะลูมิเนียมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร กับแผ่น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เทฟรอน (Teflon septum) บ่มเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที นำตัวอย่างที่ได้ไปวิเคราะห์กลิ่นรสด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี (Gas chromatrography: GC) ต่อกับ mass selective detector โดยเครื่อง GC-MS มีก๊าซฮีเลียมเคลื่อนที่ด้วยอัตราการไหล 0.4 มิลลิลิตรต่อนาที ร่วมกับการโปรแกรมอุณหภูมิของ oven ของเครื่อง Gas chromatography โดยใช้อุณหภูมิเริ่มต้นที่ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1.5 นาที จากนั้นเพิ่มขึ้นด้วยอัตราเร็ว 50 องศาเซลเซียสต่อนาที จนถึงอุณหภูมิสุดท้าย 240 องศาเซลเซียส และคงไว้เป็นเวลา 2 นาที การสกัดสารระเหยให้กลิ่นของทุเรียนพันธุ์หมอนทองใช้วิธี Solid Phase Microextraction (SPME) โดยใช้ไฟเบอร์ชนิด DVB/Carboxen™/PDMS (Divinylbenzene/Carboxen/Polydimethylsiloxane) ขนาด 50/30 µm ดูดซับสารระเหยภายในขวดแก้วขนาดเล็กบริเวณช่องว่าง (Headspace) เหนือตัวอย่างเป็นเวลา 30 นาที ควบคุมอุณหภูมิขณะดูดซับสารระเหยโดยใช้อ่างควบคุมอุณหภูมิที่ 30 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นจึงฉีดสารระเหยจากไฟเบอร์ดูดสาร (SPME syringe) เข้าสู่เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี แล้วจึงนำไฟเบอร์ฉีดสารระเหยเข้าสู่เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี บริเวณส่วน injection port เพื่อปลดปล่อยสารระเหยที่ดูดซับเอาไว้โดยใช้ก๊าซฮีเลียม (Helium) พาสารระเหยเข้าไปยังคอลัมน์ด้วยอัตราการไหล 0.4 มิลลิลิตรต่อนาที สารจะถูกแยกด้วยแคปิลารีคอลัมน์ RTX-5 (ยาว 10 เมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.18 มิลลิเมตร และความหนาของฟิล์มที่เคลือบไฟเบอร์ 0.18 ไมโครเมตร) การบ่งบอกชนิดของสารระเหยโดยเครื่อง Mass selective detector (MS) ชนิด Time of flight (TOF) ใช้ค่าพลังงานไอออไนเซชัน 70 อิเล็กตรอนโวลท์ ช่วงในการสแกน 33-400 m/z ที่ความเร็วในการสแกน 2.05 สแกนต่อวินาที การหา retention index และพื้นที่ใต้พีคของสารโดยใช้โปรแกรม Chroma TOF® เวอร์ชั่น 4.13 การระบุชนิดสารทำโดยเปรียบเทียบข้อมูล mass spectra ที่ได้ของสารระเหยแต่ละชนิดกับฐานข้อมูล NIST/EPA/NIH Mass Spectral Library (NIST 08) and NIST Mass Spectral Search Program (Version 2.0f) การคำนวณปริมาณสารระเหยแต่ละชนิดทำได้โดยการคำนวณเปรียบเทียบพื้นที่ใต้พีคของสารนั้นๆ กับสารมาตรฐาน (Internal standard) ที่ทราบความเข้มข้นแน่นอน แล้วรายงานเป็นค่าความเข้มข้นสัมพัทธ์ของสารชนิดนั้น ๆ ในเนื้อทุเรียน (ไมโครกรัม/กิโลกรัม หรือ ppb) (ดัดแปลงจาก Chin *et al*., 2007)

1.6.4 การวัดกิจกรรมของเอนไซม์ Polygalacturonase (PG) มีขั้นตอนดังนี้

1.6.4.1 การสกัดเอนไซม์ Polygalacturonase (PG) นำเนื้อทุเรียนปริมาณ 10 กรัม เติม phosphate buffer (pH 6.2) 100 มิลลิโมลประกอบด้วย EDTA (ร้อยละ 5) 1 โมลต่อลิตร, insoluble polyvinylpolypyrolidone 100 โมลต่อลิตร, วิตามินซี ปริมาตร 15 มิลลิลิตร จากนั้นนำไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปั่นให้ละเอียด กรองด้วย Miracloth นำไปปั่นเหวี่ยงที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบ 12,000 เป็นเวลา 20 นาที ส่วนใสที่ได้นำไปวัดกิจกรรมของเอนไซม์ Polygalacturonase (PG)

1.6.4.2 การวัดกิจกรรมของเอนไซม์ Polygalacturonase (PG) นำตัวอย่างที่สกัดได้ (supernatant) ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ผสมกับ polygalacturonic acid ความเข้มข้นร้อยละ 5 จำนวน 1 มิลลิลิตร จากนั้นเติม sodium acetate buffer (pH 4.5) 0.1 โมลาร์ ปริมาตร 2 มิลลิลิตร จากนั้นเติม 3,5 –dinitrosalicylic acid ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เพื่อทำให้เกิดสี นำตัวอย่างไปบ่มที่ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 นาโมเมตร (Luchsinger และ Corndk , 1962)

1.7 การวิเคราะห์ค่าคุณภาพทางสรีรวิทยา

1.7.1 วิเคราะห์ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ออกซิเจน (O_2) และเอทิลีน (C_2H_4) โดยนำ septum ติดไว้ที่กล่องพลาสติกที่บรรจุเนื้อทุเรียน ใช้เข็มเจาะผ่านseptum เพื่อเก็บตัวอย่างก๊าซภายในบรรจุภัณฑ์ด้วยกระบอกฉีดยาปริมาตร 5 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปฉีดเข้าเครื่อง Gas Chromatography (GC) เพื่อวิเคราะห์ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ออกซิเจน (O_2) และเอทิลีน (C_2H_4)

1.7.2 การสูญเสียน้ำหนัก (Weight Loss) ทำการวัดโดยชั่งน้ำหนักของเนื้อทุเรียนตั้งแต่วันแรกที่ทำการเก็บรักษาในภาชนะบรรจุ และชั่งน้ำหนักถาดเดิมตลอดการเก็บรักษา คำนวณหาร้อยละการสูญเสียน้ำหนักดังสมการที่ (12)

$$\text{การสูญเสียน้ำหนัก (ร้อยละ)} = \frac{(\text{น้ำหนักสุดท้าย} - \text{น้ำหนักเริ่มต้น})}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น}} \times 100 \qquad (12)$$

1.8 การวิเคราะห์ค่าคุณภาพทางจุลินทรีย์

ทำการวิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรียและปริมาณยีสต์ และราทั้งหมดในเนื้อทุเรียนตัดแต่งตามวิธีการของ Food and Drug Administration (2002)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.9 การประเมินคุณภาพทุเรียนตัดแต่งด้วยการทดสอบทางประสาทสัมผัส

การศึกษาคุณภาพของทุเรียนที่มีผลต่อการยอมรับเนื้อทุเรียน ทำการสำรวจข้อมูลโดยใช้ผู้ทดสอบ 30 คนต่อวัน (ไม่ซ้ำกัน) ในการตอบแบบสอบถาม (รวมทั้งหมด 510 คน) โดยใช้ทุเรียนตัดแต่งที่รมและไม่ได้รมสาร 1-MCP เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30, 20 และ 10 วัน ตามลำดับ มาทำการสอบถามความคิดเห็นของผู้บริโภค โดยใช้แบบทดสอบความชอบ ขนาดสเกล 1-9 (9-point Hedonic scale) ดังนี้ 1 คือ ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 คือ ชอบมากที่สุด ร่วมกับ Dichotomous scale (ยอมรับหรือไม่ยอมรับ) ทำการทดสอบทุกวันจนกว่าทุเรียนตัดแต่งที่รมและไม่ได้รมสาร1-MCP จะไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยคุณภาพทางกายภาพและกลิ่นรสของเนื้อทุเรียนที่มีผลต่อการยอมรับของกลุ่มผู้ทดสอบ

2. การประเมินอายุการเก็บรักษาของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคในระหว่างการเก็บรักษา

2.1 การศึกษาสมการจลนพลศาสตร์ของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภค

นำผลการทดลองค่าคุณภาพทั้งทางด้านกายภาพ เคมี สรีรวิทยา และจุลินทรีย์มาสร้างสมการจลนพลศาสตร์ (kinetics of the reaction) ด้วยวิธีวิเคราะห์ Univariate kinetic analysis และหาอันดับปฏิกิริยา (reaction order) เพื่อทราบอัตราการเกิดปฏิกิริยาของทุเรียนตัดแต่งที่รมและไม่รมสาร1-MCP ที่เปลี่ยนแปลงในช่วงเวลาหนึ่ง ซึ่งการประเมินหาได้จากการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาดังกล่าวโดยสัมพันธ์กับความเร็วอัตราและจลนพลศาสตร์ (kinetic) ของปฏิกิริยา ดังสมการ $\pm dC_A/dt = kC_A$ โดยเครื่องหมายบวก (+) แทนการเปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาที่เพิ่มขึ้น และเครื่องหมายลบ (-) แทนการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาที่ลดลง และสามารถหาอันดับปฏิกิริยา (n) ได้โดยการสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างสารประกอบปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นกับระยะเวลาในการศึกษา (รุ่งนภา, 2549; Taoukis *et al*., 2004) ดังนี้

$$n = 0 ; \quad C_A - C_{A0} = \pm kt \qquad (13)$$

$$n = 1 ; \quad \ln C_A/C_{A0} = \pm kt \qquad (14)$$

$$n = 2 ; \quad 1/C_A - 1/C_{A0} = \pm kt \qquad (15)$$

เมื่อ C_A หมายถึง สารประกอบที่เกิดขึ้นของปฏิกิริยา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

C_{A0} หมายถึง สารประกอบเริ่มต้นที่มีอยู่ในปฏิกิริยา

k หมายถึง ค่าคงที่อัตรา (reaction rate constant)

t หมายถึง ระยะเวลาในการศึกษา

จากนั้นนำมาสร้างสมการ Arrhennius เพื่อหาพลังงานกระตุ้น activation energy (E_a) ซึ่งสามารถใช้อธิบายอิทธิพลของอุณหภูมิที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภค ดังนี้

$$k = k_0 \exp(-E_a/RT) \quad (16)$$

เมื่อ k หมายถึง ค่าคงที่อัตรา

k_0 หมายถึง ค่าคงที่ของอาร์รีเนียส

E_a หมายถึง พลังงานกระตุ้น (activated energy)

R หมายถึง ค่าคงที่ของแก๊ส (gas constant) เท่ากับ 8.314 J/mole

T หมายถึง อุณหภูมิสัมบูรณ์ (absolute temperature, K)

จากนั้น ทำการเปรียบเทียบสมการจลนพลศาสตร์ด้วยวิธีวิเคราะห์ Univariate kinetic analysis และวิธีวิเคราะห์หลายตัวแปร (Multivariate kinetic analysis) ซึ่งสร้างสมการจากตัวแปรใหม่ในการวิเคราะห์องค์ประกอบ (Principal Component Analysis: PCA) ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ XLSTAT® version 2006 โดยการใช้องค์ประกอบในการอธิบายและการคัดเลือกปัจจัยคุณภาพที่สำคัญสำหรับการประเมินอายุการเก็บรักษา

2.2 การวิเคราะห์การรอดชีพโดยใช้การยอมรับของผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน

ทำการวิเคราะห์การรอดชีพ โดยพิจารณาจากเหตุการณ์ที่สนใจ ในที่นี้คือ การยอมรับทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคของผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน (ผู้บริโภค) โดยใช้ผู้ทดสอบทั้งหมด 570 คน ให้ผู้ทดสอบตอบแบบสอบถาม (ยอมรับ/ปฏิเสธ) ทุเรียนตัดแต่งซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 องศาเซลเซียส ตามระยะเวลาการเก็บที่เปลี่ยนแปลงไป เพื่อทราบความน่าจะเป็นในการยอมรับและอัตราเสี่ยงที่ผู้บริโภคจะไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์ ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ SPSS® version 12

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลและวิจารณ์

1. ศึกษาอิทธิพลของสาร 1-methylcyclopropene และอุณหภูมิที่มีต่อคุณภาพของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคในระหว่างการเก็บรักษา

1.1 คุณภาพด้านกายภาพ

1.1.1 สี

จากการวัดค่าสีโดยระบบ CIE Lab รายงานผลเป็นค่า L*, a* และ b* โดยที่ค่า L* คือค่าความสว่าง มีค่าตั้งแต่ 0 (สีดำ) จนถึง 100 (สีขาว) ค่า +a หมายถึง ความเป็นสีแดง –a หมายถึง ความเป็นสีเขียว ค่า +b หมายถึง ความเป็นสีเหลือง และ –b หมายถึง ความเป็นสีน้ำเงิน (วิษฐิดา, 2552) เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ของค่าสี L*, a* และ b* ของเนื้อทุเรียนตัดแต่งพันธุ์ชะนี พบว่า เนื้อทุเรียนตัดแต่งที่รมและไม่ได้รมสาร 1-MCP ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน อย่างไรก็ตาม การรมเนื้อทุเรียนตัดแต่งด้วยสาร 1-MCP มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าสี โดยพบการเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ของค่าสี L*, a* และ b* มีค่าน้อยกว่าเนื้อทุเรียนตัดแต่งที่ผ่านการรมด้วยสาร 1-MCP เมื่อเปรียบเทียบกับทุเรียนตัดแต่งที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP

การเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ของค่าสี L* ของเนื้อทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งมีแนวโน้มลดลงอย่างช้าๆ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยเนื้อทุเรียนตัดแต่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงช้ากว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 14 และ 24 องศาเซลเซียส ตามลำดับ โดยพบการเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ของค่าสี L* ของทุเรียนตัดแต่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ระหว่างทุเรียนตัดแต่งที่รมและไม่รมสาร 1-MCP ตั้งแต่วันที่ 5 ของการเก็บรักษา ส่วนทุเรียนตัดแต่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 14 องศาเซลเซียส มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ระหว่างทุเรียนตัดแต่งที่รมและไม่รมสาร ตั้งแต่วันที่ 4 ของการเก็บรักษา และทุเรียนตัดแต่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส จะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ระหว่างทุเรียนตัดแต่งที่รมและไม่รมสาร1-MCP ตั้งแต่วันที่ 2 ของการเก็บรักษา ทุเรียนตัดแต่งที่รมสาร 1-MCP มีค่าความสว่างมากกว่าทุเรียนตัดแต่งที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP (ภาพที่ 8)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ของค่าสี a* (ภาพที่ 9) และ b* (ภาพที่ 10) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยพบการเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ของค่าสี สี a* และ b* ของทุเรียนตัดแต่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 องศาเซลเซียส จะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ระหว่างทุเรียนตัดแต่งที่รมและไม่รมสารตั้งแต่วันแรกของการเก็บรักษา โดยค่าสี a* และ b* ที่เพิ่มสูงขึ้นมีความสัมพันธ์กับสีแดงและสีเหลืองที่เพิ่มมากขึ้นของเนื้อทุเรียนเมื่อเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น ทุเรียนตัดแต่งที่รมสาร 1-MCP มีค่าสีแดงและสีเหลืองต่ำกว่าทุเรียนตัดแต่งที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP สอดคล้องการงานวิจัยของสุดารัตน์ (2536) ซึ่งพบการเปลี่ยนแปลงของปริมาณเบต้าแคโรทีนในเนื้อทุเรียนที่เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาทั้งในทุเรียนพันธุ์หมอนทองและชะนี โดยการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องกระตุ้นให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่เร็วกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ จากการศึกษายังพบว่า เนื้อทุเรียนตัดแต่งที่รมสาร 1-MCP มีการเปลี่ยนแปลงของค่าสี L*, a* และ b* ช้ากว่าเนื้อทุเรียนตัดแต่งที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP สอดคล้องกับงานวิจัยของเบญจมาสและคณะ (2550) และ ศิริกาญจน์ (2554) ซึ่งพบว่า เนื้อทุเรียนที่ผ่านการรมด้วยสาร 1-MCP จะมีสีของเนื้อทุเรียนอ่อนกว่าทุเรียนที่ไม่ผ่านการรมสาร 1-MCP

ปัจจุบันการวัดค่าสีด้วยระบบ CIE L*C*h ได้รับการยอมรับและเป็นที่นิยมมากขึ้นเนื่องจากสามารถแสดงค่าในลักษณะที่ใช้สื่อสารกันทั่วไป (ความสว่าง สี และความเข้ม) โดยการแปลผลจากค่าสีในระบบ CIE Lab L*a*b* ให้แสดงในรูปของค่าความเข้มของสี (chroma, C*) และค่ามุมของสี (hue angle, h) ซึ่งมีหน่วยเป็นองศา โดย 0-45° แสดงสีม่วงแดงถึงสีส้มแดง 45-90° แสดงสีส้มแดงถึงสีเหลือง 90-135° แสดงสีเหลืองถึงเหลืองเขียว 135-180° แสดงสีเหลืองเขียวถึงเขียว 180-225° แสดงสีเขียวถึงสีน้ำเงิน 225-270° แสดงสีน้ำเงินเขียวถึงน้ำเงิน 270-315° แสดงสีน้ำเงินถึงม่วง และ 315-360° แสดงสีม่วงถึงม่วงแดง โดยค่าสี L* ยังเป็นค่าเดิมจากระบบ CIE Lab L*a*b* ซึ่งหมายถึงความสว่าง (วิษฐิดา, 2552) จากการวิเคราะห์ค่าสีของทุเรียนตัดแต่งพันธุ์ชะนีในรูปค่า hue (h) พบว่า เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นค่า h มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเพียงเล็กน้อยในทุกอุณหภูมิการเก็บรักษาทั้งในทุเรียนที่รมและไม่สาร 1-MCP โดยทุเรียนตัดแต่งที่รมสาร 1-MCP มีค่า h ในช่วง 88.57-88.65 ° ส่วนทุเรียนตัดแต่งที่ไม่รมสาร 1-MCP มีค่า h ในช่วง 88.59-88.68° แสดงให้เห็นว่าเนื้อทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งมีสีเหลืองอมส้ม ส่วนการวิเคราะห์ผลค่าสีของทุเรียนตัดแต่งพันธุ์ชะนีให้ในรูปค่า C* พบว่า เมื่อเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นค่า C* มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในทุกอุณหภูมิการเก็บรักษาทั้งในทุเรียนที่รมและไม่สาร 1-MCP โดยทุเรียนที่รมสาร 1-MCP มีค่า C* ในช่วง 35.69-42.19 และทุเรียนที่ไม่รมสาร 1-MCP มีค่า C* ในช่วง 36.92-46.91 แสดงให้เห็นว่า เมื่อเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นเนื้อทุเรียนตัดแต่งมีค่าความเข้มสีเพิ่ม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

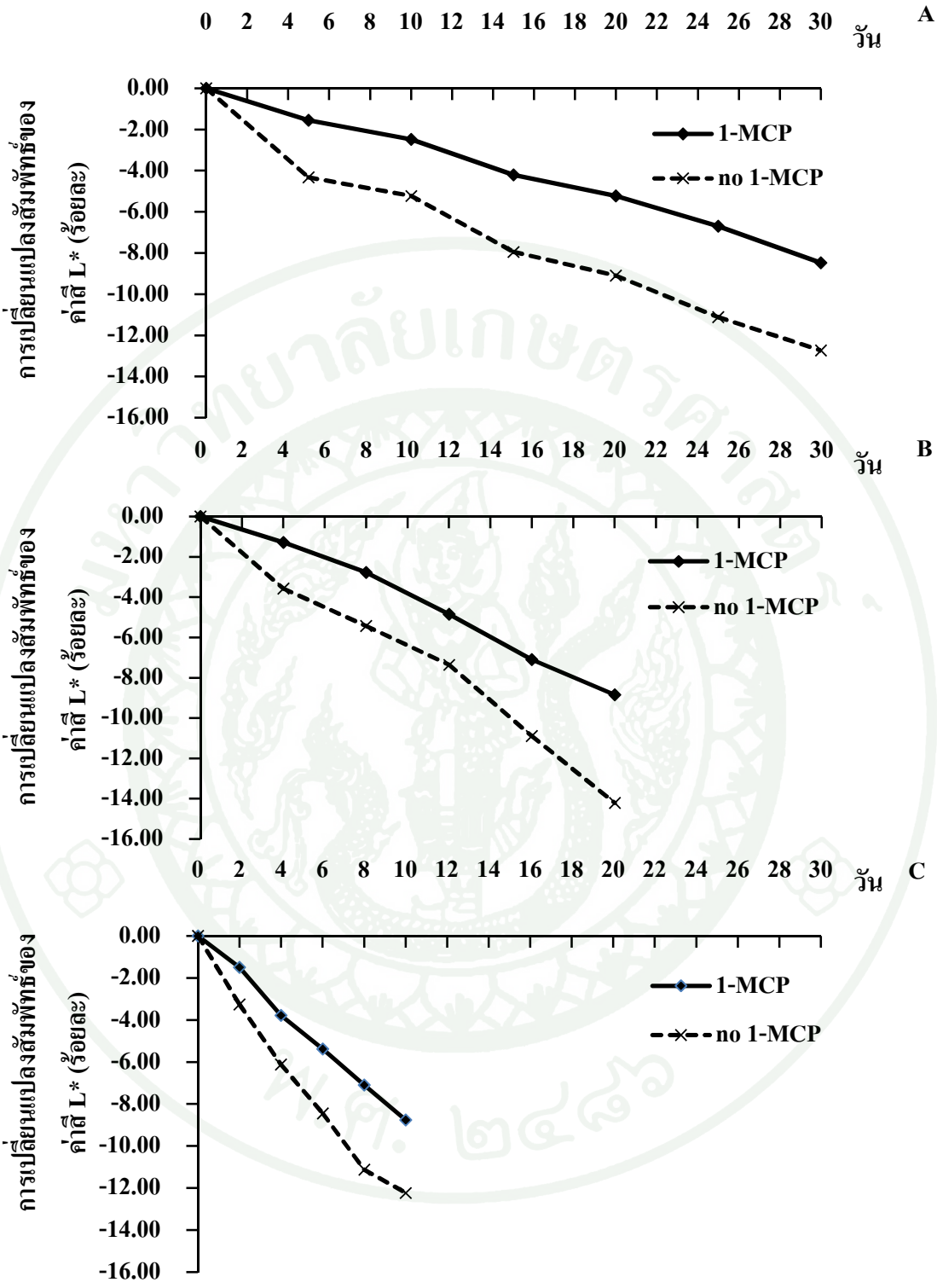
สูงขึ้นทั้งในทุเรียนที่รมและไม่รมสาร 1-MCP โดยเนื้อทุเรียนตัดแต่งที่ไม่รมสารมีการเปลี่ยนแปลงความเข้มของสีเนื้อที่สูงกว่าทุเรียนตัดแต่งที่รมสาร 1-MCP

1.1.2 เนื้อสัมผัส (Firmness)

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสด้านความแน่นเนื้อ พบว่า การเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ของความแน่นเนื้อของทุเรียนตัดแต่งมีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บในทุกอุณหภูมิของการเก็บรักษา การเก็บรักษาเนื้อทุเรียนตัดแต่งที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เนื้อทุเรียนมีการเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ของความแน่นเนื้อที่ช้ากว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 14 และ 24 องศาเซลเซียส ตามลำดับ สอดคล้องกับงานวิจัยของ ศิริกาญจน์ (2554) ซึ่งพบว่าการเก็บรักษาเนื้อทุเรียนพันธุ์หมอนทองตัดแต่งที่อุณหภูมิต่ำ มีการเปลี่ยนแปลงของความแน่นเนื้อที่น้อยกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูง

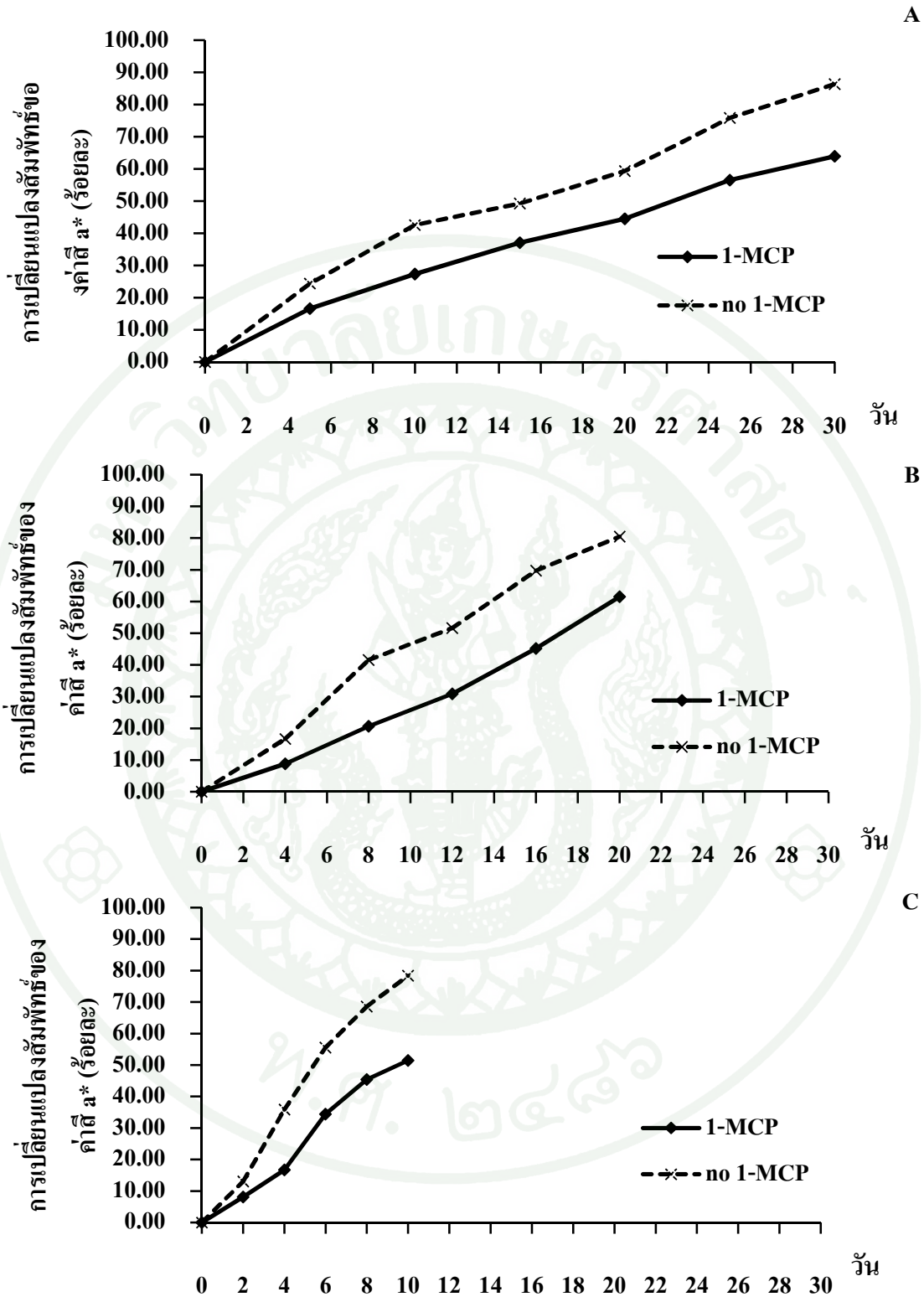
เนื้อทุเรียนตัดแต่งที่รมด้วยสาร 1-MCP มีการเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ของความแน่นเนื้อน้อยกว่าเนื้อทุเรียนตัดแต่งไม่ไม่ได้รมด้วยสาร 1-MCP โดยพบทุเรียนตัดแต่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 องศาเซลเซียส มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ระหว่างทุเรียนที่รมและไม่รมสาร 1-MCP ตั้งแต่วันที่ 5, 4 และ 2 ของการทดลอง ตามลำดับ (ภาพที่ 11) สอดคล้องกับงานวิจัยของศิริกาญจน์ (2554) และต้นวงศ์ (2549) ที่พบว่า ทุเรียนพันธุ์หมอนทองตัดแต่งที่รมสาร 1-MCP มีการเปลี่ยนแปลงของความแน่นเนื้อน้อยกว่าทุเรียนตัดแต่งที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP โดยในทุเรียนผ่านการรมสาร 1-MCP พบกิจกรรมของเอนไซม์ Polygalacturonase มีค่าน้อยกว่าทุเรียนตัดแต่งที่ไม่ผ่านการรมสาร 1-MCP ซึ่งเอนไซม์นี้มีความสำคัญต่อการอ่อนนุ่มของเนื้อทุเรียนตัดแต่ง ส่งผลให้สามารถชะลอการสูญเสียความแน่นเนื้อในทุเรียนตัดแต่งได้ นอกจากนั้นยังพบการเปลี่ยนแปลงในลักษณะเดียวกันในผลมะเขือเทศ (Hoeberichts *et al*., 2002) อะโวคาโด มะละกอ และมะม่วง (Hofman *et al*., 2001) ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่ม climacteric fruits เช่นเดียวกับทุเรียน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



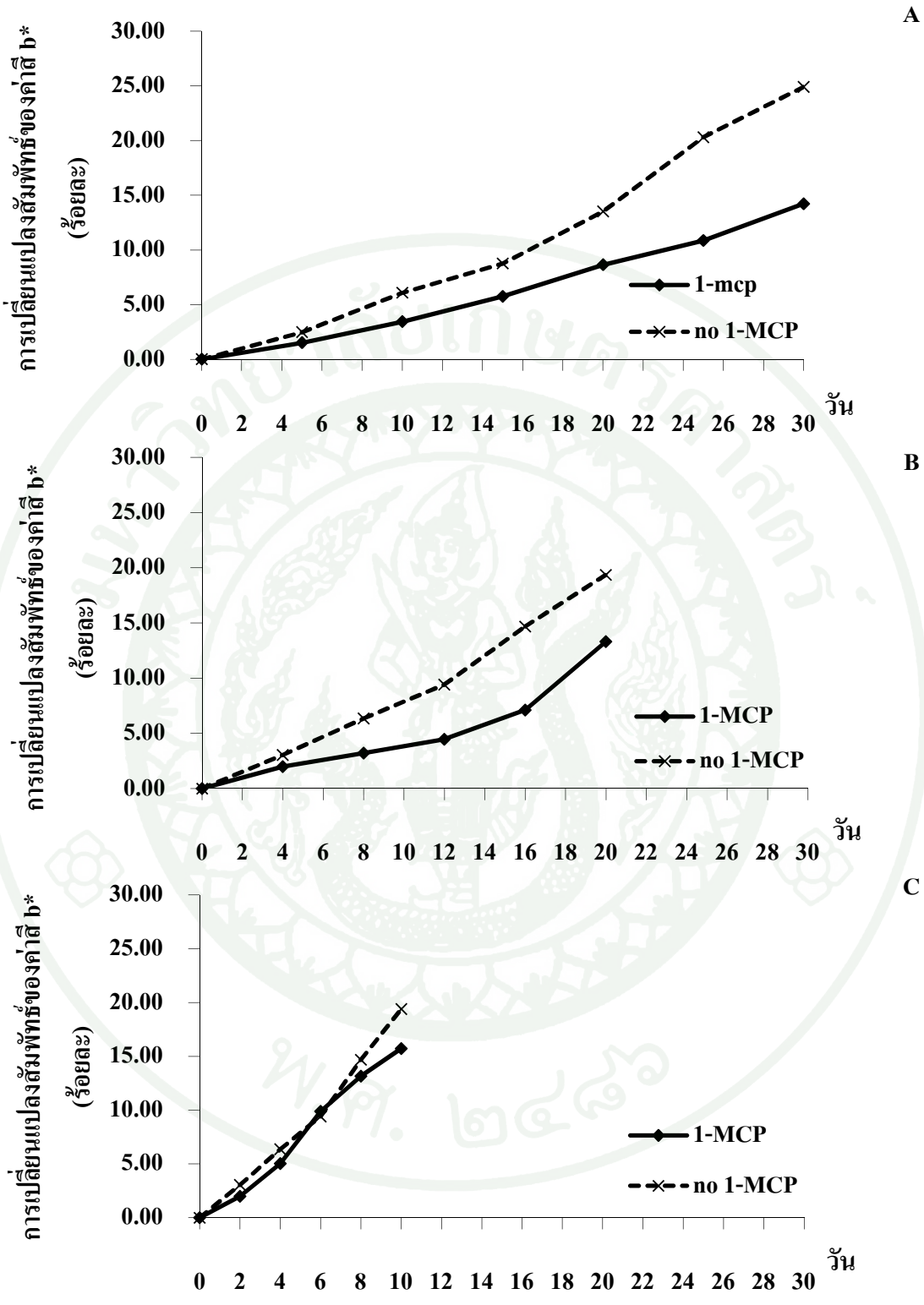
ภาพที่ 8 การเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ของค่าสี L* ของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รมและไม่ได้รมสาร 1-MCP ที่เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (A), 14 องศาเซลเซียส (B) และ 24 องศาเซลเซียส (C)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



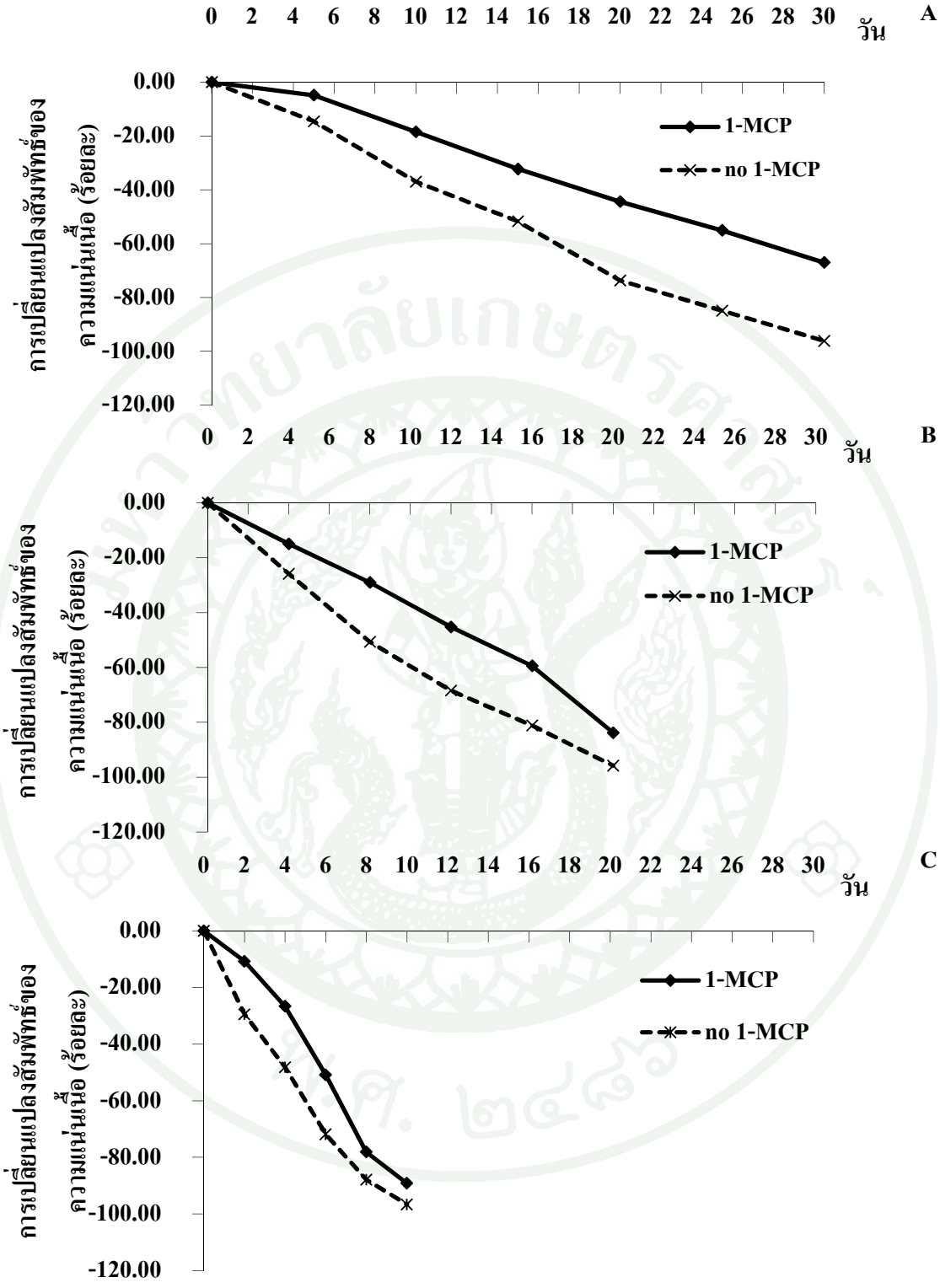
ภาพที่ 9 การเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ของค่าสี a* ของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รมและไม่ได้รมสาร 1-MCP ที่เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (A), 14 องศาเซลเซียส (B) และ 24 องศาเซลเซียส (C)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 10 การเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ของค่าสี b* ของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รมและไม่ได้รมสาร 1-MCP ที่เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (A), 14 องศาเซลเซียส (B) และ 24 องศาเซลเซียส (C)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 11 การเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ของค่าความแน่นเนื้อ ของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รมและไม่ได้รมสาร 1-MCP ที่เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (A), 14 องศาเซลเซียส (B) และ 24 องศาเซลเซียส (C)

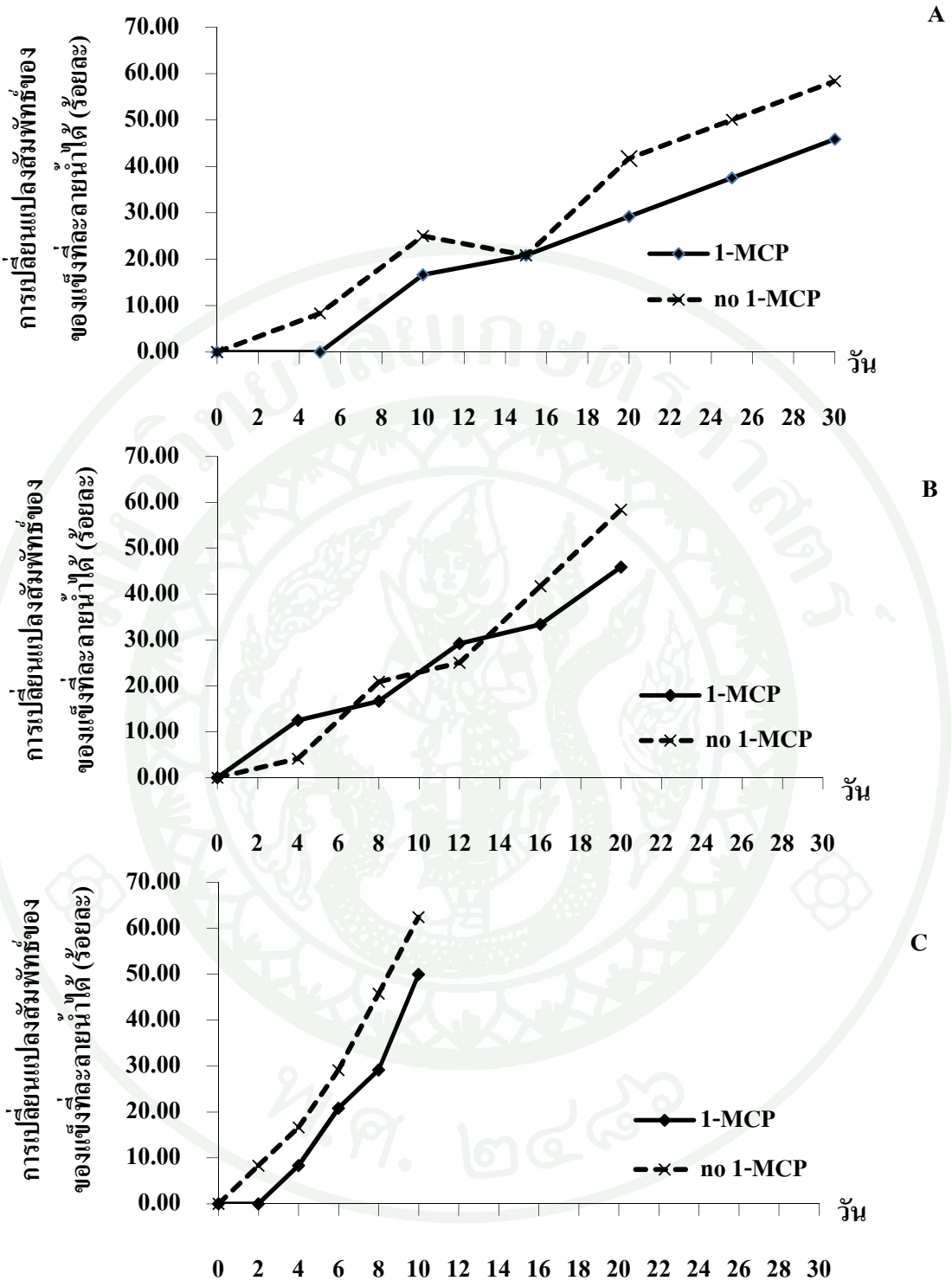
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.2 คุณภาพทางเคมี

1.2.1 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble Solids)

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บในทุกอุณหภูมิการเก็บรักษา โดยการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เนื้อทุเรียนตัดแต่งมีการเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ของของแข็งที่ละลายได้ช้ากว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 14 และ 24 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P_{>}0.05$) ระหว่างทุเรียนตัดแต่งที่รมและไม่ได้รมสาร 1-MCP (ภาพที่ 12) สอดคล้องกับงานวิจัยของเบญจมาศและคณะ (2550) และ อนวัชและคณะ (2547) ซึ่งพบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (TSS) ของเนื้อทุเรียนที่รมด้วย 1-MCP ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) อย่างไรก็ตามพบการเปลี่ยนแปลงที่ไม่แน่นอนของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในผลไม้หลายชนิดที่ผ่านการรมด้วยสาร 1-MCP โดยพบปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีปริมาณสูงขึ้นใน สับปะรด (Selvarajah *et al*., 2001) มะละกอ (Hofman *et al*., 2001) และ แอปเปิ้ล (Fan *et al*., 1999) และพบปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีปริมาณลดลงในผลสตรอเบอรี่ (Tian *et al*., 2000) ขณะที่ใน ส้ม (Porat *et al*., 1999) แอปริคอต พลัม (Dong *et al*., 2002) และมะม่วง (Hofman *et al*., 2001) ไม่พบความแตกต่างของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เมื่อเปรียบเทียบกับสิ่งทดลองควบคุม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 12 การเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รมและไม่ได้รมสาร 1-MCP ที่เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (A), 14 องศาเซลเซียส (B) และ 24 องศาเซลเซียส (C)

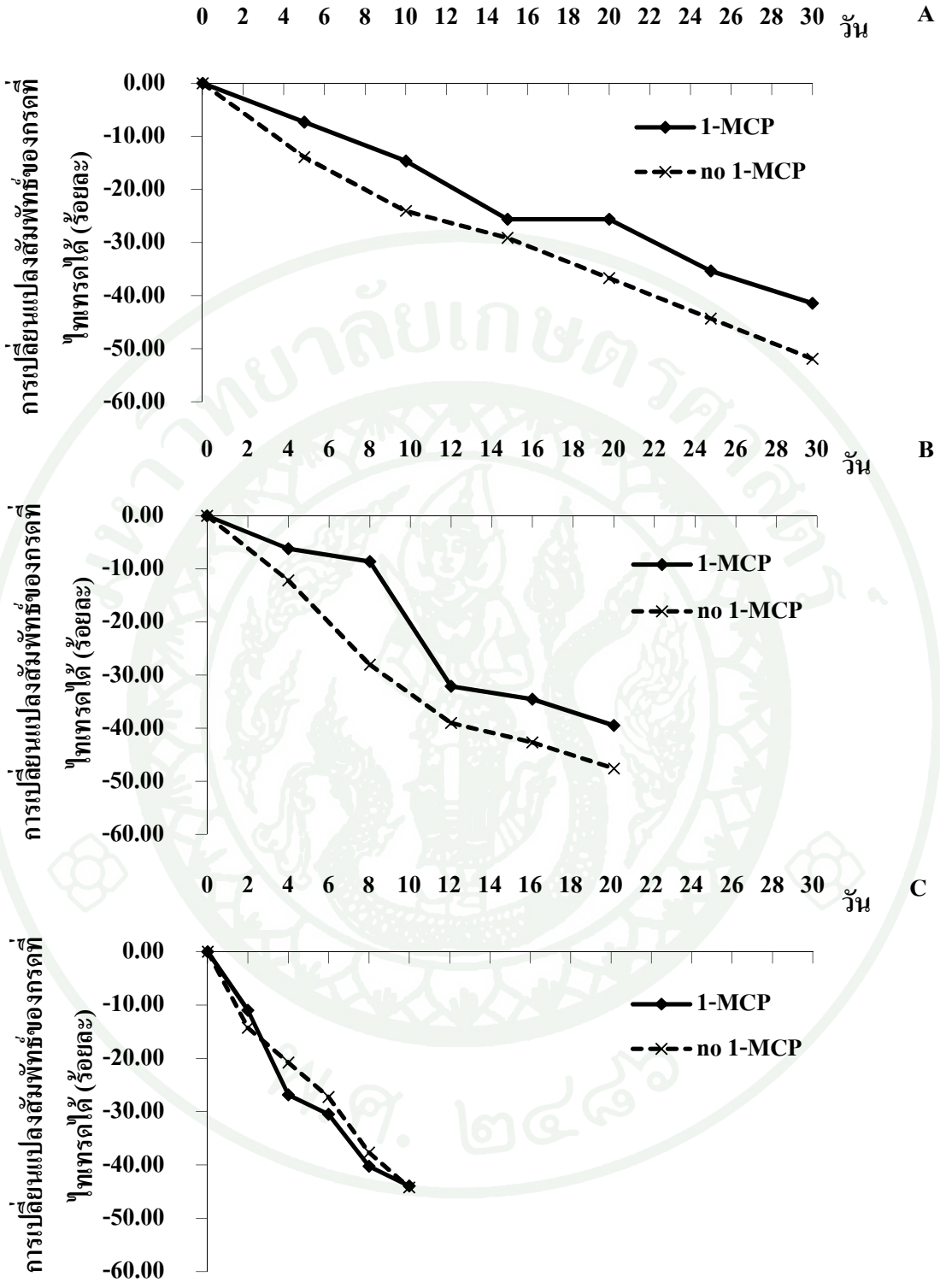
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.2.2 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (Tritratable acid)

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ของปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ พบว่ามีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บในทุกอุณหภูมิของการเก็บรักษา มีความแตกต่างทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ระหว่างเนื้อทุเรียนตัดแต่งที่รมและไม่รมด้วยสาร 1-MCP ในเนื้อทุเรียนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ตั้งแต่วันแรกของการเก็บรักษา ในเนื้อทุเรียนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 14 องศาเซลเซียส ตั้งแต่วันที่ 8 ของการเก็บรักษา ส่วนที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส พบความแตกต่างในช่วงสองวันแรกของการเก็บรักษา ทุเรียนที่ผ่านการรมด้วยสาร 1-MCP จะมีการเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ของค่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้น้อยกว่าทุเรียนที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP (ภาพที่ 13)

โดยทั่วไปเมื่อผลไม้เข้าสู่กระบวนการสุกปริมาณกรดมักจะลดต่ำลง เนื่องจากกรดอินทรีย์เป็นสารตั้งต้นในกระบวนการหายใจ (จริงแท้, 2546) การรมเนื้อทุเรียนตัดแต่งด้วยสาร 1-MCP ซึ่งมีบทบาทในการยับยั้งการทำงานของเอทีลีนจึงน่าจะส่งผลให้เนื้อทุเรียนตัดแต่งมีการมีอัตราการหายใจที่ลดลง ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดที่ไทเทรตได้จึงลดลงด้วย สอดคล้องกับผลการวิจัยของศิริกาญจน์ (2554) และ เบญจมาศ และคณะ (2550)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



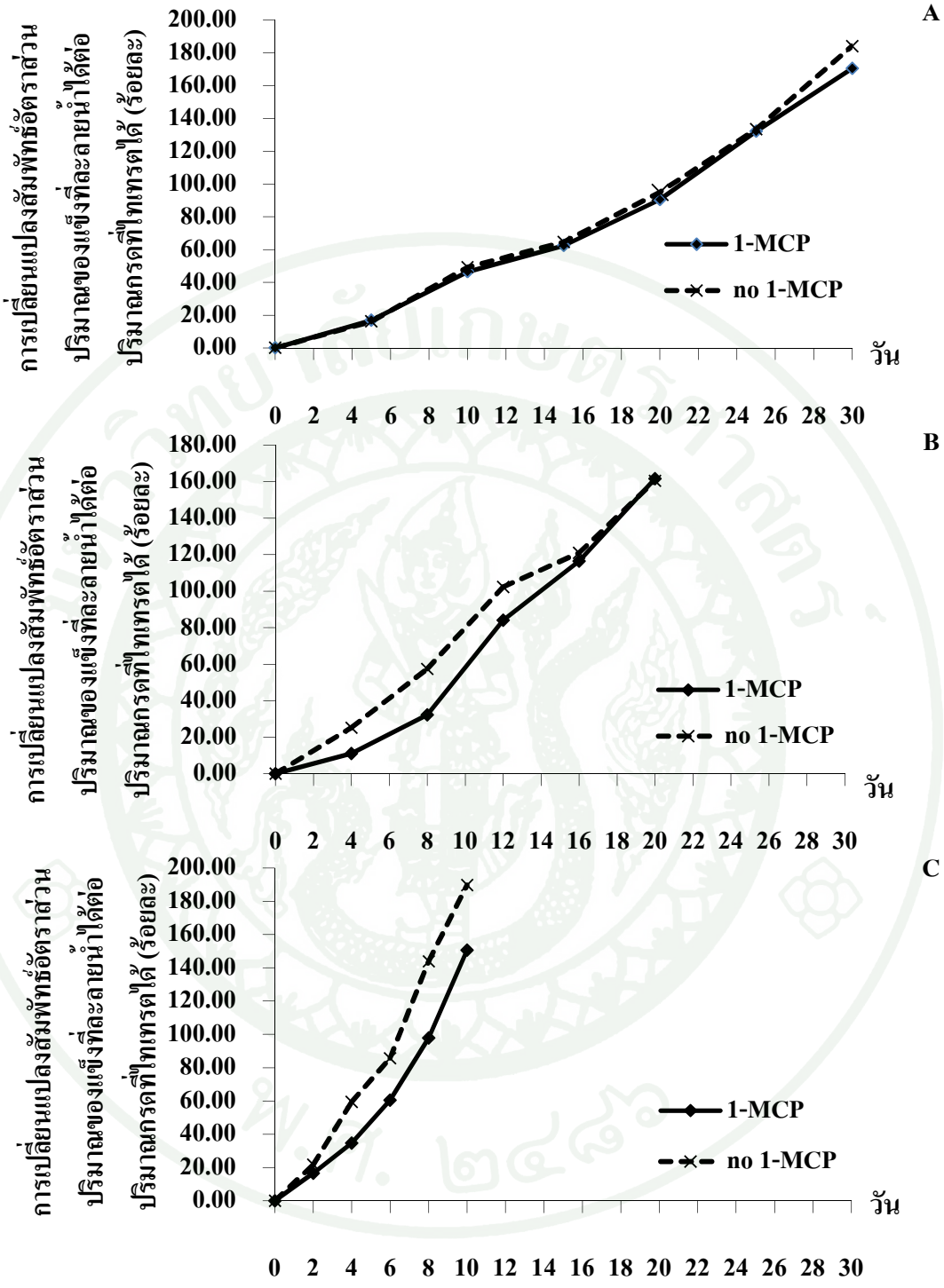
ภาพที่ 13 การเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ของกรดที่ไทเทรตได้ ของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รมและไม่ได้รมสาร 1-MCP ที่เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (A), 14 องศาเซลเซียส (B) และ 24 องศาเซลเซียส (C)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.2.3 ค่าอัตราส่วนของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TSS/TA ratio)

จากการศึกษาอัตราส่วนของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TSS/TA) พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาทั้งในทุเรียนที่รมและไม่รมสาร 1-MCP ในทุกอุณหภูมิการเก็บรักษา มีความแตกต่างทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ระหว่างเนื้อทุเรียนตัดแต่งที่รมและไม่รมด้วยสาร 1-MCP ในเนื้อทุเรียนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ14 องศาเซลเซียส ตั้งแต่วันแรกของการเก็บรักษา ส่วนที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส พบความแตกต่างในช่วงสองวันแรกของการเก็บรักษา ทุเรียนที่ผ่านการรมด้วยสาร 1-MCP จะมีการเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ของค่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้น้อยกว่าทุเรียนที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP (ภาพที่ 14) โดยค่าสัดส่วนของ TSS/TA ที่สูงขึ้นนั้นแสดงถึงรสหวานที่เพิ่มสูงขึ้น โดยทุเรียนตัดแต่งที่รมสาร 1-MCP มีค่าเฉลี่ยสัดส่วนของ TSS/TA อยู่ระหว่าง 11.71-33.91 ส่วนทุเรียนตัดแต่งที่ไม่รมสาร 1-MCP มีค่าเฉลี่ยสัดส่วนของ TSS/TA อยู่ระหว่าง 14.63-43.16

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 14 การเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์อัตราส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รมและไม่ได้รมสาร 1-MCP เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (A), 14 องศาเซลเซียส (B) และ 24 องศาเซลเซียส (C)

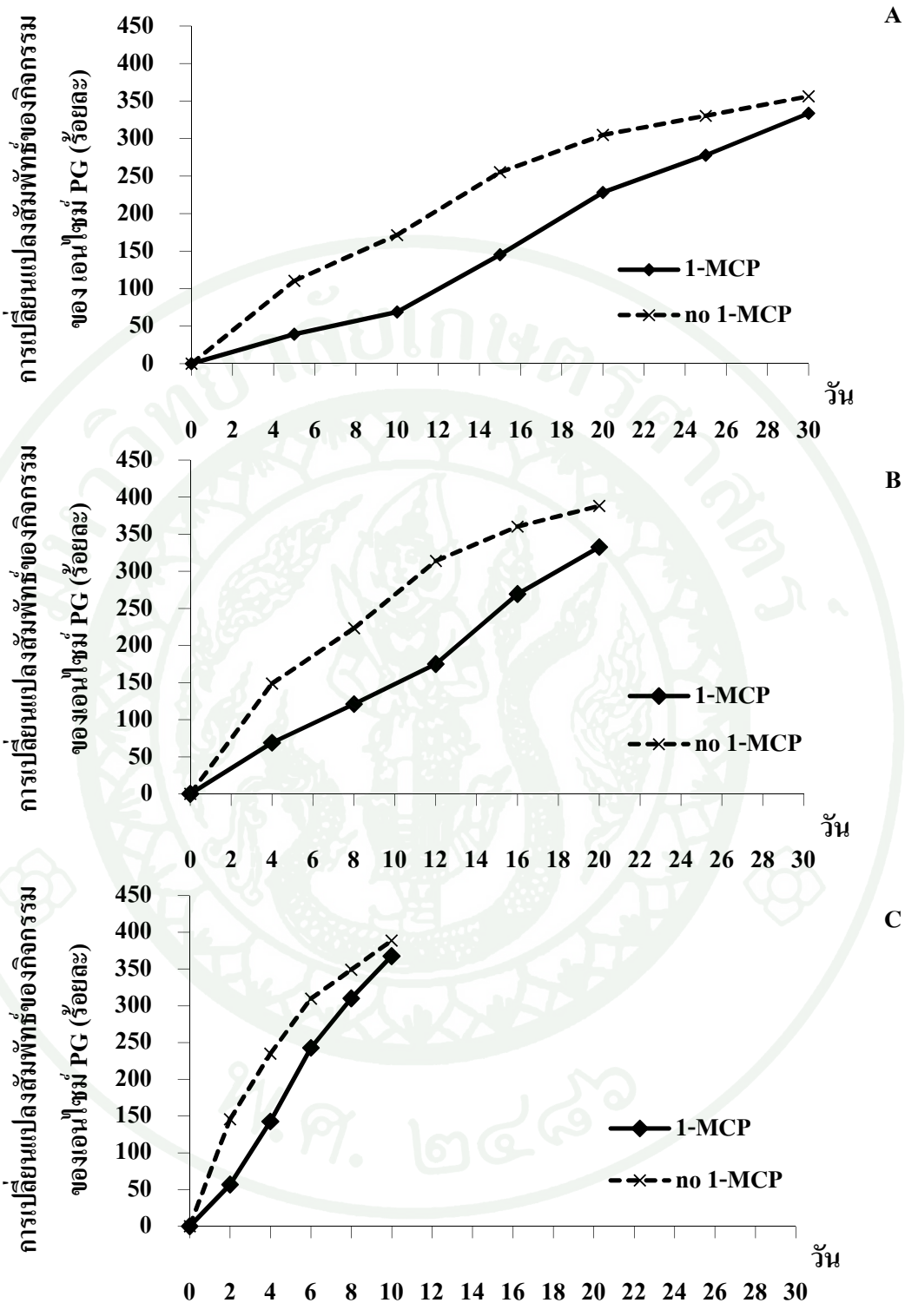
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.2.4 กิจกรรมของเอนไซม์ Polygalacturonase (PG)

เอนไซม์ PG เป็นเอนไซม์อีกชนิดหนึ่งซึ่งมีความสัมพันธ์กับการอ่อนนุ่มในระหว่างกระบวนการสุกในผลไม้หลายชนิด (จริงแท้, 2549) โดยเฉพาะอย่างยิ่งทุเรียน จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ของค่ากิจกรรมเอนไซม์ PG พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บในทุกอุณหภูมิการเก็บรักษา การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ของค่ากิจกรรมเอนไซม์ที่ช้ากว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 14 และ 24 องศาเซลเซียส ตามลำดับ (ภาพที่ 15) สอดคล้องกับผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ของความแน่นเนื้อในข้างต้นซึ่งพบว่ามีค่าลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา สอดคล้องกับงานวิจัยของธิรา (2538) ซึ่งได้ทำการศึกษาสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมของเอนไซม์ PG และการอ่อนตัวของเนื้อทุเรียนสุกพันธุ์หมอนทองและชะนี พบว่า การอ่อนตัวของเนื้อของทุเรียนทั้งสองพันธุ์มีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของกิจกรรมเอนไซม์ PG

เนื้อทุเรียนตัดแต่งที่รมด้วยสาร 1-MCP มีความแตกต่างทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับเนื้อทุเรียนตัดแต่งที่ไม่ได้รมด้วยสาร 1-MCP โดยพบว่าการรม 1-MCP ส่งผลให้กิจกรรมของเอนไซม์มีค่าน้อยกว่าทุเรียนตัดแต่งที่ไม่ได้รมด้วยสาร 1-MCP โดยให้ผลสอดคล้องกับงานวิจัยของศิริกาญจน์ (2554) และต้นวงศ์ (2549) ซึ่งทำการศึกษาอิทธิพลของสาร 1-MCP ต่อคุณภาพของทุเรียนตัดแต่งพันธุ์หมอนทอง นอกจากนั้นยังมีรายงานว่า การรมผล avocado ด้วยสาร 1-MCP สามารถชะลอการทำงานของเอนไซม์ polygalacturonase (PG) และ cellulose (Feng *et al*., 2000)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 15 การเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ของกิจกรรมเอนไซม์ PG ของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รมและไม่ได้รมสาร 1-MCP ที่เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (A), 14 องศาเซลเซียส (B) และ 24 องศาเซลเซียส (C)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.2.5 การเปลี่ยนแปลงของสารระเหยที่เป็นองค์ประกอบของกลิ่นทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภค เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

ผลการตรวจสอบสารระเหยที่เป็นองค์ประกอบกลิ่นทุเรียนพันธุ์ชะนีพบสารระเหยซึ่งมี mass spectra ตรงกันกับฐานข้อมูล Wiley 275 library จำนวน 51 สาร โดยสามารถจัดประเภทสารตามหมู่ฟังก์ชั่น (Functional group) ได้ 5 กลุ่ม แบ่งเป็น แอลกอฮอล์ (Alcohols) จำนวน 6 สาร, อัลดีไฮด์ (Aldehydes) จำนวน 6 สาร, เอสเทอร์ (Esters) จำนวน 28 สาร, คีโตน (Ketones) จำนวน 2 สาร และซัลเฟอร์ (Sulfurs) จำนวน 9 สาร (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 ลักษณะกลิ่นของสารระเหยที่พบในทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รมและ ไม่รมสาร 1-MCP เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

สารระเหย	ลักษณะกลิ่น [A]
อัลดีไฮด์ (Aldehydes)	
Acetaldehyde [S]	Pungent, breathtaking; in dilution a nutty alcoholic note
Propanal [S]	Breathtaking green acetaldehyde-like odor; green-nutty
(E)-2-Butenal	Irritating, pungent, suffocating odor
(E)-2-Methyl-2-butenal [S]	Green, herbaceous, fruity-green-nutty character in
Heptanal [S]	Fatty; in dilution sweet, fruity, nutty, fatty-cognac
Octanal [S]	Fatty-fruity odor; sweet, citrus-orange-fatty taste
แอลกอฮอล์ (Alcohols)	
Ethanol [S]	Sweet, ethereal (alcoholic) odor
1-Propanol [S]	Alcoholic, sweet odor; bland fruity notes
1-Butanol [S]	Breathtaking, winey, fuel oil-like
3-Methyl-1-butanol [S]	Breathtaking, alcoholic odor; in dilution a winey-brandy
(S)-2-Methyl-1-butanol	n.a.
1-Hexanol	An herbaceous, woody, fragrant, mild, sweet, green fruity odor and aromatic flavor

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 5 (ต่อ)

สารระเหย	ลักษณะกลิ่น [A]
เอสเทอร์ (Esters)	
Methyl acetate [S]	Sweet, volatile ethereal-fruity odor; similar to ethyl
Ethyl acetate [C, S]	Ethereal, sharp, wine-brandy like odor
Methyl propanoate [C, S]	Ethereal, fruity, rum-like odor; rum-like taste
Methyl-2-methyl propanoate [C, S]	Fruity, apple-pineapple-apricot-rum like odor and taste
Methyl ethyl carbonate	n.a.
Ethyl propanoate [C, S]	Strong, ethereal, fruity, rum-like odor and taste
Methyl butanoate [C, S]	Sweet, ethereal fruity odor; apple-like taste
Ethyl-2-methyl propanoate [S]	Sweet, ethereal, fruity odor and taste; apple note
(E)-Methyl-2-butenoate [S]	Sharp, green fruity odor; sweet fruity taste with some
Methyl-2-methyl butanoate [C, S]	Fruity, sweet, apple, berry, ripe and pineapple
Diethyl carbonate	Fresh ethereal odor
Ethyl butanoate [C, S]	Ethereal, fruity odor; buttery, ripe fruit notes
Propyl propanoate [C, S]	Ethereal, rum-like, fruity odor and taste
(E)-Ethyl-2-butenoate [C]	n.a.
Ethyl-2-methyl butanoate [C, S]	Strong, green, fruity, apple-strawberry odor and taste
Propyl-2-methyl propanoate [C, S]	Strong, fruity, pineapple-like odor; apple-pineapple
Propyl butanoate [C, S]	Fruity, pineapple-like odor; fruity, banana-pineapple
Ethyl pentanoate	A fruity odor suggestive of apple
Ethyl-3-hydroxy butanoate	n.a.
Ethyl-2-methyl -2-butanoate	Strong, green, fruity, apple-strawberry odor and taste
Propyl-2-methyl butanoate [S]	Fruity, sweet, apple, pineapple, green, tutti frutti
Ethyl hexanoate [C, S]	Strong, fruity, winey odor; apple, banana, pineapple
Methyl octanoate [C]	A powerful, wing, fruity and orange-like odor and an oily, somewhat orange taste

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 5 (ต่อ)

สารระเหย	ลักษณะกลิ่น [A]
Ethyl heptanoate [C]	A fruity odor reminiscent of cognac with a corresponding taste, it has been reported to have a wing-brandy odor.
Ethyl octanoate [C, S]	Fruity, winey, sweet odor; cognac-apricot taste
Ethyl-2-methyl octanoate	n.a.
Propyl octanoate [S]	Winey, oily-fruity; fruity, winey, berry taste
n-Hexadecanoate [S]	Almost odorless; bland waxy taste; adds mouthfeel
คีโตน (Ketones)	
2,3-Butanedione [S]	Strong, buttery odor and taste on dilution
3-Hydroxy-2-butanone [S]	Creamy-buttery, yogurt-like odor and flavor
ซัลเฟอร์ (Sulfurs)	
Ethanethiol [C, S]	Sulfurous, vegetative, meaty, coffee, tropical notes
1-Propanethiol [C, S]	Sulfurous, vegetative, meaty, coffee, tropical notes
S-Ethyl ethanethioate [C]	Cooked garlic like odor with meaty & Durian notes
Methyl ethyl disulfide [S]	Sufurous; allium, green, vegetative
Diethyl disulfide [C, S]	Sulfurous, alliacious, pungent, onion, garlic, vegetative
Diethyl trisulfide [C, S]	Sharp powerful onion-garlic like
3,5-Dimethyl-1,2,4-trithiolane [C, S]	Cooked Chicken, meat aroma; onion-like
1,1-Bis(ethylthio)-ethane [C, S]	Sulfurous, mercaptan, meat, coffee, alliaceous
Bis(2-sulfhydrylethyl)-disulfide	n.a.

หมายเหตุ [A] จากฐานข้อมูล Flavor-Base 2004 ของ Leffingwell (2004)

[C] สารระเหยที่พบในทุเรียนมาเลเซียสายพันธุ์ D2, D24 และ D101 (Chin *et al*., 2007)

[S] สารระเหยที่พบในทุเรียนพันธุ์หมอนทอง (ศิริกาญจน์, 2554)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ศิริกาญจน์ (2554) ได้ทำการศึกษาสารระเหยที่เป็นองค์ประกอบกลิ่นทุเรียนพันธุ์หมอนทองพบสารระเหยจำนวน 56 สาร โดยเมื่อทำการเปรียบเทียบสารระเหยที่เป็นองค์ประกอบของกลิ่นทุเรียนพันธุ์หมอนทองและชะนี พบว่า มีสารระเหยบางสารที่แตกต่างกันระหว่างทุเรียนทั้งสองสายพันธุ์ โดยมีสารระเหยที่พบเฉพาะในทุเรียนพันธุ์หมอนทองจำนวน 3 สาร ประกอบด้วยสารในกลุ่มของอัลดีไฮด์จำนวน 1 สาร ได้แก่ Decanal สารในกลุ่มเอสเทอร์จำนวน 1 สาร ได้แก่ Propyl hexanoate และสารในกลุ่มซัลเฟอร์จำนวน 1 สาร ได้แก่ Methyl propyl disulfide พบสารระเหยที่พบเฉพาะในทุเรียนพันธุ์ชะนีจำนวน 14 สาร ประกอบด้วยสารในกลุ่มของอัลดีไฮด์จำนวน 1 สาร ได้แก่ (E)-2-Butenal สารในกลุ่มของแอลกอฮอล์จำนวน 2 สาร ได้แก่ (S)-2-Methyl-1-butanol และ 1-Hexanol สารในกลุ่มเอสเทอร์จำนวน 9 สาร ได้แก่ Methyl ethyl carbonate, Diethyl carbonate, (E)-Ethyl-2-butenoate, Ethyl pentanoate, Ethyl-3-hydroxy butanoate, Ethyl-2-methyl-2-butenoate, Ethyl heptanoate, Methyl octanoate และ Ethyl-2-methyl octanoate และสารในกลุ่มซัลเฟอร์จำนวน 2 สาร ได้แก่ S-Ethyl ethanethioate และ Bis(2-sulfohydrylethyl)-disulfide (ตารางที่ 5) จากผลความแตกต่างของสารระเหยที่พบในทุเรียนทั้งสองสายพันธุ์จึงน่าจะเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ทุเรียนทั้งสองสายพันธุ์มีกลิ่นที่แตกต่างกัน

เมื่อเปรียบเทียบกับรายงานวิจัยของ Chin *et al*. (2007) ซึ่งทำการศึกษาสารที่เป็นองค์ประกอบของกลิ่นทุเรียนมาเลเซีย 3 พันธุ์ ได้แก่ D2, D24 และ D101 จะเห็นว่ามีสารระเหยบางตัวที่พบตรงกันกับสารที่เป็นองค์ประกอบของกลิ่นทุเรียนพันธุ์ชะนี ได้แก่ Ethyl acetate, Methyl propanoate, Methyl-2-methyl propanoate, Ethyl propanoate, Methyl butanoate, Methyl-2-methyl butanoate, Ethyl butanoate, Propyl propanoate, (E)-Ethyl-2-butenoate, Ethyl-2-methyl butanoate, Propyl-2-methyl propanoate, Propyl butanoate, Ethyl hexanoate, Ethyl heptanoate, Methyl octanoate, Ethyl octanoate, Ethanethiol, 1-Propanethiol, S-Ethyl ethanethioate, Diethyl disulfide, Diethyl trisulfide, 3,5-Dimethyl-1,2,4-trithiolane, 1,1-Bis(ethylthio)-ethane (ตารางที่ 5)

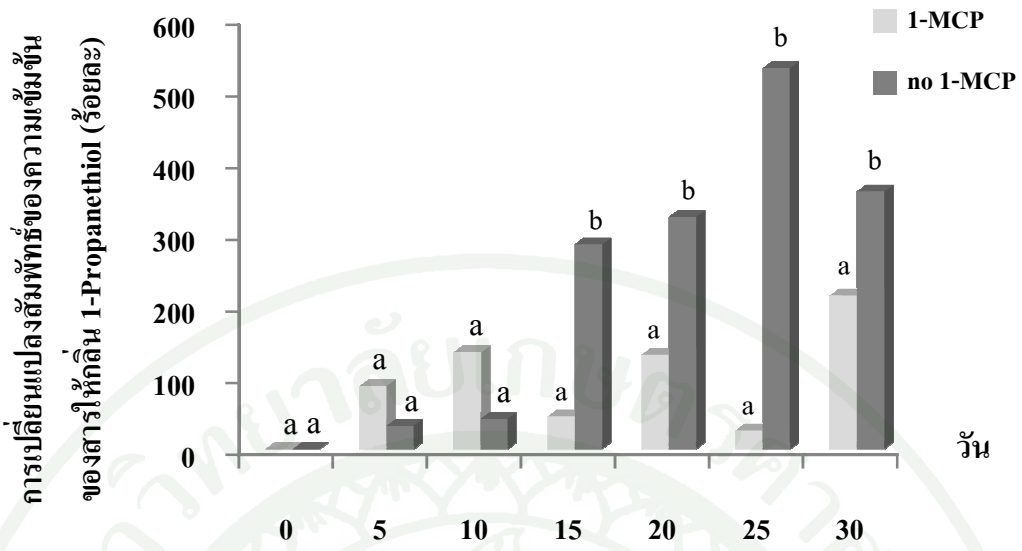
นุกูล (2556) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสารระเหยให้กลิ่นของทุเรียนพันธุ์ชะนีจากการประเมินทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีวิเคราะห์เชิงพรรณนาแบบทั่วไป (Generic descriptive analysis: GDA) และการประเมินด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี (Gas chromatography: GC) พบว่า คุณลักษณะด้านกลิ่นจำนวน 8 คุณลักษณะที่ได้จากการประเมินทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีวิเคราะห์เชิงพรรณนาแบบทั่วไป คือ คุณลักษณะกลิ่นทุเรียนโดยรวม กลิ่นหวาน กลิ่นซัลเฟอร์ กลิ่นพืชสีเขียว กลิ่นดอกไม้ กลิ่นถั่วที่มีความมัน กลิ่นอับ และกลิ่นแอลกอฮอล์ มีความสัมพันธ์กับสารระเหยให้กลิ่นที่ได้จากการประเมินด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี โดยคุณลักษณะกลิ่นทุเรียน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

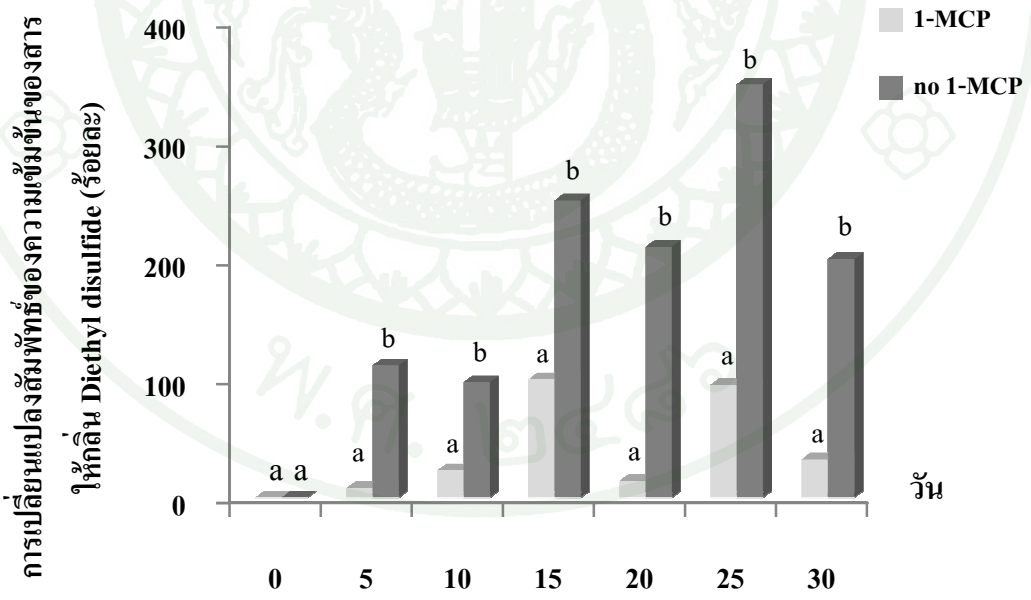
โดยรวม กลิ่นหวาน กลิ่นซัลเฟอร์ กลิ่นดอกไม้ กลิ่นอับ และกลิ่นแอลกอฮอล์ มีความสัมพันธ์ในทิศทางบวกกับสารระเหยให้กลิ่นของทุเรียนพันธุ์ชะนีในกลุ่มแอลกอฮอล์ กลุ่มเอสเทอร์ และกลุ่มซัลเฟอร์ ในขณะที่กลิ่นหวาน กลิ่นดอกไม้ และกลิ่นถั่วที่มีความมัน มีความสัมพันธ์ในทิศทางบวกกับสารระเหยให้กลิ่นในกลุ่มแอลดีไฮด์ และกลุ่มคีโตน ส่วนคุณลักษณะกลิ่นพืชสีเขียว พบว่ามีความสัมพันธ์กับสารระเหยให้กลิ่นในกลุ่มแอลกอฮอล์และกลุ่มซัลเฟอร์ในทิศทางลบ เมื่อความเข้มข้นของสารระเหยให้กลิ่นในกลุ่มแอลกอฮอล์และกลุ่มซัลเฟอร์เพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ค่าความเข้มของคุณลักษณะกลิ่นพืชสีเขียวลดน้อยลง

เมื่อพิจารณาจากความเข้มข้นของสารระเหยที่เป็นองค์ประกอบของกลิ่นทุเรียนพันธุ์ชะนี พบว่า ทุเรียนตัดแต่งที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP มีความเข้มข้นของสารระเหยมากกว่าทุเรียนตัดแต่งที่รมสาร 1-MCP โดยเฉพาะสารในกลุ่มซัลเฟอร์ พบความเข้มข้นของสารระเหยให้กลิ่นในกลุ่มซัลเฟอร์โดยรวมมีค่ามากในเนื้อทุเรียนตัดแต่งที่ไม่ผ่านการรมสาร 1-MCP (ตารางภาคผนวก ฉ 1, ฉ2) นอกจากนั้นยังพบว่าการเปลี่ยนแปลงของสารระเหยให้กลิ่นมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ของค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ และการเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ของปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ทั้งนี้เนื่องจากน้ำตาลและกรดเป็นสารตั้งต้นในการเกิดกลิ่นรสของผลไม้ (Ken *et al*., 2006) เมื่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เกิดการเปลี่ยนแปลงช้าเนื่องมาจากอิทธิพลของสาร 1-MCP จึงอาจพบสารระเหยที่เป็นองค์ประกอบของกลิ่นทุเรียนมีจำนวนชนิดและปริมาณที่น้อยลงได้ หากพิจารณาจากความเข้มข้นของสารระเหยที่เป็นองค์ประกอบของกลิ่นทุเรียนหลักของกลิ่นทุเรียน ได้แก่ 1-Propanethiol, Diethyl disulfide, Ethyl 2-methyl butanoate และ Ethyl propanoate พบว่า เนื้อทุเรียนตัดแต่งที่ผ่านการรมด้วยสาร 1-MCP ส่วนใหญ่การเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ของความเข้มข้นของสารให้กลิ่นน้อยกว่าทุเรียนตัดแต่งที่ไม่ผ่านการรมด้วยสาร 1-MCP (ภาพที่ 16, 17, 18, 19) เช่นเดียวกับในรายงานของศิริกาญจน์ (2554) ที่ศึกษาการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารระเหยให้กลิ่นในทุเรียนพันธุ์หมอนทอง ซึ่งอาจเป็นผลมาจากสาร 1-MCP ไปช่วยลดการสร้าง methionine ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการเกิดสารระเหยในกลุ่มซัลเฟอร์ (Zhu *et al*., 2005) ทำให้พบสารระเหยในกลุ่มซัลเฟอร์ในปริมาณที่น้อยกว่าทุเรียนตัดแต่งที่ไม่ผ่านการรมด้วยสาร 1-MCP

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

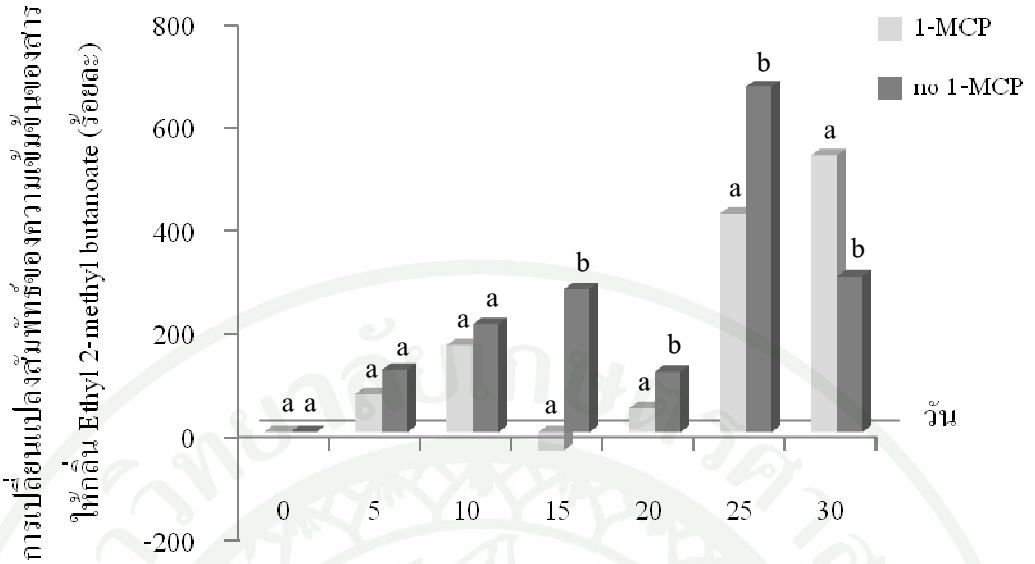


ภาพที่ 16 การเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ของความเข้มข้นของสารให้กลิ่น 1-Propanethiol ในทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รมและไม่ได้รมสาร 1-MCP ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

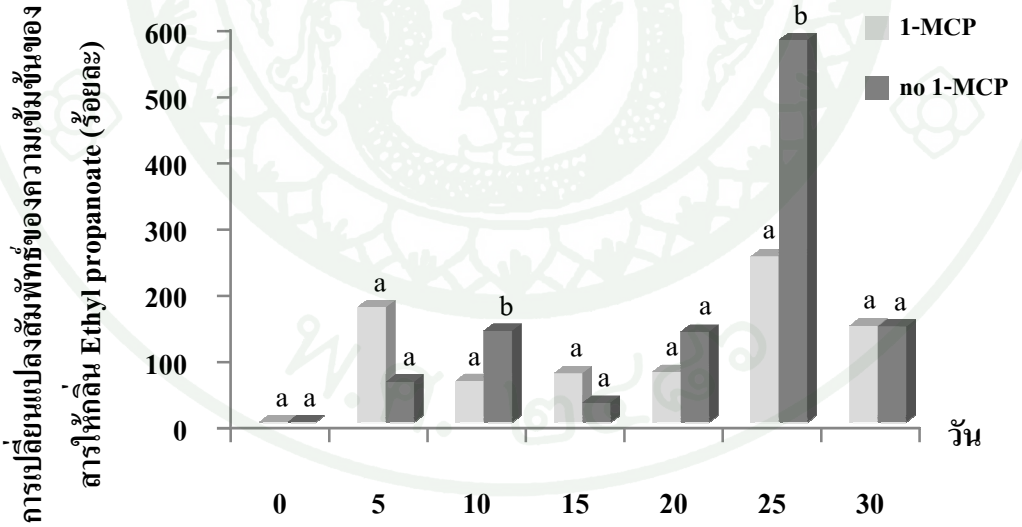


ภาพที่ 17 การเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ของความเข้มข้นของสารให้กลิ่น Diethyl disulfide ในทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รมและไม่ได้รมสาร 1-MCP ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 18 การเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ของความเข้มข้นของสารให้กลิ่น Ethyl-2-methyl butanoate ในทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รมและไม่ได้รมสาร 1-MCP ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 19 การเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ของความเข้มข้นของสารให้กลิ่น Ethyl propanoate ในทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รมและไม่ได้รมสาร 1-MCP ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เมื่อพิจารณาสารระเหยที่เป็นองค์ประกอบของกลิ่นทุเรียนพันธุ์ชะนีซึ่งมีผลต่อความชอบโดยรวมของผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจากเมตริกสหสัมพันธ์ (Correlation matrix) (ตารางผนวกที่ ฉ3, ฉ4) พบว่า ในเนื้อทุเรียนตัดแต่งที่ผ่านการรมสาร 1-MCP พบสารระเหยที่มีความสัมพันธ์กับความชอบโดยรวมของผู้บริโภคจำนวน 9 สาร (พิจารณาจาก Correlation coefficient (r) มีค่ามากกว่า 0.5 และ Odor unit (U_O) มีค่ามากกว่า 1) แบ่งเป็น สารระเหยในกลุ่มอัลดีไฮด์จำนวน 1 สาร สารระเหยในกลุ่มซัลเฟอร์จำนวน 2 สาร และสารระเหยในกลุ่มเอสเทอร์จำนวน 6 สาร (ตารางที่ 6) โดยพบสาร Methyl-2-methyl propionate และ Propyl propanoate ในช่วงแรกของการเก็บรักษาซึ่งอาจมีความสัมพันธ์กับความสดของเนื้อทุเรียนตัดแต่ง

ในเนื้อทุเรียนตัดแต่งที่ไม่ผ่านการรมสาร 1-MCP พบสารระเหยที่เป็นองค์ประกอบของกลิ่นทุเรียนพันธุ์ชะนีซึ่งมีผลต่อความชอบโดยรวมของผู้บริโภคจำนวน 12 สาร แบ่งเป็น สารระเหยในกลุ่มซัลเฟอร์จำนวน 2 สาร และสารระเหยในกลุ่มเอสเทอร์จำนวน 10 สาร (ตารางที่ 7) โดยพบสาร Ethyl pentanoate, Propyl-2-methyl butanoate และ Ethyl heptanoate ในช่วงวันที่ 25, 10 และ 20 ของการเก็บรักษา ตามลำดับ สารเหล่านี้อาจมีผลของคะแนนความชอบที่ลดลงในวันท้ายๆ ของการเก็บรักษาซึ่งเป็นช่วงที่เนื้อทุเรียนตัดแต่งมีการเสื่อมสภาพลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา

อย่างไรก็ตามยังมีสารระเหยบางตัวที่ยังไม่สามารถหา Odor unit เนื่องจากไม่ทราบขีดเริ่มรู้สึกของสาร (threshold) ได้แก่ Diethyl carbonate ซึ่งพบในทุเรียนตัดแต่งที่ผ่านการรมสาร 1-MCP และสาร (E)-Ethyl-2-butenoate และ Ethyl-2-methyl octanoate ซึ่งพบในทุเรียนตัดแต่งที่ไม่รมสาร 1-MCP ดังนั้น การทดลองในส่วนนี้อาจต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมต่อในภายหลัง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 6 สารระเหยให้กลิ่นที่มีผลต่อความชอบโดยรวมของผู้บริโภคที่พบในทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รมสาร 1-MCP เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

Volatile compound	Threshold[A] (ppm)	Odor Unit (U_o)						
		0 day	5 day	10 day	15 day	20 day	25 day	30 day
Ald2	0.0095	466.0	190.3	149.7	0.0	223.5	285.6	0.0
S1	0.002	6985.5	1419.0	800.0	915.7	708.5	2542.7	609.8
S2	0.0031	470.2	883.6	1105.2	683.4	1090.1	592.8	1477.2
E3	0.1	5.7	1.2	1.9	1.1	0.0	0.0	1.7
E4	0.007	36.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
E6	0.01	32.7	89.4	53.1	56.8	57.5	114.4	80.2
E8	0.0001	15007.0	3395.0	3016.0	817.0	1517.0	4092.0	2291.0
E12	0.057	5.5	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
E14	0.0001	3514.0	6089.0	9441.0	2257.0	5139.0	18400.0	22374.0
E22	0.092	10.6	2.3	1.3	2.3	1.0	1.9	2.8

หมายเหตุ [A] ค่าขีดความรู้สึก (threshold) ในน้ำจากฐานข้อมูล Flavor-Base 2004 ของ Leffingwell (2004); Gemert (2003)

Ald2 = Propanal, S1 = Ethanethiol, S2 = 1-Propanethiol, E3 = Methyl propionate, E4 = Methyl-2-methyl propionate, E6 = Ethyl propionate, E8 = Ethyl-2-methyl propionate, E12 = Propyl propanoate, E14 = Ethyl-2-methyl butanoate, E22 = Ethyl octanoate

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 7 สารระเหยให้กลิ่นที่มีผลต่อความชอบโดยรวมของผู้บริโภคที่พบในทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ไม่รมสาร 1-MCP เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

Volatile compound	Threshold (ppm)	Odor Unit (U_o)						
		0 day	5 day	10 day	15 day	20 day	25 day	30 day
S2	0.0031	729.4	966.6	1035.7	2813.3	3092.0	4606.9	3350.6
S5	0.00001	173500.0	366020.0	341590.0	606930.0	539280.0	776180.0	521420.0
E2	5	0.5	0.4	0.2	0.3	1.9	4.9	1.9
E3	0.1	0.0	1.5	1.1	1.2	4.2	13.7	2.1
E6	0.01	54.8	88.3	130.7	71.0	129.8	371.4	134.0
E8	0.0001	1459.0	459.0	542.0	1468.0	2187.0	9340.0	3272.0
E9	0.00025	165.2	106.4	445.6	742.8	1189.2	2043.6	1406.4
E14	0.0001	7314.0	16129.0	22612.0	27557.0	15872.0	56380.0	29382.0
E15	0.0015	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	63.8	42.6
E18	0.0002	0.0	0.0	713.5	0.0	2608.5	4416.0	1141.5
E20	0.002	0.0	0.0	0.0	0.0	103.5	100.0	80.8
E22	0.092	1.3	2.8	0.7	0.9	4.1	3.9	7.5

หมายเหตุ [A] ค่าขีดความรู้สึก (threshold) ในน้ำจากฐานข้อมูล Flavor-Base 2004 ของ Leffingwell (2004); Gemert (2003)

S2 = 1-Propanethiol, S5 = Diethyl disulfide, E2 = Ethyl acetate, E3 = Methyl propionate, E6 = Ethyl propionate, E8 = Ethyl-2-methyl propionate, E9 = Methyl-2-methyl butanoate, E14 = Ethyl-2-methyl butanoate, E15 = Ethyl pentanoate, E18 = Propyl-2-methyl butanoate, E20 = Ethyl heptanoate, E22 = Ethyl octanoate

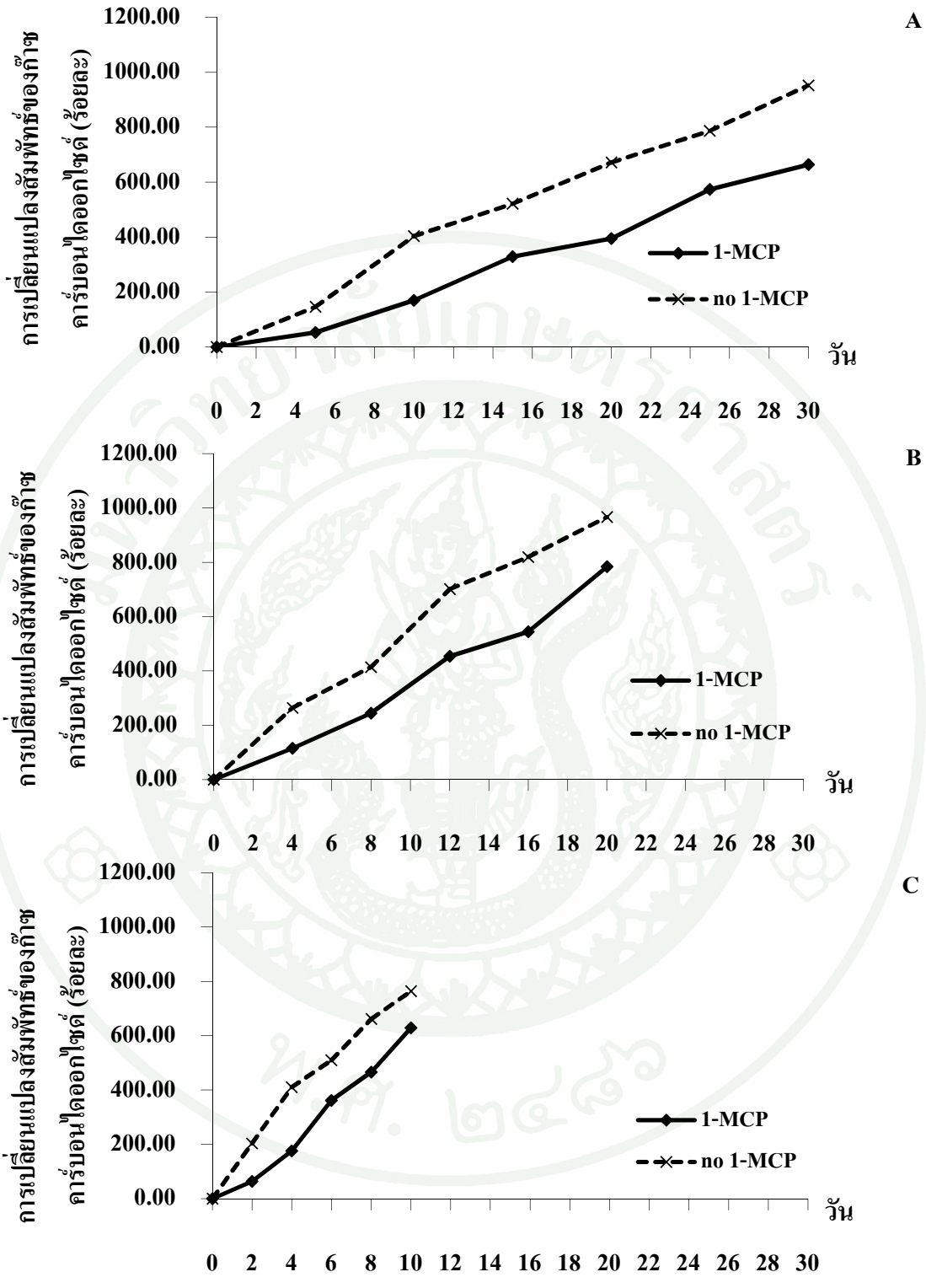
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.3 คุณภาพทางด้านสรีรวิทยา

1.3.1 ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ของปริมาณก๊าซคาร์บอนได ออกไซด์ พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บทั้งในทุเรียนที่รมและไม่รมสาร 1-MCP ในทุกอุณหภูมิการเก็บรักษา (ภาพที่ 20) ทั้งนี้เนื่องจากทุเรียนจัดอยู่กลุ่ม Climacteric Fruits เป็นกลุ่มผลไม้ที่มีอัตราการหายใจเพิ่มสูงขึ้นเมื่อผลไม้เริ่มสุก การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ช่วยชะลอการสะสมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรจุภัณฑ์ได้ดีกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 14 และ 24 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เนื้อทุเรียนตัดแต่งที่รมด้วยสาร 1-MCP มีความแตกต่างทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับเนื้อทุเรียนตัดแต่งที่ไม่รมด้วยสาร 1-MCP ตั้งแต่วันที่ 5, 4 และ 2 ของการเก็บรักษาในเนื้อทุเรียนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 องศาเซลเซียส ตามลำดับ โดยทุเรียนที่ผ่านการรมด้วยสาร 1-MCP มีการเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์น้อยกว่าทุเรียนตัดแต่งที่ไม่ได้ผ่านการรมด้วยสาร 1-MCP ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากสาร 1-MCP เข้าไปยับยั้งการทำงานของเอทีลีนโดยไปแย่งจับกับ receptor ทำให้ไม่สามารถส่งสัญญาณให้ผลิตผลเข้าสู่กระบวนการสุกได้ (Sisler and Serek, 1997) ทำให้เกิดการชะลอการเปลี่ยนแปลงต่างๆ รวมถึงด้านสรีรวิทยา สอดคล้องกับงานวิจัยของต้นวงศ์ (2549), เบญจมาสและคณะ (2550) และศิริกาญจน์ (2554) พบว่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในทุเรียนตัดแต่งพันธุ์หมอนทองที่รมด้วยสาร 1-MCP มีปริมาณต่ำกว่าทุเรียนตัดแต่งที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 20 การเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รมและไม่ได้รมสาร 1-MCP ที่เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (A), 14 องศาเซลเซียส (B) และ 24 องศาเซลเซียส (C)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

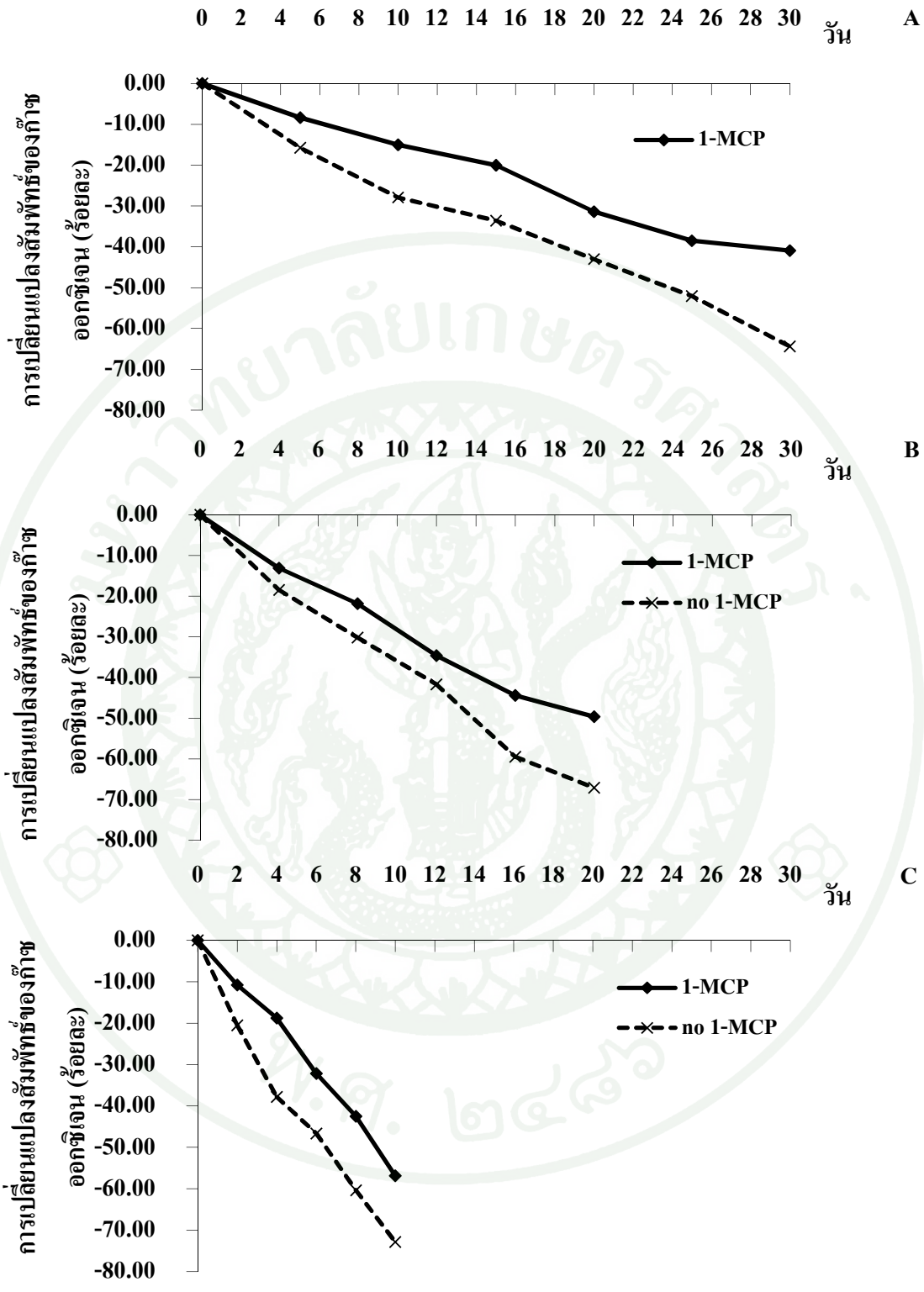
1.3.2 ปริมาณก๊าซออกซิเจน (O_2)

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ของปริมาณก๊าซออกซิเจน พบว่ามีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บทั้งในทุเรียนที่รมและไม่รมสาร 1-MCP ในทุกอุณหภูมิการเก็บรักษา (ภาพที่ 21) สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากในระหว่างการเก็บรักษาเนื้อทุเรียนตัดแต่งยังคงมีการหายใจอยู่ พลังงานซึ่งอยู่ในรูปอาหารสะสมถูกเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของพลังงานที่สามารถนำมาใช้ได้ทันทีสำหรับกิจกรรมต่างๆ เพื่อการรักษาชีวิตให้คงอยู่ ก๊าซออกซิเจนจึงถูกใช้ไปในกระบวนการหายใจ ขณะที่อาหารถูกออกซิไดซ์ไปเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

การเก็บรักษาเนื้อทุเรียนตัดแต่งที่อุณหภูมิต่ำ (4 องศาเซลเซียส) ช่วยชะลอการหายใจได้ดีกว่า โดยมีเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ของปริมาณก๊าซออกซิเจนที่ช้ากว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูง (14 และ 24 องศาเซลเซียส ตามลำดับ) สอดคล้องกับงานวิจัยของศิริกาญจน์ (2554) ซึ่งพบว่าการเก็บรักษาเนื้อทุเรียนตัดแต่งพันธุ์หมอนทองที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ของปริมาณก๊าซออกซิเจนช้ากว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 14 และ 24 องศาเซลเซียส เนื้อทุเรียนตัดแต่งที่รมด้วยสาร 1-MCP มีความแตกต่างทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับเนื้อทุเรียนตัดแต่งที่ไม่รมด้วยสาร 1-MCP ตั้งแต่วันที่ 5, 16 และ 8 ของการเก็บรักษา ในเนื้อทุเรียนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ทุเรียนที่ผ่านการรมด้วยสาร 1-MCP มีการเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ของปริมาณก๊าซออกซิเจนน้อยกว่าทุเรียนที่ไม่ได้ผ่านการรมด้วยสาร 1-MCP สอดคล้องกับงานวิจัยของต้นวงศ์ (2549) และเบญจมาส (2550) ซึ่งพบว่าปริมาณก๊าซออกซิเจนในทุเรียนตัดแต่งพันธุ์หมอนทองที่รมสาร 1-MCP มีปริมาณสูงกว่าทุเรียนตัดแต่งที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP ทั้งนี้เป็นผลมาจากสาร 1-MCP เข้าไปยับยั้งการทำงานของเอทีลีน ทำให้เกิดการชะลอของกระบวนการหายใจ

เมื่อวิเคราะห์อัตราส่วนของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปริมาณก๊าซออกซิเจนที่ใช้ (Respiratory Quotient; RQ) ซึ่งโดยปกติในการหายใจแบบใช้ออกซิเจนจะมีค่า RQ อยู่ระหว่าง 0.7 ถึง 1.3 หากค่า RQ สูงกว่านี้อาจบ่งบอกถึงการเกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนเกิดขึ้น ส่งผลให้เกิดแอลกอฮอล์ แอลดีไฮด์ และกรดแลกติคขึ้นในเนื้อเยื่อผลิตผล (DeELL *et al*., 2003) สำหรับเนื้อทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งที่รมสาร 1-MCP พบว่า มีค่า RQ มากกว่า 1.3 เมื่อเก็บรักษานาน 30, 20 และ 8 วัน ส่วนเนื้อทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งที่ไม่รมสาร 1-MCP พบว่า มีค่า RQ มากกว่า 1.3 เมื่อเก็บรักษานาน 25, 16 และ 6 วัน ณ อุณหภูมิเก็บรักษา 4, 14 และ 24 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



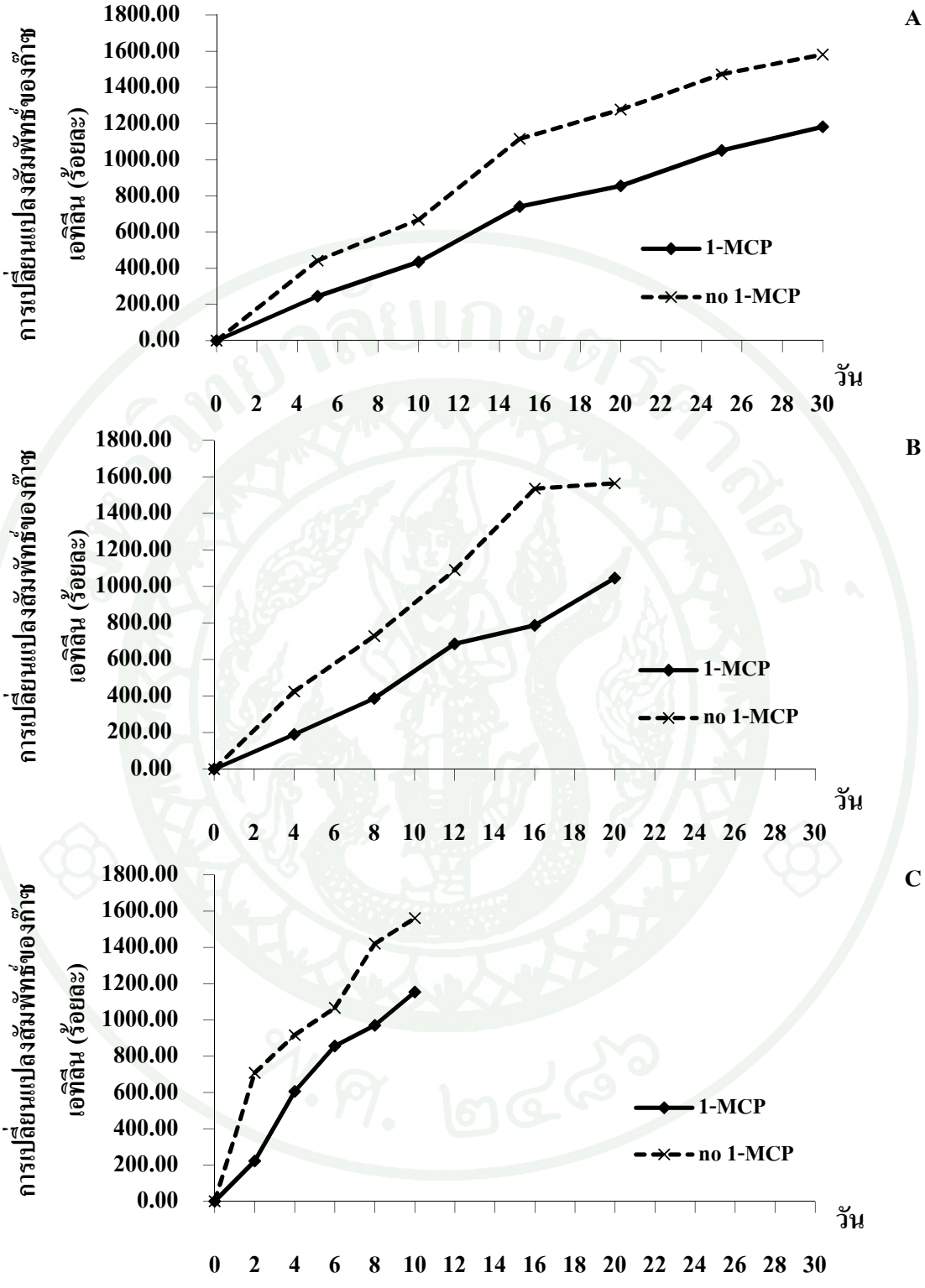
ภาพที่ 21 การเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ของก๊าซออกซิเจนของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รมและไม่ได้รมสาร 1-MCP ที่เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (A), 14 องศาเซลเซียส (B) และ 24 องศาเซลเซียส (C)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.3.3 ปริมาณก๊าซเอทิลีน (C_2H_4)

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ของปริมาณก๊าซเอทีลีน พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บทั้งในทุเรียนที่รมและไม่รมสาร 1-MCP ในทุกอุณหภูมิการเก็บรักษา เนื้อทุเรียนตัดแต่งที่รมด้วยสาร 1-MCP มีความแตกต่างทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับเนื้อทุเรียนตัดแต่งที่ไม่รมด้วยสาร 1-MCP ตั้งแต่วันที่ 5 และ 2 ของการเก็บรักษา ในเนื้อทุเรียนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 24 องศาเซลเซียส ตามลำดับ (ภาพที่ 22) โดยทุเรียนที่ผ่านการรมด้วยสาร 1-MCP มีการเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ของปริมาณก๊าซเอทีลีนน้อยกว่าทุเรียนที่ไม่ได้ผ่านการรมด้วยสาร 1-MCP ทั้งนี้เป็นผลมาจากการรม 1-MCP ทำให้การสังเคราะห์เอทีลีนในผลไม้ลดลงเนื่องจากการสร้างเอนไซม์ทั้ง ACC synthase และ ACC oxidase ตลอดจนการสังเคราะห์ mRNA ของเอนไซม์ทั้งสองลดลง การที่ 1-MCP ไปจับกับ receptor ของเอทีลีนจึงทำให้ไม่สามารถกระตุ้นการแสดงออกของยีนต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการสร้างเอทีลีนได้ (จริงแท้, 2549) มีหลายงานวิจัยที่ได้นำสาร 1-MCP มาศึกษาในผลไม้หลายชนิดซึ่งให้ผลสอดคล้องกัน เช่น ในผลสตรอเบอรี่ (Jiang *et al*., 2001), แอพริคอต, พลัม (Dong *et al*., 2002) และ อโวคาโด (Jeong *et al*., 2002) โดยพบปริมาณก๊าซเอทิลีนลดลงในผลไม้ที่ผ่านการรมด้วยสาร 1-MCP อย่างไรก็ตาม ในผลไม้บางชนิด เช่น สับปะรด พบการเปลี่ยนแปลงของปริมาณก๊าซเอทีลีนที่เพิ่มขึ้นเมื่อรมด้วยสาร 1-MCP เทียบกับสิ่งทดลองควบคุม (Selvarajah *et al*., 2001)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



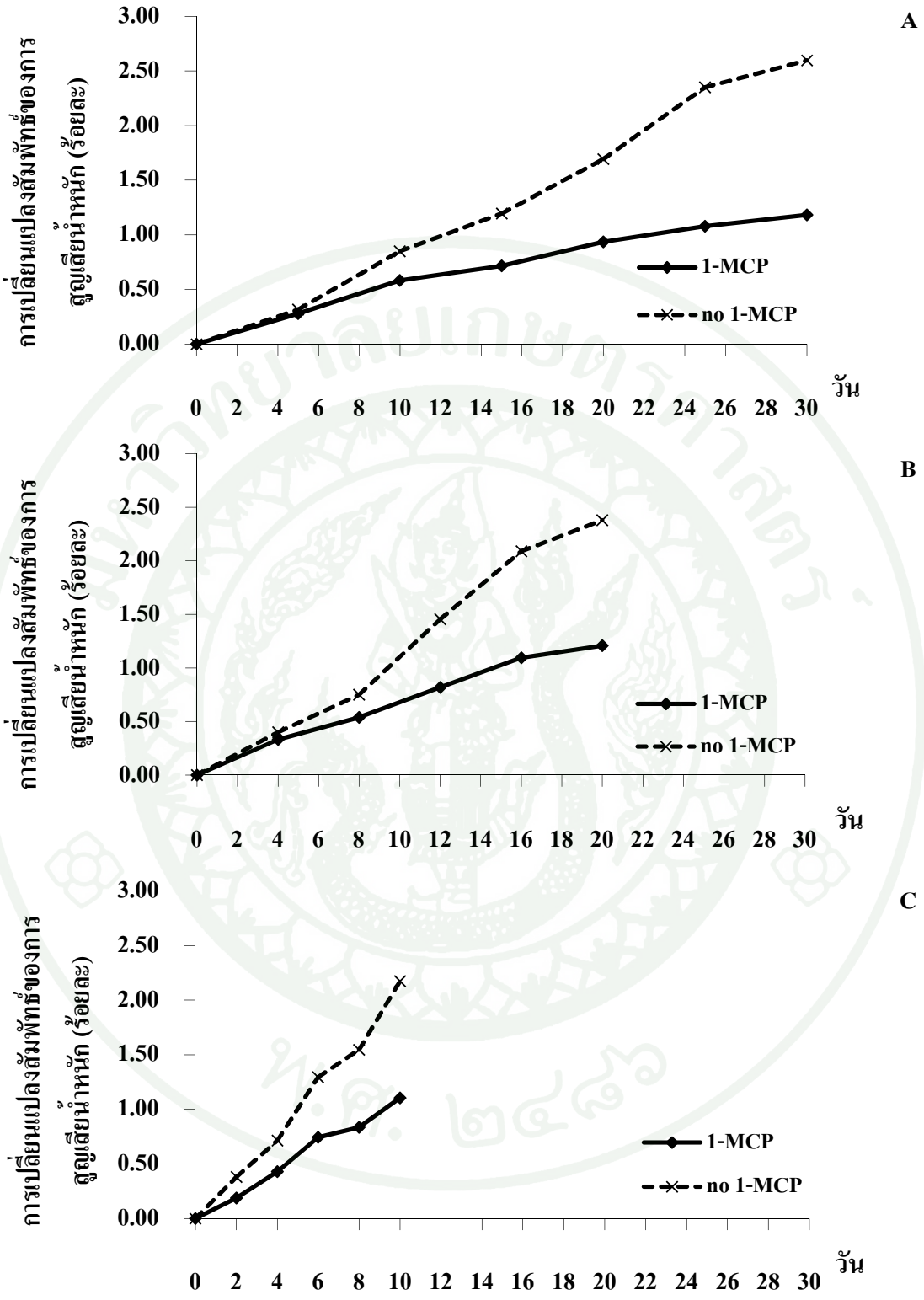
ภาพที่ 22 การเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ของก๊าซเอทิลีนของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รมและไม่ได้รมสาร 1-MCP ที่เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (A), 14 องศาเซลเซียส (B) และ 24 องศาเซลเซียส (C)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.3.4 การสูญเสียน้ำหนัก

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ของการสูญเสียน้ำหนัก พบว่ามีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บทั้งในทุเรียนที่รมและไม่รมสาร 1-MCP ในทุกอุณหภูมิการเก็บรักษา (ภาพที่ 23) สอดคล้องกับงานวิจัยของ ต้นวงศ์ (2549) ซึ่งรายงานว่าการเก็บรักษาเนื้อทุเรียนตัดแต่งพันธุ์หมอนทองที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เนื้อทุเรียนตัดแต่งที่รมด้วยสาร 1-MCP มีความแตกต่างทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับเนื้อทุเรียนตัดแต่งที่ไม่รมด้วยสาร 1-MCP ตั้งแต่วันที่ 0, 8 และ 4 ของการเก็บรักษา ในเนื้อทุเรียนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 องศาเซลเซียส ตามลำดับ โดยทุเรียนที่ผ่านการรมด้วยสาร 1-MCP มีการเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ของการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าทุเรียนที่ไม่ได้ผ่านการรมด้วยสาร 1-MCP ซึ่งก็ให้ผลสอดคล้องกับการใช้สาร 1-MCP ในผลอโวคาโด (Jeong *et al*., 2002) อย่างไรก็ตาม ในงานวิจัยของต้นวงศ์ (2549) และศิริกาญจน์ (2554) พบว่า การสูญเสียน้ำหนักของทุเรียนตัดแต่งพันธุ์หมอนทองที่รมด้วยสาร 1-MCP ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) กับทุเรียนตัดแต่งที่ไม่รมสาร1-MCP

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 23 การเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ของการสูญเสียน้ำหนักของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รมและไม่ได้รมสาร 1-MCP ที่เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (A), 14 องศาเซลเซียส (B) และ 24 องศาเซลเซียส (C)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.4 คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณเชื้อแบคทีเรีย และปริมาณยีสต์ราทั้งหมดในทุเรียนตัดแต่งพร้อมบริโภคที่เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 องศาเซลเซียส พบว่าเชื้อจุลินทรีย์มีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเวลาผ่านไปในทุกอุณหภูมิของการเก็บรักษาทั้งในทุเรียนที่รมและไม่รมสาร 1-MCP (ตารางที่ 8) การเก็บรักษาทุเรียนตัดแต่งพันธุ์ชะนีที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบการเจริญของจุลินทรีย์ที่น้อยกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 14 และ 24 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ในทุเรียนตัดแต่งที่ผ่านการรมสาร 1 MCP พบการเพิ่มของปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่ช้ากว่าทุเรียนที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP ทั้งนี้เนื่องจากสาร 1-MCP ไปช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพต่างๆภายในผลิตผล ทำให้สภาวะไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของยีสต์และรา การเจริญของจุลินทรีย์จึงช้ากว่า (อุษณา, 2549) ตามมาตรฐานของสำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหาร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กำหนดให้ผักผลไม้สดตัดแต่งพร้อมบริโภค ควรมีปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดไม่เกิน $1x10^6$ CFU/g และปริมาณยีสต์และราทั้งหมด ไม่เกิน 500 CFU/g (สำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหาร, 2555) ซึ่งจากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า การสิ้นสุดของอายุการเก็บรักษาของทุเรียนตัดแต่งพร้อมบริโภคสาเหตุหนึ่งมาจากการเสื่อมเสียเนื่องจากการเจริญของยีสต์ และรา ดังนั้น คุณภาพด้านจุลินทรีย์จึงเป็นคุณหนึ่งที่มีความสำคัญในการประเมินอายุการเก็บของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภค

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 8 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 องศาเซลเซียส

เชื้อจุลินทรีย์	1-MCP	อุณหภูมิในการเก็บรักษา (องศาเซลเซียส)	ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/gram.)	
			วันที่ 0	วันสุดท้ายของการทดลอง*
แบคทีเรีย	รม	4	<10 ESPC	$1.5x10^5$
		14	<10 ESPC	$1.7x10^5$
		24	<10 ESPC	$1.9x10^5$
	ไม่รม	4	<10 ESPC	$1.9x10^5$
		14	<10 ESPC	$1.9x10^5$
		24	<10 ESPC	$2.3x10^5$
ยีสต์รา	รม	4	<10 ESPC	$3.4x10^2$
		14	<10 ESPC	$4.3x10^2$
		24	<10 ESPC	$6.2x10^2$
	ไม่รม	4	<10 ESPC	$6.2x10^2$
		14	<10 ESPC	$7.3x10^2$
		24	<10 ESPC	$8.5x10^2$

หมายเหตุ ESPC หมายถึง ค่าโดยประมาณ

วันสุดท้ายของการทดลอง* หมายถึง วันที่ 30, 20 และ10 ในทุเรียนตัดแต่งพร้อมบริโภคที่เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.5 การศึกษาปัจจัยคุณภาพของทุเรียนต่อการยอมรับของผู้บริโภค

จากการทดสอบการยอมรับของผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนที่มีต่อทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รมและไม่รมสาร 1-MCP จำนวนทั้งหมด 570 คน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 องศาเซลเซียส ด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างโดยใช้ความสะดวก (Convenience Sampling) ใช้แบบสอบถามความชอบ ขนาดสเกล 1-9 โดย 1 คือ ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 คือ ชอบมากที่สุด จากผลการประเมินคะแนนความชอบต่อทุเรียนตัดแต่งพันธุ์ชะนีของผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนทุกๆ 5, 4 และ 2 วัน เป็นระยะเวลา 30, 20 และ 10 วัน สำหรับทุเรียนตัดแต่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 องศาเซลเซียส ตามลำดับ โดยใช้ผู้ทดสอบวันละ 30 คน เลือกผู้ทดสอบที่ชื่นชอบในการบริโภคทุเรียน พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบลดลงในทุกคุณลักษณะในทุกอุณหภูมิการเก็บรักษา ทุเรียนตัดแต่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส มีคะแนนความชอบลดลงเร็วกว่าทุเรียนตัดแต่งที่เก็บที่อุณหภูมิ 14 และ 4 องศาเซลเซียส ตามลำดับ โดยทุเรียนตัดแต่งที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP มีคะแนนความชอบลดลงรวดเร็วกว่าทุเรียนตัดแต่งที่รมสาร 1-MCP (ตารางที่ 9, 10, 11, 12, 13, 14) ผู้ทดสอบไม่ยอมรับทุเรียนตัดแต่งที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP โดยให้การยอมรับต่ำกว่า ร้อยละ 50 เมื่อเวลาผ่านไป 25, 16 และ 6 วัน สำหรับทุเรียนที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และผู้ทดสอบไม่ยอมรับทุเรียนตัดแต่งที่รมสาร 1-MCP โดยให้การยอมรับต่ำกว่าร้อยละ 50 เมื่อเวลาผ่านไป 30, 20 และ 8 วัน สำหรับทุเรียนที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 องศาเซลเซียส ตามลำดับ (ตารางที่ 15, 16, 17) ดังนั้น การรมสาร 1-MCP สามารถยืดอายุการเก็บรักษาของทุเรียนตัดแต่งพันธุ์ชะนีได้ประมาณ 5, 4 และ 2 วัน สำหรับทุเรียนที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 องศาเซลเซียส ตามลำดับ สอดคล้องกับงานวิจัยของศิริกาญจน์ (2554) ซึ่งทำการศึกษาอิทธิพลของสาร 1-MCP ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของทุเรียนพันธุ์หมอนทองตัดแต่งพร้อมบริโภค พบว่าการรมสาร1-MCP สามารถยืดอายุของทุเรียนตัดแต่งพันธุ์หมอนทองได้ โดยการรมสาร 1-MCP ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในด้านต่างๆ ซึ่งก็สอดคล้องกับผลการทดลองในข้างต้น อย่างไรก็ตาม ผู้ทดสอบส่วนใหญ่ให้เหตุผลในการปฏิเสธทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งเนื่องจากมีกลิ่นที่แรงเกินไป และมีเนื้อสัมผัสที่นิ่มเละ ความแน่นเนื้อจึงอาจเป็นปัจจัยที่สำคัญปัจจัยหนึ่งในการตัดสินอายุการเก็บของเนื้อทุเรียนตัดแต่งพันธุ์ชะนี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 9 คะแนนความชอบของผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนต่อทุเรียนตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รมสาร 1-MCP เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

คุณลักษณะ	ระยะเวลาในการเก็บรักษา (วัน)						
	0	5	10	15	20	25	30
ลักษณะปรากฏ	8.0±0.8	7.7±1.0	7.3±0.7	7.0±0.7	6.1±0.9	5.4±1.1	4.3±1.1
สีเนื้อโดยรวม	7.8±0.7	7.6±0.8	7.3±0.8	6.9±0.8	6.4±0.9	5.7±1.0	4.9±0.9
กลิ่นทุเรียน	7.6±0.7	7.9±0.9	6.5±0.8	6.0±0.9	4.7±1.0	4.1±0.9	3.4±1.1
ความชอบโดยรวม	7.8±0.8	7.4±1.0	6.7±0.8	6.3±1.0	5.0±1.0	4.6±1.1	3.8±1.1

ตารางที่ 10 คะแนนความชอบของผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนต่อทุเรียนตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ไม่รมสาร 1-MCP เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

คุณลักษณะ	ระยะเวลาในการเก็บรักษา (วัน)						
	0	5	10	15	20	25	30
ลักษณะปรากฏ	7.8±0.7	7.4±1.0	6.9±0.8	6.3±0.9	5.4±1.0	3.7±1.0	2.8±0.8
สีเนื้อโดยรวม	7.7±0.7	7.4±0.9	6.9±0.9	6.0±0.7	5.3±1.0	5.0±1.0	4.1±1.0
กลิ่นทุเรียน	7.1±0.7	6.4±0.9	5.8±0.8	5.1±1.1	3.8±0.9	3.1±0.6	2.1±0.7
ความชอบโดยรวม	7.3±0.6	6.5±1.0	6.0±0.8	5.3±1.1	4.2±1.0	3.4±0.6	2.4±0.8

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 11 คะแนนความชอบของผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนต่อทุเรียนตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รมสาร 1-MCP เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 14 องศาเซลเซียส

คุณลักษณะ	ระยะเวลาในการเก็บรักษา (วัน)					
	0	4	8	12	16	20
ลักษณะปรากฏ	7.9±0.8	7.4±0.8	6.7±0.7	6.1±1.0	4.7±0.9	2.9±0.6
สีเนื้อโดยรวม	7.9±0.8	7.3±1.0	6.9±1.0	6.5±0.8	5.1±1.2	3.6±0.7
กลิ่นทุเรียน	7.1±0.7	6.7±0.8	6.0±0.9	5.4±0.9	3.9±0.8	3.4±0.8
ความชอบโดยรวม	7.3±0.9	6.9±0.9	6.2±0.9	5.6±1.0	4.2±1.0	3.7±0.7

ตารางที่ 12 คะแนนความชอบของผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนต่อทุเรียนตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ไม่รมสาร 1-MCP เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 14 องศาเซลเซียส

คุณลักษณะ	ระยะเวลาในการเก็บรักษา (วัน)					
	0	4	8	12	16	20
ลักษณะปรากฏ	7.5±0.8	7.6±0.7	5.2±0.9	5.0±0.9	3.2±0.9	1.7±0.6
สีเนื้อโดยรวม	8.0±0.7	7.1±0.9	6.6±10	5.6±0.8	4.0±1.1	2.5±0.7
กลิ่นทุเรียน	6.9±0.7	5.9±0.9	5.0±1.0	4.2±1.0	2.7±0.8	2.2±0.8
ความชอบโดยรวม	7.0±0.7	6.1±0.7	5.2±0.9	4.5±1.0	3.0±0.9	2.4±0.9

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 13 คะแนนความชอบของผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนต่อทุเรียนตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รมสาร 1-MCP เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส

คุณลักษณะ	ระยะเวลาในการเก็บรักษา (วัน)					
	0	2	4	6	8	10
ลักษณะปรากฏ	7.8±0.8	7.4±0.6	6.9±0.8	5.8±0.8	4.3±0.8	2.8±0.9
สีเนื้อโดยรวม	8.1±0.7	7.5±0.8	7.4±0.7	6.4±0.9	5.9±1.0	3.4±0.9
กลิ่นทุเรียน	7.0±0.9	6.6±0.7	5.8±1.0	4.9±0.9	4.3±0.9	2.4±0.7
ความชอบโดยรวม	7.8±0.8	7.1±0.7	6.4±0.9	5.3±1.0	4.6±0.9	2.8±0.8

ตารางที่ 14 คะแนนความชอบของผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนต่อทุเรียนตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส

คุณลักษณะ	ระยะเวลาในการเก็บรักษา (วัน)					
	0	2	4	6	8	10
ลักษณะปรากฏ	7.5±0.8	6.8±0.7	6.4±1.0	4.8±1.0	3.4±0.8	1.8±0.7
สีเนื้อโดยรวม	7.9±0.7	7.1±0.8	6.6±1.1	5.6±1.0	4.5±1.0	2.7±0.8
กลิ่นทุเรียน	6.2±0.9	5.4±1.0	4.5±1.0	3.9±0.8	3.1±0.8	1.5±0.6
ความชอบโดยรวม	6.9±0.8	6.0±0.7	4.8±1.1	4.2±1.0	3.4±0.8	1.8±0.6

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 15 การยอมรับ (ร้อยละ) ของผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนที่มีต่อการยอมรับของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

การยอมรับ	ระยะเวลาในการเก็บรักษา (วัน)						
(ร้อยละ)	0	5	10	15	20	25	30
1-MCP	100.00	100.00	100.00	93.33	80.00	53.33	20.00
No 1-MCP	100.00	100.00	93.33	70.00	56.67	16.67	0.00

ตารางที่ 16 การยอมรับ (ร้อยละ) ของผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนที่มีต่อการยอมรับของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 14 องศาเซลเซียส

การยอมรับ	ระยะเวลาในการเก็บรักษา (วัน)					
(ร้อยละ)	0	4	8	12	16	20
1-MCP	100.00	100.00	93.33	90	53.33	6.67
No 1-MCP	100.00	100.00	76.67	56.67	0.00	0.00

ตารางที่ 17 การยอมรับ (ร้อยละ) ของผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนที่มีต่อการยอมรับของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส

การยอมรับ	ระยะเวลาในการเก็บรักษา (วัน)					
(ร้อยละ)	0	2	4	6	8	10
1-MCP	100.00	100.00	93.33	80.00	43.33	0.00
No 1-MCP	100.00	83.33	50.00	16.67	0.00	0.00

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. การประเมินอายุการเก็บรักษาของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคในระหว่างการเก็บรักษา

2.1 การศึกษาสมการจลนพลศาสตร์ของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคด้วยวิธีวิเคราะห์ Univariate kinetic analysis

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าคุณภาพของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งที่รมและไม่รมสาร 1-MCP โดยใช้สมการจลนพลศาสตร์ พบว่า การเปลี่ยนแปลงของค่าคุณภาพส่วนใหญ่จัดเป็นปฏิกิริยาอันดับศูนย์ (พิจารณาความเหมาะสมจากค่า R^2 ที่มีค่าเข้าใกล้ 1 มากที่สุด) (ตารางผนวกที่ ช1 และ ช2) ซึ่งมักพบในผักและผลไม้ส่วนใหญ่ที่มีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพเกิดขึ้นค่อนข้างเร็วและมักเป็นปฏิกิริยาอันดับศูนย์ (Labuza, 1982) เมื่อพิจารณาค่าคงที่อัตรา (reaction rate constant; k) ที่เกิดจากการสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าคุณภาพที่เปลี่ยนแปลงไปกับระยะเวลาที่เก็บรักษา พบว่า ทุเรียนตัดแต่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส จะมีค่าคงที่อัตราสูงกว่าทุเรียนตัดแต่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 14 และ 4 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ทั้งในทุเรียนที่รมและไม่รมสาร 1-MCP (ตารางที่ 18, 19) โดยค่าคงที่อัตราที่สูงกว่าแสดงว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพเกิดขึ้นเร็วกว่า แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่ง โดยการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งมีอัตราการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพที่ช้ากว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 14 และ 24 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ดังนั้นการเก็บรักษาทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งที่อุณหภูมิต่ำจึงช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 18 ค่าคงที่อัตรา (k) และค่าพลังงานกระตุ้น (E_a) ที่ปฏิกิริยาอันดับศูนย์ของการเปลี่ยนแปลงค่าคุณภาพในทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รมสาร 1-MCP เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 องศาเซลเซียส

ค่าคุณภาพ	อุณหภูมิในการเก็บรักษา (องศาเซลเซียส)	ค่าคงที่อัตรา (k) (hr^{-1})	พลังงานกระตุ้น (E_a) (kJ/mol)
ค่าสี L*	4	0.219	39.521±2.775
	14	0.341	
	24	0.708	
ค่าสี a*	4	0.117	32.886±0.552
	14	0.163	
	24	0.307	
ค่าสี b*	4	0.155	43.593±2.526
	14	0.190	
	24	0.560	
ค่าความแน่นเนื้อ (Firmness)	4	0.226	49.436±2.270
	14	0.405	
	24	0.959	
ค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS)	4	0.312	36.092±2.599
	14	0.421	
	24	0.909	
ค่ากรดที่ไทเทรตได้ (TA)	4	0.019	42.127±1.934
	14	0.028	
	24	0.067	
ค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อค่ากรดที่ไทเทรตได้ (TSS/TA ratio)	4	2.046	41.639±2.190
	14	1.153	
	24	0.821	

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 18 (ต่อ)

ค่าคุณภาพ	อุณหภูมิในการเก็บรักษา (องศาเซลเซียส)	ค่าคงที่อัตรา (k) (hr^{-1})	พลังงานกระตุ้น (E_a) (kJ/mol)
กิจกรรมของเอนไซม์PG	4	4.202	42.835±1.399
	14	6.439	
	24	14.777	
ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	4	0.456	46.270±4.855
	14	0.869	
	24	1.745	
ปริมาณก๊าซออกซิเจน	4	0.245	46.520±2.120
	14	0.463	
	24	0.956	
ปริมาณก๊าซเอทิลีน	4	0.267	46.097±1.619
	14	0.414	
	24	1.036	
การสูญเสียน้ำหนัก	4	0.043	31.542±4.280
	14	0.065	
	24	0.110	
ความชอบด้านลักษณะปรากฏ	4	0.104	48.429±1.342
	14	0.209	
	24	0.429	
ความชอบด้านสีเนื้อโดยรวม	4	0.082	50.416±1.570
	14	0.179	
	24	0.358	

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 18 (ต่อ)

ค่าคุณภาพ	อุณหภูมิในการเก็บรักษา (องศาเซลเซียส)	ค่าคงที่อัตรา (k) (hr^{-1})	พลังงานกระตุ้น (E_a) (kJ/mol)
ความชอบด้านกลิ่นทุเรียน	4	0.134	36.316±0.969
	14	0.177	
	24	0.390	
ความชอบโดยรวม	4	0.128	42.185±1.155
	14	0.173	
	24	0.443	

ตารางที่ 19 ค่าคงที่อัตรา (k) และค่าพลังงานกระตุ้น (E_a) ที่ปฏิกิริยาอันดับศูนย์ของการเปลี่ยนแปลงค่าคุณภาพในทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ, 14 และ 24 องศาเซลเซียส

ค่าคุณภาพ	อุณหภูมิในการเก็บรักษา (องศาเซลเซียส)	ค่าคงที่อัตรา (k) (hr^{-1})	พลังงานกระตุ้น (E_a) (kJ/mol)
ค่าสี L*	4	0.355	37.101±2.384
	14	0.537	
	24	1.053	
ค่าสี a*	4	0.190	34.134±0.960
	14	0.269	
	24	0.517	
ค่าสี b*	4	0.277	40.600±0.170
	14	0.335	
	24	0.916	

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 19 (ต่อ)

ค่าคุณภาพ	อุณหภูมิในการเก็บรักษา (องศาเซลเซียส)	ค่าคงที่อัตรา (k) (hr^{-1})	พลังงานกระตุ้น (E_a) (kJ/mol)
ค่าความแน่นเนื้อ (Firmness)	4	0.337	38.978±1.993
	14	0.470	
	24	1.061	
ค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS)	4	0.253	34.853±0.194
	14	0.441	
	24	0.700	
ค่ากรดที่ไทเทรตได้ (TA)	4	0.024	30.917±3.298
	14	0.037	
	24	0.059	
ค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อค่ากรดที่ไทเทรตได้ (TSS/TA ratio)	4	2.000	31.014±2.773
	14	0.863	
	24	0.602	
กิจกรรมของเอนไซม์ PG	4	6.394	38.883±0.629
	14	10.005	
	24	19.998	
ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	4	0.776	37.484±0.231
	14	1.216	
	24	2.328	
ปริมาณก๊าซออกซิเจน	4	0.375	40.162±0.244
	14	0.618	
	24	1.216	

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 19 (ต่อ)

ค่าคุณภาพ	อุณหภูมิในการเก็บรักษา (องศาเซลเซียส)	ค่าคงที่อัตรา (k) (hr^{-1})	พลังงานกระตุ้น (E_a) (kJ/mol)
ปริมาณก๊าซเอทิลีน	4	0.421	42.752±0.265
	14	0.614	
	24	1.478	
การสูญเสียน้ำหนัก	4	0.087	29.297±0.858
	14	0.120	
	24	0.207	
ความชอบด้านลักษณะปรากฏ	4	0.146	42.618±0.734
	14	0.271	
	24	0.508	
ความชอบด้านสีเนื้อโดยรวม	4	0.113	47.531±1.124
	14	0.247	
	24	0.453	
ความชอบด้านกลิ่นทุเรียน	4	0.159	33.705±0.751
	14	0.241	
	24	0.427	
ความชอบโดยรวม	4	0.155	38.436±0.936
	14	0.231	
	24	0.479	

จากค่าพลังงานกระตุ้น (Activation Energy ; E_a) ที่ปฏิกิริยาอันดับศูนย์ (ตารางที่ 20) มีค่าพลังงานกระตุ้นที่แตกต่างกันในค่าคุณภาพแต่ละค่า โดยพลังงานกระตุ้นเป็นค่าที่บ่งบอกถึงพลังงานขั้นต่ำที่ใช้ในการทำให้เกิดปฏิกิริยา ค่าพลังงานกระตุ้นที่สูงบ่งบอกถึงปริมาณพลังงานในการเกิดปฏิกิริยาในระดับสูง ขณะที่พลังงานกระตุ้นที่ต่ำบ่งบอกถึงปริมาณพลังงานในระดับต่ำสำหรับการเกิดปฏิกิริยา ด้วยเหตุนี้ค่าคุณภาพที่มีค่าพลังงานกระตุ้นต่ำจึงเกิดการเปลี่ยนแปลงของ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปฏิกิริยาได้ง่ายกว่าค่าคุณภาพที่มีพลังงานกระตุ้นสูง โดยเมื่อพิจารณาค่าพลังงานกระตุ้นของค่าคุณภาพด้านกายภาพ พบว่า ทุเรียนตัดแต่งที่รมสารและไม่รมสาร 1-MCP มีค่าพลังงานกระตุ้นของการสูญเสียน้ำหนักต่ำที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 31.542±4.280 และ 29.297±0.858 kJ/mol สำหรับทุเรียนตัดแต่งที่รมและไม่รมสาร 1-MCP ตามลำดับ แสดงว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงของการสูญเสียน้ำหนักได้ง่ายเนื่องจากใช้พลังงานกระตุ้นในการเกิดปฏิกิริยาต่ำ ทั้งนี้ค่าสี a* บอกตำแหน่งของสีในช่วงสีเขียว (ค่าลบ) ถึงสีแดง (ค่าบวก) โดยเมื่อระยะเวลาเก็บรักษานานขึ้นพบว่าค่าสี a* มีค่าสูงขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของสุดารัตน์ (2536) ซึ่งรายงานว่า ในเนื้อทุเรียนตัดแต่งพันธุ์ชะนีมีปริมาณเบต้า-แคโรทีนสูงกว่าพันธุ์หมอนทอง โดยเมื่อเวลาในการเก็บรักษานานขึ้นเบต้า-แคโรทีนมีปริมาณเพิ่มขึ้น ดังนั้นค่าสี a* ที่เพิ่มสูงขึ้นน่าจะเป็นผลมาจากปริมาณเบต้า-แคโรทีนที่เพิ่มสูงขึ้น สำหรับทุเรียนที่รมสาร 1-MCP พบค่าความแน่นเนื้อมีค่าพลังงานกระตุ้นสูงที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 49.436±2.270 kJ/mol และมีความแตกต่างกันทางสถิติ กับทุเรียนตัดแต่งที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP

เมื่อพิจารณาคุณภาพด้านเคมี พบว่า กิจกรรมของเอนไซม์ PG มีค่าพลังงานกระตุ้นสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับค่าคุณภาพเคมีด้านอื่นทั้งในทุเรียนตัดแต่งที่รมและไม่รมสาร 1-MCP โดยมีค่าเท่ากับ 42.835±1.399 และ 38.883±0.629 kJ/mol ตามลำดับ ค่าพลังงานกระตุ้นของกิจกรรมเอนไซม์ PG และค่ากรดที่ไทเทรตได้ในทุเรียนตัดแต่งที่รมสาร 1-MCP มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับทุเรียนที่ไม่รมสาร 1-MCP ขณะที่ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีค่าพลังงานกระตุ้นต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับค่าคุณภาพเคมีด้านอื่นและมีค่าใกล้เคียงกันทั้งในทุเรียนที่รมและไม่รมสาร 1-MCP และไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$)

เมื่อพิจารณาคุณภาพด้านสรีรวิทยา พบว่า ทุเรียนตัดแต่งที่รมและไม่รมสาร 1-MCP มีค่าพลังกระตุ้นของร้อยละการสูญเสียน้ำหนักต่ำที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 31.542±4.280 และ 29.297±0.858 kJ/mol ตามลำดับ ทุเรียนตัดแต่งที่รมสาร 1-MCP มีการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาได้ยาก เนื่องจากสาร 1-MCP ไปยับยั้งการทำงานของเอทิลีน ทำให้กระบวนการสุกเกิดช้าขึ้น สอดคล้องกับผลการทดลองข้างต้นที่พบว่าค่าคุณภาพต่างๆ ของทุเรียนตัดแต่งที่รมสาร 1-MCP มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่ช้ากว่าทุเรียนตัดแต่งที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP โดยเอทีลีนจะถูกยับยั้งจึงส่งผลให้มีค่าพลังงานกระตุ้นของก๊าซเอทิลีนที่ลดลงและส่งผลให้อัตราการหายใจลดลง สังเกตได้จากการเปลี่ยนแปลงค่าพลังงานกระตุ้นของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และปริมาณก๊าซออกซิเจนในทุเรียนตัดแต่งที่รมสาร 1-MCP มีค่าสูงกว่าทุเรียนตัดแต่งที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP โดยพบค่าพลังงานกระตุ้นของคุณภาพด้านสรีรวิทยา (ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์, ปริมาณก๊าซออกซิเจน, ปริมาณก๊าซเอทิลีน, ร้อยละการสูญเสียน้ำหนัก) ในทุเรียนที่รมสาร 1-MCP มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับทุเรียนตัดแต่งที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP กล่าวคือ การรมทุเรียนตัด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แต่งด้วยสาร 1-MCP ส่งผลให้การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของทุเรียนตัดแต่งเกิดได้ช้าลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งคุณภาพทางด้านสรีรวิทยาที่จัดว่าเป็นปัจจัยคุณภาพที่จะส่งผลต่อการเกิดการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี ทำให้คุณภาพในด้านอื่นๆ เปลี่ยนแปลงตามมาในภายหลัง

เมื่อพิจารณาคุณภาพด้านความชอบ พบว่า ทุเรียนตัดแต่งที่รมและไม่รมสาร 1-MCP มีค่าพลังกระตุ้นของความชอบด้านกลิ่นทุเรียนต่ำที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 36.316±0.969 และ 33.705±0.751 ตามลำดับ ดังนั้น คุณลักษณะด้านกลิ่นทุเรียนน่าจะเป็นคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสที่สำคัญซึ่งสามารถบ่งบอกถึงการหมดอายุของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งได้ ทุเรียนที่รมสาร 1-MCP มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับทุเรียนตัดแต่งที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP โดยการรมทุเรียนตัดแต่งด้วยสาร 1-MCP ส่งผลให้การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านกลิ่นเกิดได้ช้าลง ความชอบด้านกลิ่นจึงมีการเปลี่ยนแปลงช้ากว่าทุเรียนตัดแต่งที่ไม่ผ่านการรมสาร 1-MCP

จากผลการทดลองในข้างต้นแสดงให้เห็นว่า การรมสาร 1-MCP มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของทุเรียนพันธุ์ชะนี โดยส่งผลให้ค่าพลังงานกระตุ้นของค่าคุณภาพหลายค่ามีค่าสูงขึ้น ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากสาร 1-MCP ไปยับยั้งการทำงานของเอทีลีนซึ่งเป็นตัวเร่งให้ผลไม้เข้าสู่กระบวนการสุก ส่งผลให้การเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาต่างๆ ของผลไม้ที่เกิดจากกระบวนการสุกจึงเกิดได้ช้าลงเนื่องจากต้องใช้พลังงานสูงในการเกิดปฏิกิริยา การเสื่อมเสียของทุเรียนตัดแต่งจึงเกิดช้าลง สอดคล้องกับงานวิจัยของศิริกาญจน์ (2554) ซึ่งศึกษาอิทธิพลของสาร 1-MCP ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของทุเรียนพันธุ์หมอนทองซึ่งพบว่า โดยทุเรียนตัดแต่งที่รมสาร 1-MCP มีค่าพลังงานกระตุ้นสูงกว่าทุเรียนตัดแต่งที่ไม่ได้รมสาร1-MCP ดังนั้น การรมสาร 1-MCP จึงช่วยยืดอายุการเก็บของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 20 ค่าพลังงานกระตุ้นที่ปฏิกิริยาอันดับศูนย์ ของทุเรียนตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รมและไม่รมสาร 1-MCP เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30, 20 และ 10 วัน ตามลำดับ

ค่าคุณภาพ	ค่า E_a (kJ/mol)	
	รมสาร1-MCP	ไม่รมสาร1-MCP
คุณภาพด้านกายภาพ		
ค่าสีL* ^{ns}	39.521±2.775	37.101±2.384
ค่าสีa* ^{ns}	34.134±0.960	32.886±0.552
ค่าสีb* ^{ns}	43.593±2.526	40.600±0.170
ค่าความแน่นเนื้อ (Firmness)	49.436±2.270^{a}	38.978±1.993^{b}
คุณภาพด้านเคมี		
ค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ^{ns}	36.092±2.599	34.853±0.194
ค่ากรดที่ไทเทรตได้ (TA)	42.127±1.934^{a}	30.917±3.298^{b}
ค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อค่ากรดที่ไทเทรตได้	41.639±2.190^{a}	31.014±2.773^{b}
กิจกรรมของเอนไซม์ PG	42.835±1.399^{a}	38.883±0.629^{b}
คุณภาพด้านสรีรวิทยา		
ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)	46.270±4.855^{a}	37.484±0.231^{b}
ปริมาณออกซิเจน (O_2)	46.520±2.120^{a}	40.162±0.244^{b}
ปริมาณเอทิลีน (C_2H_4)	46.097±1.619^{a}	42.752±0.265^{b}
การสูญเสียน้ำหนัก (Weight Loss)	31.542±4.280^{a}	29.297±0.858^{b}
คุณภาพทางประสาทสัมผัส		
ความชอบด้านลักษณะปรากฏ	48.429±1.342^{a}	42.618±0.734^{b}
ความชอบด้านสีเนื้อโดยรวม	50.416±1.570^{a}	47.531±1.124^{b}
ความชอบด้านกลิ่นทุเรียน	36.316±0.969^{a}	33.705±0.751^{b}
ความชอบโดยรวม	42.185±1.155^{a}	38.436±0.936^{b}

หมายเหตุ a-b หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวนอนที่มีอักษรแตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.2 การศึกษาสมการจลนพลศาสตร์ของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคด้วยวิธีวิเคราะห์ Multivariate kinetic analysis

จากการคำนวณสมการจลนพลศาสตร์ของค่าคุณภาพด้านต่างๆ ของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภค พบว่า การเปลี่ยนแปลงของค่าคุณภาพส่วนใหญ่จัดเป็นปฏิกิริยาอันดับศูนย์ แต่เนื่องจากค่าคุณภาพแต่ละค่ามีค่าพลังงานกระตุ้นแตกต่างกัน ทำให้การตัดสินใจที่จะเลือกใช้ค่าคุณภาพใดเป็นดัชนีชี้วัดการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์นั้นๆ เป็นไปได้ยากเพราะมีความไม่แน่นอน จึงทำให้วิธีการคัดเลือกมักขึ้นอยู่กับวิจารณญาณของผู้วิจัยเป็นสำคัญ ดังนั้น เพื่อลดปัญหาดังกล่าวจึงได้นำวิธีการวิเคราะห์หลายตัวแปร (Multivariate Analysis) ด้วยวิธีวิเคราะห์องค์ประกอบ (Principal Component Analysis: PCA) เพื่อสร้างตัวประกอบใหม่มาเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่ช่วยแก้ไขปัญหาดังกล่าว ซึ่งจากการวิเคราะห์องค์ประกอบของทุเรียนตัดแต่งที่รมสาร1-MCP พบว่า การวิเคราะห์องค์ประกอบสามารถลดจำนวนตัวแปรจาก 15 ตัวแปร เหลือเพียง 1 ตัวแปร (ตารางที่ 21) โดย F1 (อธิบายความแปรปรวนได้ร้อยละ 94.87) ประกอบด้วย ค่าสี L*, ค่าความแน่นเนื้อ (Firmness), ค่ากรดที่ไทเทรตได้ (TA), ปริมาณก๊าซออกซิเจน (O_2), ความชอบด้านลักษณะปรากฏ (Appearance), ความชอบด้านสีเนื้อโดยรวม (Color), ความชอบด้านกลิ่นทุเรียน (Durian odor) และความชอบโดยรวม (Overall liking) อยู่ในทิศทางบวกของ F1 ในขณะที่ ค่าสี a*, ค่าสี b*, ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS), ค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อค่ากรดที่ไทเทรตได้ (TSS/TA ratio), กิจกรรมของเอนไซม์ PG, ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ CO_2, ปริมาณก๊าซเอทิลีน (C_2H_4) และการสูญเสียน้ำหนัก (Weight Loss) อยู่ในทิศทางลบของ F1

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบในส่วนของทุเรียนตัดแต่งที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP พบว่า การวิเคราะห์องค์ประกอบสามารถลดจำนวนตัวแปรจาก 15 ตัวแปร เหลือเพียง 1 ตัวแปร เช่นเดียวกับทุเรียนตัดแต่งที่รมสาร 1-MCP โดย F1 (อธิบายความแปรปรวนได้เท่ากับร้อยละ 95.74) ประกอบด้วย ค่าสี a*, ค่าสี b*, ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS), ค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อค่ากรดที่ไทเทรตได้ (TSS/TA ratio), กิจกรรมของเอนไซม์ PG, ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ CO_2, ปริมาณก๊าซเอทิลีน (C_2H_4) และการสูญเสียน้ำหนัก (Weight Loss) อยู่ในทิศทางบวกของ F1 ส่วน ค่าสี L*, ค่าความแน่นเนื้อ (Firmness), ค่ากรดที่ไทเทรตได้ (TA), ปริมาณก๊าซออกซิเจน (O_2), ความชอบด้านลักษณะปรากฏ (Appearance), ความชอบด้านสีเนื้อโดยรวม (Color), ความชอบด้านกลิ่นทุเรียน (Durian odor) และความชอบโดยรวม (Overall liking) อยู่ในทิศทางลบของ F1 (ตารางที่ 22)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 21 ค่า Factor Loading แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแกนองค์ประกอบกับค่าคุณภาพในทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รมสาร1-MCP และเก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 องศาเซลเซียส โดยใช้วิธีวิเคราะห์องค์ประกอบ (PCA)

ค่าคุณภาพ	F1 (95.02%)
สี L*	0.995
สี a*	-0.950
สี b*	-0.974
ความแน่นเนื้อ (Firmness)	0.981
ของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS)	-0.975
กรดที่ไทเทรตได้ (TA)	0.965
ค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อค่ากรดที่ไทเทรตได้	-0.987
กิจกรรมของเอนไซม์ PG	-0.992
ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)	-0.990
ปริมาณก๊าซออกซิเจน (O_2)	0.980
ปริมาณก๊าซเอทิลีน (C_2H_4)	-0.975
การสูญเสียน้ำหนัก (Weight Loss)	-0.956
ความชอบด้านลักษณะปรากฏ (Appearance)	0.971
ความชอบด้านสีเนื้อโดยรวม (Color)	0.951
ความชอบด้านกลิ่นทุเรียน (Durian odor)	0.972
ความชอบโดยรวม (Overall liking)	0.982

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 22 ค่า Factor Loading แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแกนองค์ประกอบกับค่าคุณภาพในทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP และเก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 องศาเซลเซียส โดยใช้วิธีวิเคราะห์องค์ประกอบ (PCA)

ค่าคุณภาพ	F1 (95.65%)
สี L*	-0.986
สี a*	0.980
สี b*	0.973
ความแน่นเนื้อ (Firmness)	-0.988
ของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS)	0.969
กรดที่ไทเทรตได้ (TA)	-0.976
ค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อค่ากรดที่ไทเทรตได้	0.973
กิจกรรมของเอนไซม์ PG	0.972
ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)	0.993
ปริมาณก๊าซออกซิเจน (O_2)	-0.993
ปริมาณก๊าซเอทิลีน (C_2H_4)	0.965
การสูญเสียน้ำหนัก (Weight Loss)	0.975
ความชอบด้านลักษณะปรากฏ (Appearance)	-0.963
ความชอบด้านสีเนื้อโดยรวม (Color)	-0.967
ความชอบด้านกลิ่นทุเรียน (Durian odor)	-0.985
ความชอบโดยรวม (Overall liking)	-0.991

การที่ค่าคุณภาพ ได้แก่ ค่าสี L*, ค่าความแน่นเนื้อ (Firmness), ค่ากรดที่ไทเทรตได้ (TA), ปริมาณก๊าซออกซิเจน (O_2) ความชอบด้านลักษณะปรากฏ (Appearance), ความชอบด้านสีเนื้อโดยรวม (Color), ความชอบด้านกลิ่นทุเรียน (Durian odor) และความชอบโดยรวม (Overall liking) มีทิศทางของ Loading ไปในทิศทางเดียวกันเนื่องจาก การเปลี่ยนแปลงของค่าคุณภาพมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันคือลดลง ส่วนค่าคุณภาพ ได้แก่ ค่าสี a*, ค่าสี b*, ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS), ค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อค่ากรดที่ไทเทรตได้ (TSS/TA ratio), กิจกรรมของเอนไซม์ PG, ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2), ปริมาณก๊าซเอทิลีน (C_2H_4) และการสูญเสียน้ำหนัก (Weight Loss) ทิศทางของ Loading ไปในทิศทางเดียวกันเนื่องจาก การเปลี่ยนแปลงของ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ค่าคุณภาพมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันคือเพิ่มขึ้น ดังนั้น Factor loading ของค่าคุณภาพเหล่านี้จึงมีทิศทางไปในทางเดียวกัน

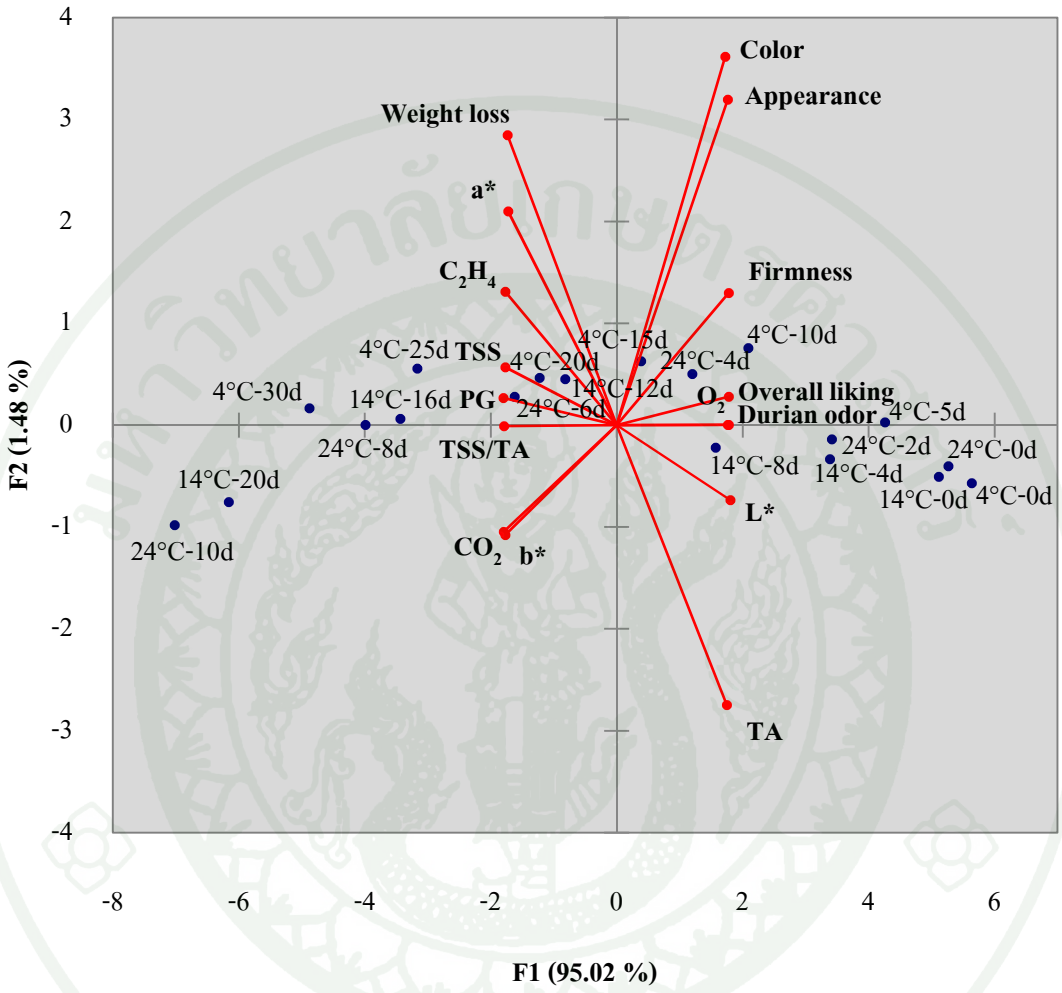
จากแผนภาพ Bi-plot (ภาพที่ 24) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งที่รมสาร 1-MCP ซึ่งเก็บรักษา ณ อุณหภูมิต่างๆ ตามระยะเวลาในการเก็บรักษากับค่าคุณภาพของทุเรียนตัดแต่ง พบว่า ในช่วงแรกของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 องศาเซลเซียส สัมพันธ์กับค่าคุณภาพด้านความแน่นเนื้อ (Firmness), ปริมาณก๊าซออกซิเจน (O_2) และค่าสี L* เมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น พบว่า ทุเรียนตัดแต่งที่รมสาร 1-MCP ที่อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 องศาเซลเซียส มีความสัมพันธ์กับค่าสี a*, ค่าสี b*, ปริมาณก๊าซเอทิลีน (C_2H_4), ค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS), กิจกรรมของเอนไซม์ PG และปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณก๊าซเอทีลีนที่สูงขึ้นเนื่องจากกระบวนการหายใจเป็นปัจจัยเร่งที่ทำให้เกิดการเสื่อมคุณภาพของผลิตผล จึงส่งผลให้ค่าสี a*, ค่าสี b*, ค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS), กิจกรรมของเอนไซม์ PG และปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เพิ่มสูงขึ้นด้วยเช่นกัน สอดคล้องกับงานวิจัยของศิริกาญจน์ (2550) ที่ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างทุเรียนพันธุ์หมอนทองตัดแต่งที่รมสาร 1-MCP ซึ่งเก็บรักษา ณ อุณหภูมิต่างๆ ตามระยะเวลาในการเก็บรักษากับค่าคุณภาพของทุเรียนพันธุ์หมอนทองตัดแต่งพบว่า เมื่อปริมาณเอทิลีนเพิ่มสูงขึ้นส่งผลให้ค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS), กิจกรรมของเอนไซม์ PG และปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มสูงขึ้นด้วย

ส่วนแผนภาพ Bi-plot (ภาพที่ 25) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP เก็บรักษา ณ อุณหภูมิต่างๆ ตามระยะเวลาในการเก็บรักษากับค่าคุณภาพที่เปลี่ยนแปลง พบว่า ในช่วงแรกของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 องศาเซลเซียส สัมพันธ์กับค่าคุณภาพด้านความแน่นเนื้อ (Firmness), ปริมาณก๊าซออกซิเจน (O_2) และค่าสี L* เมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น พบว่า ทุเรียนตัดแต่งที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP ที่อุณหภูมิ 4, 14 และ24 องศาเซลเซียส มีความสัมพันธ์กับค่าสี a*, ค่าสี b*, ปริมาณก๊าซเอทิลีน (C_2H_4), การสูญเสียน้ำหนัก (Weight loss), ค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS), กิจกรรมของเอนไซม์ PG และปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เช่นเดียวกับทุเรียนที่รมสาร 1-MCP

ทั้งนี้จากการศึกษาพบว่า ทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งที่รมและไม่รมสาร 1-MCP มีค่า Overall liking สัมพันธ์กับค่า Durian odor ค่อนข้างสูง แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของปัจจัยดังกล่าวที่มีความสัมพันธ์กับค่าความชอบ ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า ทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งที่รมและไม่

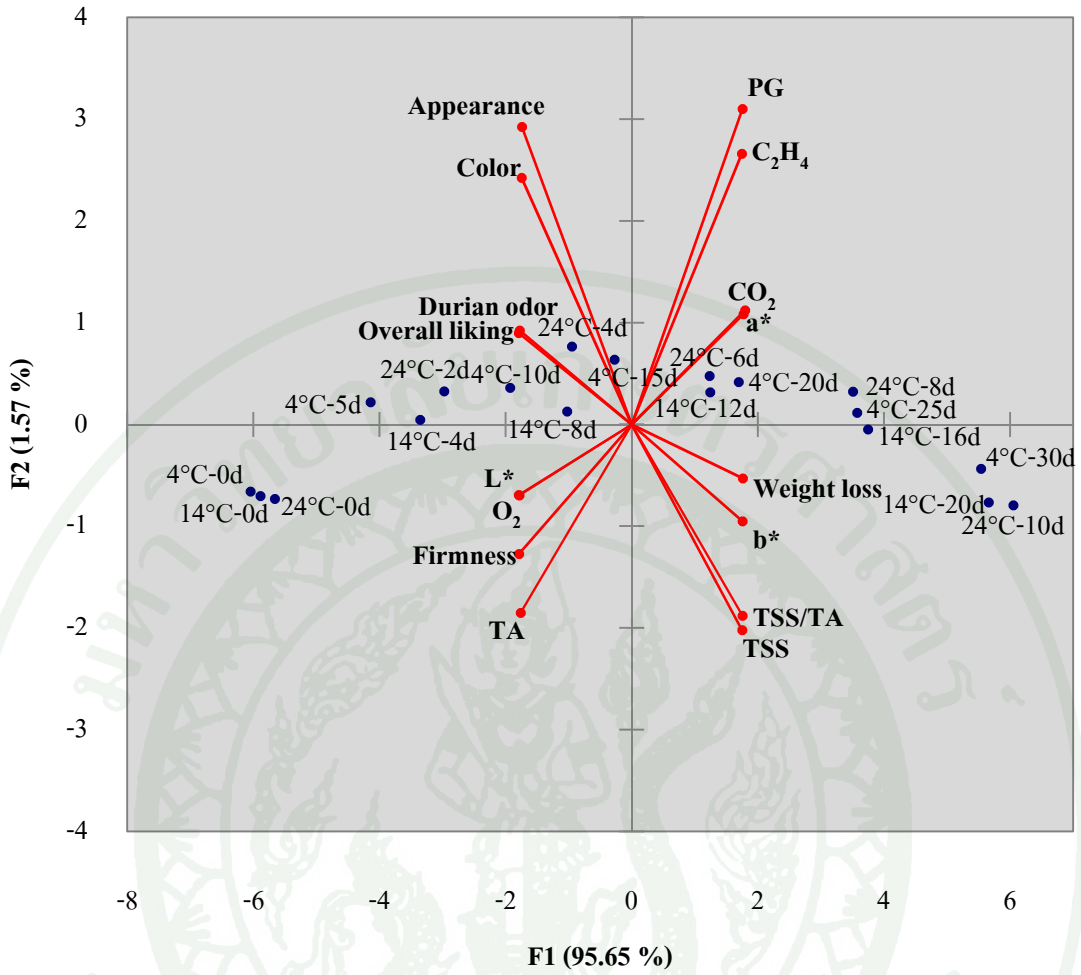
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

รมด้วยสาร 1-MCP ปัจจัยคุณภาพด้านกลิ่นมีความสัมพันธ์ต่อการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษาและความชอบของผู้บริโภค



ภาพที่ 24 แผนภาพ Bi-plot แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าคุณภาพทางกายภาพ, เคมี, สรีรวิทยา และจุลินทรีย์ ของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รมสาร 1-MCP เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4 (4°C-d), 14 (14°C-d) และ 24 (24°C-d) องศาเซลเซียส ในระยะเวลาการเก็บรักษา (d) ต่างๆ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 25 แผนภาพ Bi-plot แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าคุณภาพทางกายภาพ, เคมี, สรีรวิทยา และจุลินทรีย์ และทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4 (4°C-d), 14 (14°C-d) และ 24 (24°C-d) องศาเซลเซียส ในระยะเวลาการเก็บรักษา (d) ต่างๆ

จากแกนองค์ประกอบ F1 (ตารางที่ 21) ซึ่งเป็นตัวแปรใหม่ที่สามารถอธิบายค่าคุณภาพของทุเรียนตัดแต่งที่รมสาร 1-MCP โดยรวม โดยมีความสามารถในการอธิบายความแปรปรวนของตัวแปรได้สูงที่สุด (ร้อยละ 95.02) ดังนั้น การใช้ F1 จึงมีความเหมาะสมในการเป็นตัวแทนปัจจัยโดยรวมของทุเรียนตัดแต่งที่รมสาร1-MCP โดยเมื่อนำค่า Factor score ของ F1 มาคำนวณในสมการจลนพลศาสตร์ พบว่า F1 มีอันดับปฏิกิริยาเท่ากับศูนย์ (พิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์: R) โดยมีค่าคงที่อัตรา (k) เท่ากับ 0.355, 0.565 และ 1.234 hr^{-1} ณ อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ค่าพลังงานกระตุ้นของทุเรียนตัดแต่งที่รมสาร 1-MCP มีค่าเท่ากับ 42.460 kJ/mol (ตารางที่ 23) ซึ่งค่าที่ได้ใกล้เคียงกับค่าพลังงานกระตุ้นของค่าสี b*, ค่า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA), ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TSS/TA ratio), กิจกรรมของเอนไซม์ PG และความชอบโดยรวม (Overall liking) ซึ่งได้จากการวิเคราะห์ Univariate kinetic โดยมีค่าเท่ากับ 43.593±2.526, 42.127±1.934, 41.639±2.190, 42.835±1.399 และ 42.185±1.155 kJ/mol ตามลำดับ

ตารางที่ 23 ค่าคงที่อัตรา (k) และค่าพลังงานกระตุ้น (E_a) ที่ปฏิกิริยาอันดับศูนย์ของ F1 ได้จากการวิเคราะห์องค์ประกอบค่าคุณภาพของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รมสาร 1-MCP

แกนองค์ประกอบ (Principal Component)	อุณหภูมิในการเก็บรักษา (องศาเซลเซียส)	ค่าคงที่อัตรา (k) (hr^{-1})	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R)
F1	4	0.355	0.998
	14	0.565	0.990
	24	1.234	0.994
ค่าพลังงานกระตุ้น (E_a)		42.460 kJ/mol	

ในส่วนของทุเรียนตัดแต่งที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP จากแกนองค์ประกอบ F1 (ตารางที่ 22) ซึ่งเป็นตัวแปรใหม่ที่สามารถอธิบายค่าคุณภาพของทุเรียนตัดแต่งที่ไม่รมสาร 1-MCP โดยรวม โดยอธิบายความแปรปรวนของตัวแปรได้สูงที่สุด (ร้อยละ 95.74) เมื่อนำค่า Factor score ของ F1 มาคำนวณในสมการจลนพลศาสตร์ พบว่า F1 มีอันดับปฏิกิริยาเท่ากับศูนย์ (พิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์: R) โดยมีค่าคงที่อัตรา (k) เท่ากับ 0.369, 0.563 และ 1.114 hr^{-1} ณ อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 องศาเซลเซียส ตามลำดับ พบว่า ค่าพลังงานกระตุ้นของทุเรียนตัดแต่งที่ไม่รมสาร 1-MCP มีค่าเท่ากับ 37.662 kJ/mol (ตารางที่ 24) ซึ่งค่าที่ได้ใกล้เคียงกับค่าพลังงานกระตุ้นของค่าสี L*, ค่าความแน่นเนื้อ (Firmness) และความชอบโดยรวม (Overall liking) ซึ่งได้จากการวิเคราะห์ Univariate kinetic โดยมีค่าเท่ากับ 37.101±2.384, 38.978±1.993 และ 38.436±0.936 kJ/mol ตามลำดับ

เมื่อเปรียบเทียบค่าพลังงานกระตุ้นโดยรวมระหว่างทุเรียนตัดแต่งที่รมและไม่รมสาร 1-MCP พบว่า ทุเรียนตัดแต่งที่ผ่านการรมสาร 1-MCP มีค่าพลังงานกระตุ้นสูงกว่าทุเรียนตัดแต่งที่ไม่ผ่านการรมสาร 1-MCP ทั้งนี้เป็นผลมาจากสาร 1-MCP ไปยับยั้งการทำงานของเอทีลีนซึ่งเป็น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตัวเร่งให้ผลไม้เข้าสู่กระบวนการสุก การเสื่อมเสียของทุเรียนตัดแต่งที่รมสาร 1-MCP จึงเกิดได้ช้าลงเนื่องจากต้องใช้พลังงานสูงในการเกิดปฏิกิริยา

ตารางที่ 24 ค่าคงที่อัตรา (k) และค่าพลังงานกระตุ้น (E_a) ที่ปฏิกิริยาอันดับศูนย์ของ F1ได้จากการวิเคราะห์องค์ประกอบค่าคุณภาพของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP

แกนองค์ประกอบ (Principal Component)	อุณหภูมิในการเก็บรักษา (องศาเซลเซียส)	ค่าคงที่อัตรา (k) (hr^{-1})	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R)
F1	4	0.384	0.999
	14	0.580	0.998
	24	1.145	0.998
ค่าพลังงานกระตุ้น (E_a)		37.238 kJ/mol	

จากการเปรียบเทียบผลวิเคราะห์ Univariate kinetic และ Multivariate kinetic พบค่าพลังงานกระตุ้นของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งที่รมและไม่รมสาร 1-MCP ให้ผลไปในทิศทางเดียวกัน คือ ทุเรียนตัดแต่งที่รมสาร 1-MCP มีค่าพลังงานกระตุ้นที่สูงกว่าทุเรียนตัดแต่งที่ไม่รมสาร 1-MCP ซึ่งเป็นผลมาจากสาร 1-MCP ไปยับยั้งการทำงานของเอทีลีนซึ่งเป็นตัวเร่งให้ผลไม้เข้าสู่กระบวนการสุก ส่งผลให้การเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาต่างๆ ของผลไม้ที่เกิดจากกระบวนการสุกจึงเกิดได้ช้าลงเนื่องจากต้องใช้พลังงานสูงในการเกิดปฏิกิริยา นอกจากนั้นยังพบว่า ค่าคุณภาพที่ควรใช้เป็นดัชนีในการประเมินอายุการเก็บของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ได้จากผลวิเคราะห์ Univariate kinetic ได้แก่ การสูญเสียน้ำหนัก เนื่องจากมีค่าพลังงานกระตุ้นต่ำที่สุด ส่วนค่าคุณภาพที่ควรใช้เป็นดัชนีในการประเมินอายุการเก็บของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ได้จากผลวิเคราะห์ Multivariate kinetic ได้แก่ ค่าสี b*, ค่าสี L*, ค่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA), อัตราส่วนของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TSS/TA ratio), กิจกรรมของเอนไซม์ PG, ค่าความแน่นเนื้อ (Firmness) และความชอบโดยรวม (Overall liking) เนื่องจากมีค่าพลังงานกระตุ้นของค่าคุณภาพใกล้เคียงกับค่าพลังงานกระตุ้นโดยรวม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.3 การวิเคราะห์การรอดชีพ

การวิเคราะห์การรอดชีพจากเหตุการณ์ที่สนใจ โดยในการทดลองนี้คือค่าการยอมรับทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคโดยผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน (ด้วยการตอบยอมรับ/ปฏิเสธ) จำนวน 30 คน ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เพื่อทำให้ทราบความน่าจะเป็นในการยอมรับและอัตราเสี่ยงที่ผู้ทดสอบจะปฏิเสธทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รมและไม่รมสาร 1-MCP ซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 องศาเซลเซียส โดยการทดลองนี้ทำการเปรียบเทียบวิธีการวิเคราะห์การรอดชีพ 3 วิธี ประกอบด้วย วิธีวิเคราะห์ตารางชีพ (Life Table), วิธีของ Kaplan-Meier (KM) และการวิเคราะห์สมการถดถอยแบบ Cox หลายตัวแปร (Multivariate analysis by Cox regression)

2.3.1 การวิเคราะห์การรอดชีพโดยวิธีวิเคราะห์ตารางชีพ

จากการวิเคราะห์การรอดชีพด้วยวิธีวิเคราะห์ตารางชีพ พบว่า ผู้ทดสอบทั้งหมดยอมรับทุเรียนตัดแต่งที่รมสาร 1-MCP ซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จนกระทั่ง 14 วันของการเก็บรักษา จากนั้นคะแนนการยอมรับมีค่าลดลงตามระยะเวลาในการเก็บรักษา โดยในช่วงวันที่ 14 ถึง 16 ผู้ทดสอบให้การปฏิเสธทุเรียนตัดแต่งที่รมสาร 1-MCP จำนวน 2 คน ทำให้ความน่าจะเป็นในการยอมรับสะสมของทุเรียนตัดแต่งที่รมสาร 1-MCP มีค่าเท่ากับ 0.93 และลดต่ำลงเรื่อยมาจนกระทั่งมีความน่าจะเป็นในการยอมรับสะสมลดลงเหลือ 0.13 ในวันที่ 30 ของการเก็บรักษา (ตารางผนวกที่ ซ1) ส่วนทุเรียนตัดแต่งที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP ผู้ทดสอบทั้งหมดยอมรับทุเรียนตัดแต่งจนถึงวันที่ 10 ของการเก็บรักษา จากนั้นคะแนนการยอมรับมีค่าลดลงตามระยะเวลาในการเก็บรักษา โดยในช่วงวันที่ 10 ถึง 12 ผู้ทดสอบให้การปฏิเสธทุเรียนตัดแต่งที่ไม่รมสาร 1-MCP จำนวน 2 คน ทำให้ความน่าจะเป็นในการยอมรับทุเรียนตัดแต่งที่ไม่รมสาร 1-MCP มีค่าเท่ากับ 0.93 และในวันที่ 30 ของการเก็บรักษาผู้ทดสอบทั้งหมดปฏิเสธทุเรียนตัดแต่ง ทำให้ความน่าจะเป็นในการยอมรับสะสมมีค่าเท่ากับ 0.00 ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (ตารางผนวกที่ ซ2) ดังนั้น ผู้ทดสอบให้การยอมรับทุเรียนตัดแต่งที่รมสาร 1-MCP (เริ่มลดลงในวันที่ 14-16) มากกว่าทุเรียนตัดแต่งที่ไม่รมสาร 1-MCP (เริ่มลดลงในวันที่ 10-12) ณ อายุหรือวันของการเก็บรักษาเท่ากัน

สำหรับทุเรียนตัดแต่งที่รมสาร 1-MCP และทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 14 องศาเซลเซียส ผู้ทดสอบทั้งหมดให้การยอมรับทุเรียนตัดแต่งที่รมสาร 1-MCP จนกระทั่งวันที่ 14 ของการเก็บรักษา จากนั้นคะแนนการยอมรับมีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา โดยในช่วงวันที่ 14 ถึง 16 ผู้ทดสอบให้การปฏิเสธทุเรียนตัดแต่งที่รมสาร 1-MCP จำนวน 2 คน ทำให้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ความน่าจะเป็นในการยอมรับสะสมของทุเรียนตัดแต่งที่รมสาร 1-MCP มีค่าเท่ากับ 0.93 และมีความน่าจะเป็นในการยอมรับสะสมลดลงเหลือ 0.04 ในวันที่ 20 ของการเก็บรักษา (ตารางผนวกที่ ซ3) ส่วนทุเรียนตัดแต่งที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP ผู้ทดสอบทั้งหมดยอมรับทุเรียนตัดแต่งจนถึงวันที่ 8 ของการเก็บรักษา จากนั้นคะแนนการยอมรับมีค่าลดลงตามระยะเวลาในการเก็บรักษา โดยในช่วงวันที่ 8 ถึง 10 ผู้ทดสอบให้การปฏิเสธทุเรียนตัดแต่งที่ไม่รมสาร 1-MCP จำนวน 7 คน ทำให้ความน่าจะเป็นในการยอมรับสะสมของทุเรียนตัดแต่งที่ไม่รมสาร 1-MCP มีค่าเท่ากับ 0.77 และในช่วงวันที่ 16 ถึง 18 ของการเก็บรักษาผู้ทดสอบทั้งหมดปฏิเสธทุเรียนตัดแต่ง ทำให้ความน่าจะเป็นในการยอมรับสะสมมีค่าเท่ากับ 0.00 (ตารางผนวกที่ ซ4) ดังนั้นผู้ทดสอบให้การยอมรับทุเรียนตัดแต่งที่รมสาร 1-MCP (เริ่มลดลงวันที่ 14-16) มากกว่าทุเรียนตัดแต่งที่ไม่รมสาร 1-MCP (เริ่มลดลงวันที่ 8-10) เมื่ออายุการเก็บรักษาเท่ากัน

ทุเรียนตัดแต่งที่รมสาร 1-MCP เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส ผู้ทดสอบทั้งหมดยอมรับทุเรียนตัดแต่งที่รมสาร 1-MCP จนกระทั่งวันที่ 4 ของการเก็บรักษา จากนั้นคะแนนการยอมรับมีค่าลดลงตามระยะเวลาในการเก็บรักษา โดยในช่วงวันที่ 4 ถึง 6 ผู้ทดสอบให้การปฏิเสธทุเรียนตัดแต่งที่รมสาร 1-MCP จำนวน 2 คน ทำให้ความน่าจะเป็นในการยอมรับสะสมของทุเรียนตัดแต่งที่รมสาร 1-MCP มีค่าเท่ากับ 0.93 และมีความน่าจะเป็นในการยอมรับสะสมลดลงเหลือ 0.00 ในวันที่ 10 ของการเก็บรักษา (ตารางผนวกที่ ซ5) ส่วนทุเรียนตัดแต่งที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP ผู้ทดสอบทั้งหมดยอมรับทุเรียนตัดแต่งจนถึงวันที่ 2 ของการเก็บรักษา จากนั้นคะแนนการยอมรับมีค่าลดลงตามระยะเวลาในการเก็บรักษา โดยในช่วงวันที่ 2 ถึง 4 ผู้ทดสอบให้การปฏิเสธทุเรียนตัดแต่งที่ไม่รมสาร 1-MCP จำนวน 5 คน ทำให้ความน่าจะเป็นในการยอมรับสะสมของทุเรียนตัดแต่งที่ไม่รมสาร 1-MCP มีค่าเท่ากับ 0.83 และในช่วงวันที่ 8 ถึง 10 ของการเก็บรักษาผู้ทดสอบทั้งหมดปฏิเสธทุเรียนตัดแต่ง ทำให้ความน่าจะเป็นในการยอมรับสะสมมีค่าเท่ากับ 0.00 (ตารางผนวกที่ ซ6) ดังนั้นผู้ทดสอบให้การยอมรับทุเรียนตัดแต่งที่รมสาร 1-MCP (เริ่มลดลงวันที่ 4-6) มากกว่าทุเรียนตัดแต่งที่ไม่รมสาร 1-MCP (เริ่มลดลงวันที่ 2-4) เมื่ออายุการเก็บรักษาเท่ากัน

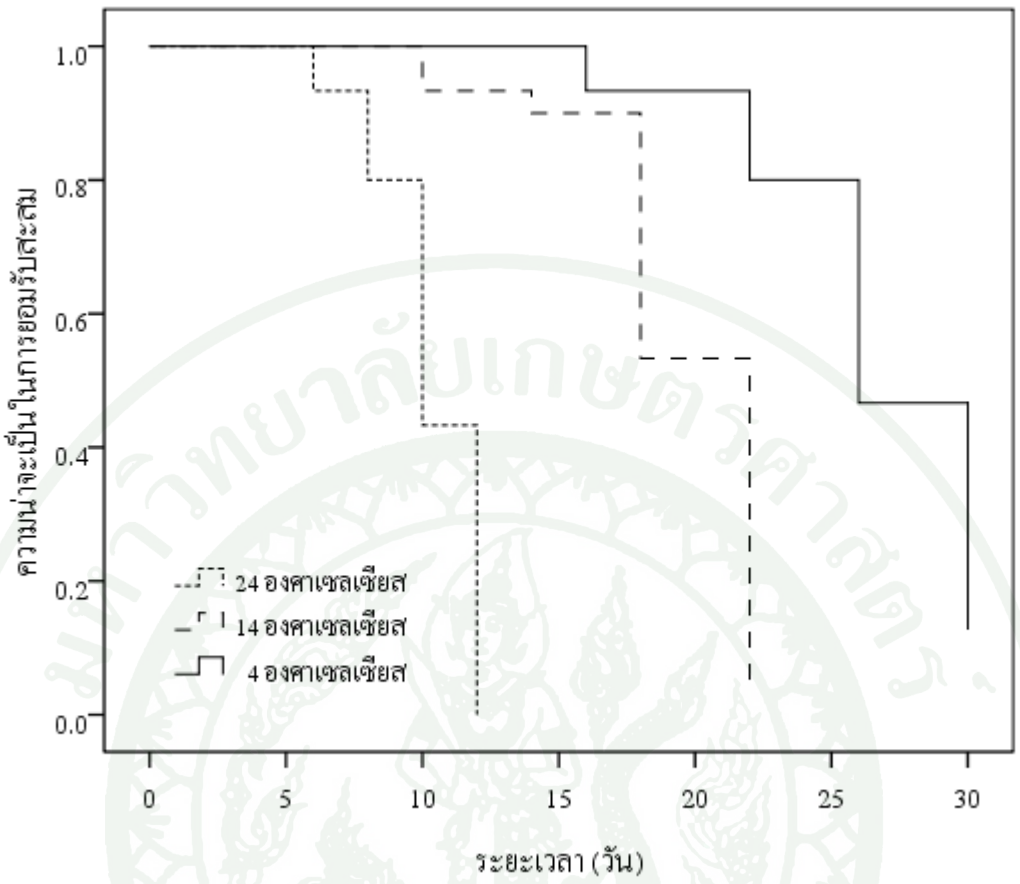
ดังนั้น จากผลการทดลองข้างต้นจะพบว่าเมื่ออุณหภูมิในการเก็บรักษาเพิ่มสูงขึ้นส่งผลให้ค่าการยอมรับของผู้ทดสอบมีแนวโน้มลดต่ำลงตลอดการเก็บรักษา โดยทุเรียนตัดแต่งที่ไม่รมสาร 1-MCP มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงที่รวดเร็วกว่าทุเรียนตัดแต่งที่รมสาร 1-MCP ซึ่งส่งผลต่อค่าการยอมรับของผู้ทดสอบที่ลดต่ำลง

เมื่อพิจารณาความน่าจะเป็นในการยอมรับสะสมของทุเรียนตัดแต่งพร้อมบริโภคในทุกอุณหภูมิจะเห็นได้ว่าในทุเรียนตัดแต่งที่รมสาร 1-MCP ซึ่งเก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

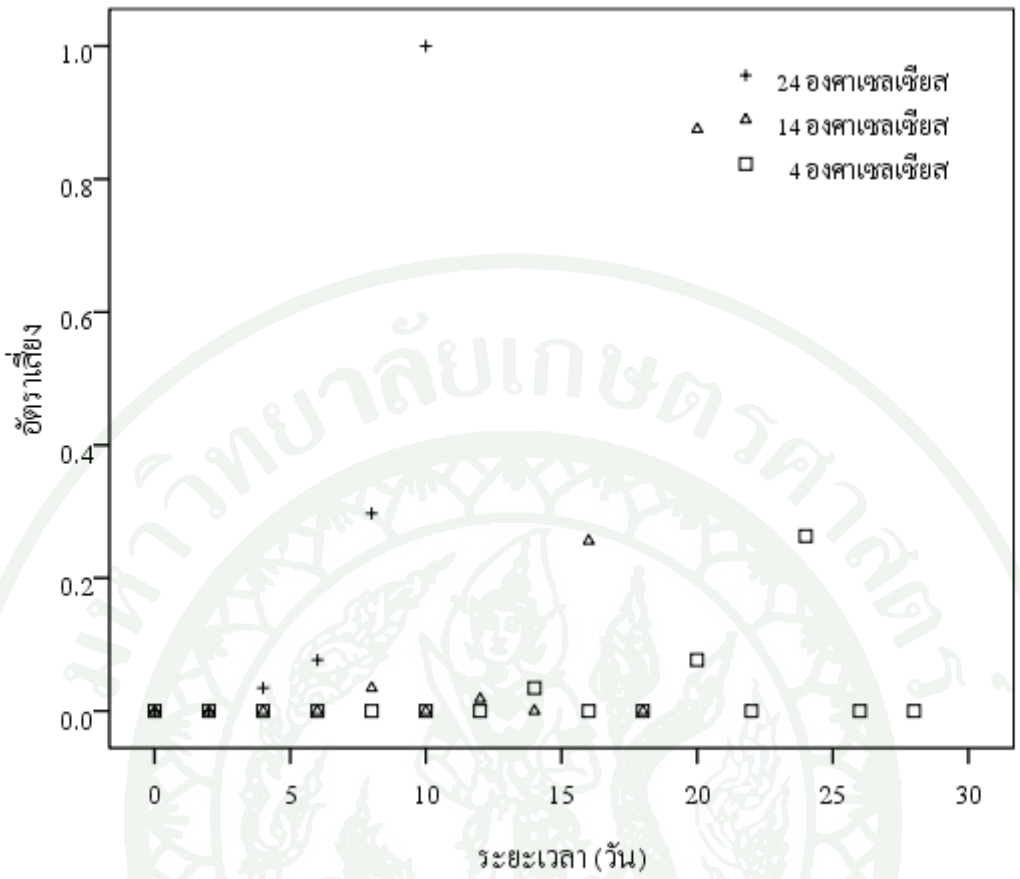
องศาเซลเซียส มีความน่าจะเป็นในการยอมรับสะสมเปลี่ยนแปลงช้ากว่าทุเรียนตัดแต่งที่เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 14 และ 24 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งทุเรียนตัดแต่งที่รมสาร 1-MCP มีความน่าจะเป็นในการยอมรับลดลงต่ำกว่าครึ่งหนึ่ง (ความน่าจะเป็นเท่ากับ 0.5) ณ เวลา 26, 22 และ 10 วัน ของการเก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 องศาเซลเซียส ตามลำดับ (ภาพที่ 26) ขณะที่อัตราเสี่ยงของทุเรียนตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รมสาร 1-MCP มีการเปลี่ยนแปลงโดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการเก็บรักษา โดยทุเรียนตัดแต่งเก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีอัตราเสี่ยงเปลี่ยนแปลงช้ากว่าทุเรียนตัดแต่งที่เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 14 และ 24 องศาเซลเซียส ตามลำดับ (ภาพที่ 27) ส่วนในทุเรียนตัดแต่งที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP ให้ผลไปในทิศทางเดียวกับทุเรียนตัดแต่งที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP กล่าวคือ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีความน่าจะเป็นในการยอมรับสะสมเปลี่ยนแปลงช้ากว่าทุเรียนตัดแต่งที่เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 14 และ 24 องศาเซลเซียส โดยพบความน่าจะเป็นในการยอมรับลดลงต่ำกว่าครึ่งหนึ่ง (ความน่าจะเป็นเท่ากับ 0.5) ณ เวลา 26, 18 และ 8 วัน ในทุเรียนตัดแต่งที่เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 องศาเซลเซียส ตามลำดับ (ภาพที่ 28) ขณะที่อัตราเสี่ยงของทุเรียนตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ไม่รมสาร 1-MCP (ภาพที่ 29) มีการเปลี่ยนแปลงโดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา โดยทุเรียนตัดแต่งเก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีอัตราเสี่ยงต่อการปฏิเสธของผู้ทดสอบเปลี่ยนแปลงช้ากว่าทุเรียนตัดแต่งที่เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 14 และ 24 องศาเซลเซียส เช่นเดียวกับทุเรียนตัดแต่งที่รมสาร 1-MCP อย่างไรก็ตาม ทุเรียนตัดแต่งที่รมสาร 1-MCP มีอัตราการเปลี่ยนแปลงที่ช้ากว่าทุเรียนตัดแต่งที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



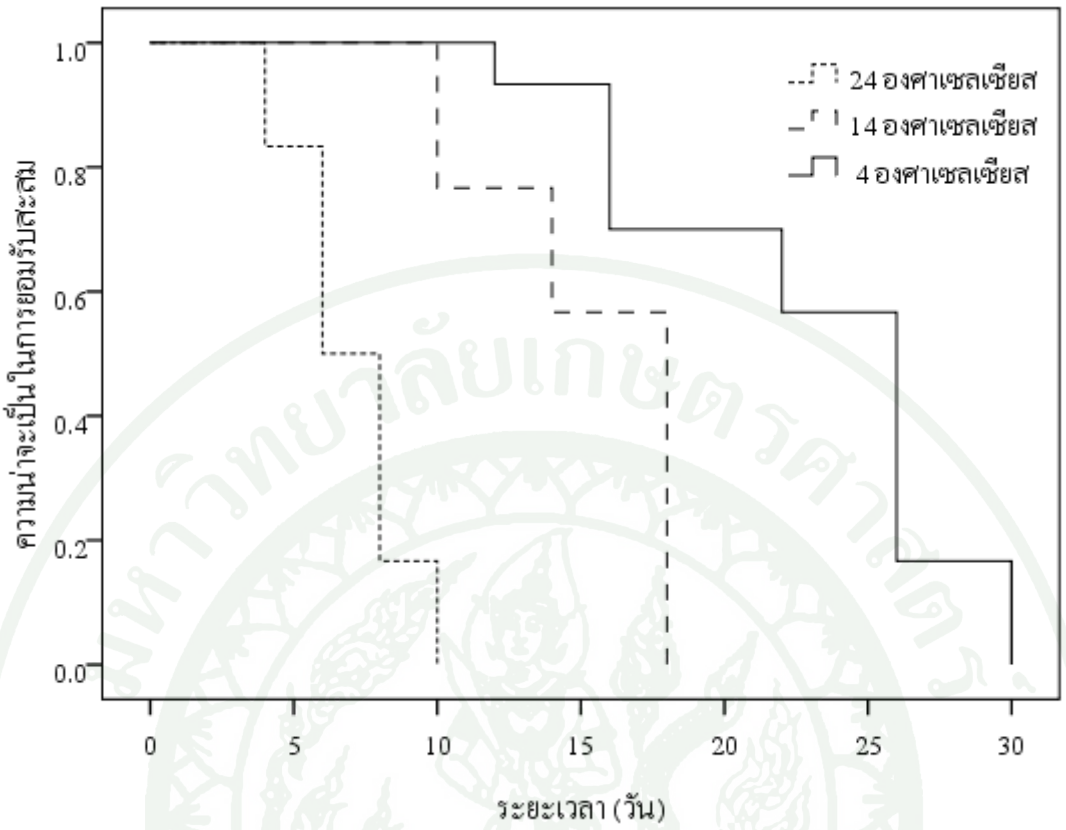
ภาพที่ 26 ความน่าจะเป็นในการยอมรับสะสมของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รมสาร 1-MCP เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 องศาเซลเซียส ด้วยวิธีวิเคราะห์ตารางชีพ (Life Table)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



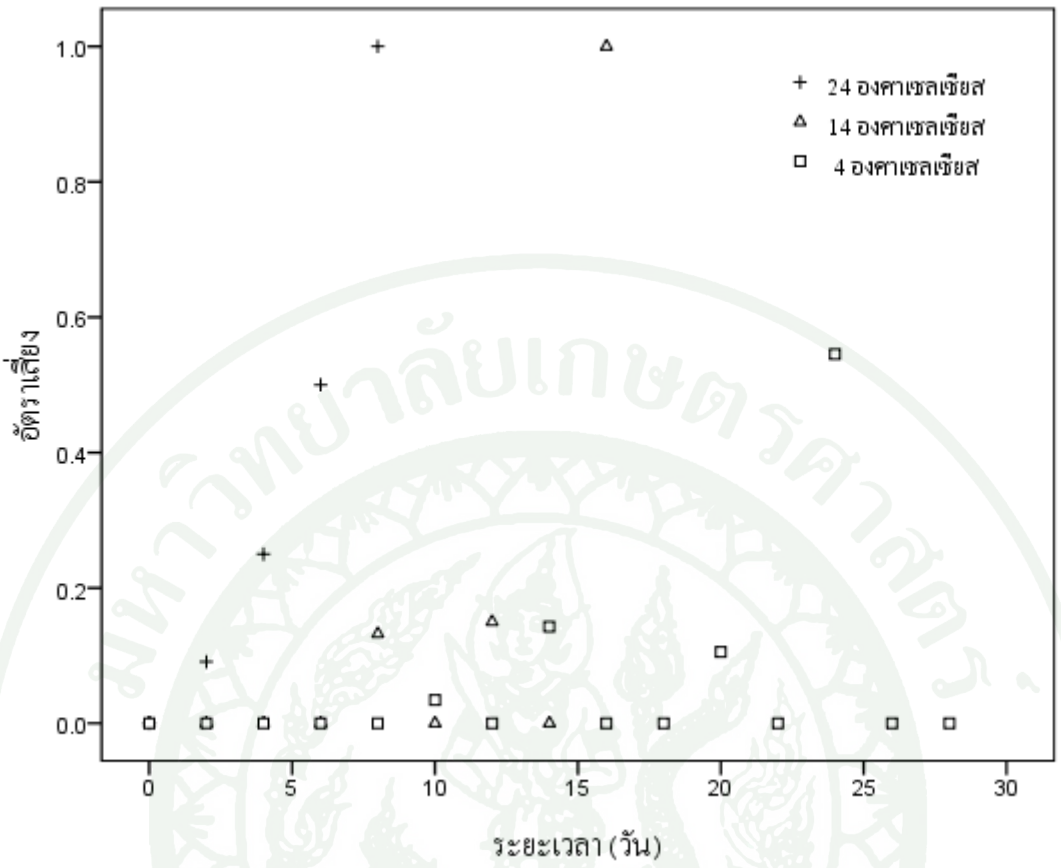
ภาพที่ 27 อัตราเสี่ยงสะสมของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รมสาร 1-MCP เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 องศาเซลเซียส ด้วยวิธีวิเคราะห์ตารางชีพ (Life Table)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 28 ความน่าจะเป็นในการยอมรับสะสมของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 องศาเซลเซียส ด้วยวิธีวิเคราะห์ตารางชีพ (Life Table)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 29 อัตราเสี่ยงสะสมของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 องศาเซลเซียส ด้วยวิธีวิเคราะห์ตารางชีพ (Life Table)

2.3.2 การวิเคราะห์การรอดชีพด้วยวิธี Kaplan-Meier

จากการวิเคราะห์การรอดชีพด้วยวิธี Kaplan-Meier พบว่า ผู้ทดสอบเริ่มปฏิเสธทุเรียนตัดแต่งที่รมสาร 1-MCP ที่เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 25) เมื่อเก็บรักษานาน 15 วัน ทำให้ความน่าจะเป็นในการยอมรับสะสมลดลง เท่ากับ 0.93 และลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้น ความน่าจะเป็นในการยอมรับสะสมลดลงต่ำกว่าครึ่งหนึ่ง (ความน่าจะเป็นเท่ากับ 0.5) เมื่อเก็บรักษานาน 30 วัน โดยมีค่าเท่ากับ 0.20 และมีค่าเฉลี่ยของระยะเวลาในการยอมรับเท่ากับ 26 วัน ส่วนทุเรียนตัดแต่งที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP ที่เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 26) เมื่อเก็บรักษานาน 10 วัน ทำให้ความน่าจะเป็นในการยอมรับสะสมลดลงเท่ากับ 0.93 ในวันที่ 25 ความน่าจะเป็นในการยอมรับสะสมลดลงต่ำกว่าครึ่งหนึ่ง (ความน่าจะเป็นเท่ากับ 0.5) โดยมีค่าเท่ากับ 0.17 และมีค่าเฉลี่ยของระยะเวลาในการยอมรับเท่ากับ 22 วัน ทุเรียนตัด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แต่งที่รมด้วยสาร 1-MCP มีค่าเฉลี่ยของระยะเวลาในการยอมรับที่นานกว่าทุเรียนตัดแต่งที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP

ตารางที่ 25 ความน่าจะเป็นในการยอมรับทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รมสาร 1-MCP เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ด้วยวิธีวิเคราะห์ Kaplan-Meier

ระยะเวลาที่เกิดเหตุการณ์ (วัน)	ความน่าจะเป็นในการยอมรับสะสม	ความน่าจะเป็นในการปฏิเสธสะสม	จำนวนผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนที่ปฏิเสธสะสม (คน)	จำนวนผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนที่คงเหลือ (คน)
15	0.93	0.07	2	28
20	0.80	0.20	6	24
25	0.53	0.47	14	16
30	0.20	0.80	24	6

หมายเหตุ ความน่าจะเป็นของการเกิดเหตุการณ์จากผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 เหตุการณ์ โดยมีผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนคงเหลือ 6 คน คิดเป็นร้อยละ 20 และมีจำนวนเหตุการณ์ในการปฏิเสธรวม 24 เหตุการณ์ ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนให้การยอมรับต่ำกว่าร้อยละ 50 ที่เวลา 30 วัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 26 ความน่าจะเป็นในการยอมรับทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ด้วยวิธีวิเคราะห์ Kaplan-Meier

ระยะเวลาที่เกิดเหตุการณ์ (วัน)	ความน่าจะเป็นในการยอมรับสะสม	ความน่าจะเป็นในการปฏิเสธสะสม	จำนวนผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนที่ปฏิเสธสะสม (คน)	จำนวนผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนที่คงเหลือ (คน)
10	0.93	0.07	2	28
15	0.70	0.30	9	21
20	0.57	0.43	13	17
25	0.17	0.83	25	5
30	0.00	1.00	30	0

หมายเหตุ ความน่าจะเป็นของการเกิดเหตุการณ์จากผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 เหตุการณ์ โดยมีผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนคงเหลือ 0 คน คิดเป็นร้อยละ 0 และมีจำนวนเหตุการณ์ในการปฏิเสธรวม 30 เหตุการณ์ ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนให้การยอมรับต่ำกว่าร้อยละ 50 ที่เวลา 25 วัน ตามลำดับ

จากการวิเคราะห์การรอดชีพด้วยวิธี Kaplan-Meier ในทุเรียนตัดแต่งที่รมสาร 1-MCP ที่เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 14 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 27) พบว่า เมื่อเก็บรักษานาน 8 วัน ทำให้ความน่าจะเป็นในการยอมรับสะสมลดลง เท่ากับ 0.93 และลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อเก็บรักษานานขึ้น ความน่าจะเป็นในการยอมรับสะสมลดลงต่ำกว่าครึ่งหนึ่ง (ความน่าจะเป็นเท่ากับ 0.5) เมื่อเก็บรักษานาน 20 วัน โดยมีค่าเท่ากับ 0.07 และมีค่าเฉลี่ยของระยะเวลาในการยอมรับเท่ากับ 17 วัน ส่วนในทุเรียนตัดแต่งที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP ที่เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 14 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 28) เมื่อเก็บรักษานาน 8 วัน ทำให้ความน่าจะเป็นในการยอมรับลดลง เท่ากับ 0.77 โดยในวันที่ 16 ความน่าจะเป็นในการยอมรับสะสมลดลงต่ำกว่าครึ่งหนึ่ง (ความน่าจะเป็นเท่ากับ 0.5) โดยมีค่าเท่ากับ 0.00 และมีค่าเฉลี่ยของระยะเวลาในการยอมรับเท่ากับ 13 วัน ทุเรียนตัดแต่งที่รมด้วยสาร 1-MCP มีค่าเฉลี่ยของระยะเวลาในการยอมรับที่นานกว่าทุเรียนตัดแต่งที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 27 ความน่าจะเป็นในการยอมรับทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รมสาร 1-MCP เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 14 องศาเซลเซียส ด้วยวิธีวิเคราะห์ Kaplan-Meier

ระยะเวลาที่เกิดเหตุการณ์ (วัน)	ความน่าจะเป็นในการยอมรับสะสม	ความน่าจะเป็นในการปฏิเสธสะสม	จำนวนผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนที่ปฏิเสธสะสม (คน)	จำนวนผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนที่คงเหลือ (คน)
8	0.93	0.07	2	28
12	0.90	0.10	3	27
16	0.53	0.47	14	16
20	0.07	0.93	28	2

หมายเหตุ ความน่าจะเป็นของการเกิดเหตุการณ์จากผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 เหตุการณ์ โดยมีผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนคงเหลือ 2 คน คิดเป็นร้อยละ 6.67 และมีจำนวนเหตุการณ์ในการปฏิเสธรวม 28 เหตุการณ์ ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนให้การยอมรับต่ำกว่าร้อยละ 50 ที่เวลา 20 วัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 28 ความน่าจะเป็นในการยอมรับทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 14 องศาเซลเซียส ด้วยวิธีวิเคราะห์ Kaplan-Meier

ระยะเวลาที่เกิดเหตุการณ์ (วัน)	ความน่าจะเป็นในการยอมรับสะสม	ความน่าจะเป็นในการปฏิเสธสะสม	จำนวนผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนที่ปฏิเสธสะสม (คน)	จำนวนผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนที่คงเหลือ (คน)
8	0.77	0.23	7	23
12	0.57	0.43	13	17
16	0.00	1.00	30	0

หมายเหตุ ความน่าจะเป็นของการเกิดเหตุการณ์จากผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 เหตุการณ์ โดยมีผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนคงเหลือ 0 คน
คิดเป็นร้อยละ 0 และมีจำนวนเหตุการณ์ในการปฏิเสธรวม 30 เหตุการณ์
ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนให้การยอมรับต่ำกว่าร้อยละ 50 ที่เวลา 16 วัน

ในส่วนของทุเรียนตัดแต่งที่รมสาร 1-MCP ที่เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 29) พบว่า เมื่อเก็บรักษานาน 4 วัน ทำให้ความน่าจะเป็นในการยอมรับสะสมลดลง เท่ากับ 0.93 และลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อเก็บรักษานานขึ้น ความน่าจะเป็นในการยอมรับสะสมลดลงต่ำกว่าครึ่งหนึ่ง (ความน่าจะเป็นเท่ากับ 0.5) เมื่อเก็บรักษานาน 8 วัน โดยมีค่าเท่ากับ 0.43 และมีค่าเฉลี่ยของระยะเวลาในการยอมรับเท่ากับ 8 วัน ส่วนในทุเรียนตัดแต่งที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP ที่เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 30) เมื่อเก็บรักษานาน 2 วัน ทำให้ความน่าจะเป็นในการยอมรับลดลง เท่ากับ 0.97 โดยในวันที่ 8 ความน่าจะเป็นในการยอมรับสะสมลดลงต่ำกว่าครึ่งหนึ่ง (ความน่าจะเป็นเท่ากับ 0.5) โดยมีค่าเท่ากับ 0.30 และมีค่าเฉลี่ยของระยะเวลาในการยอมรับเท่ากับ 5 วัน ทุเรียนตัดแต่งที่รมด้วยสาร 1-MCP เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส มีค่าเฉลี่ยของระยะเวลาในการยอมรับที่นานกว่าทุเรียนตัดแต่งที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP เช่นเดียวกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 14 องศาเซลเซียส

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 29 ความน่าจะเป็นในการยอมรับทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รมสาร 1-MCP เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส ด้วยวิธีวิเคราะห์ Kaplan-Meier

ระยะเวลาที่เกิดเหตุการณ์ (วัน)	ความน่าจะเป็นในการยอมรับสะสม	ความน่าจะเป็นในการปฏิเสธสะสม	จำนวนผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนที่ปฏิเสธสะสม (คน)	จำนวนผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนที่คงเหลือ (คน)
4	0.93	0.07	2	28
6	0.80	0.20	6	24
8	0.43	0.57	17	13
10	0.00	1.00	30	0

หมายเหตุ ความน่าจะเป็นของการเกิดเหตุการณ์จากผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 เหตุการณ์ โดยมีผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนคงเหลือ 0 คน
คิดเป็นร้อยละ 0 และมีจำนวนเหตุการณ์ในการปฏิเสธรวม 30 เหตุการณ์
ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนให้การยอมรับต่ำกว่าร้อยละ 50 ที่เวลา 8 วัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 30 ความน่าจะเป็นในการยอมรับทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส ด้วยวิธีวิเคราะห์ Kaplan-Meier

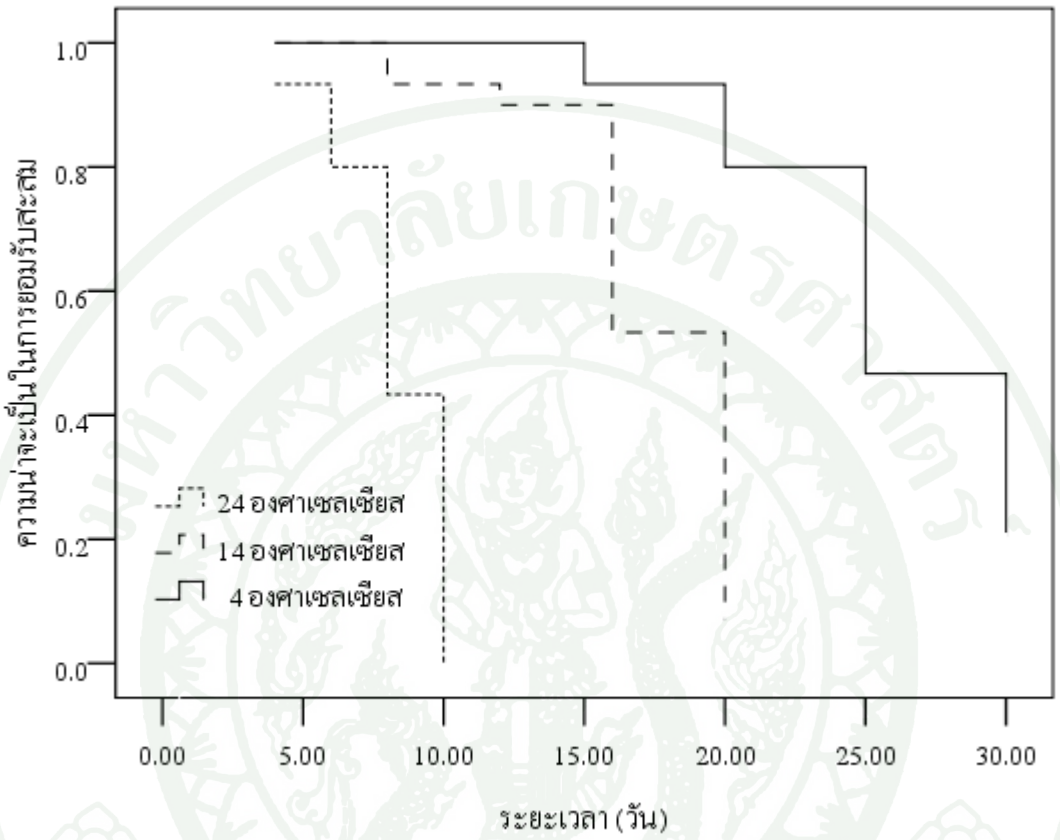
ระยะเวลาที่เกิดเหตุการณ์ (วัน)	ความน่าจะเป็นในการยอมรับสะสม	ความน่าจะเป็นในการปฏิเสธสะสม	จำนวนผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนที่ปฏิเสธสะสม (คน)	จำนวนผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนที่คงเหลือ (คน)
2	0.97	0.03	5	25
4	0.85	0.15	15	15
6	0.61	0.39	25	5
8	0.30	0.70	30	0
10	0.00	1.00	30	0

หมายเหตุ ความน่าจะเป็นของการเกิดเหตุการณ์จากผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 เหตุการณ์ โดยมีผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนคงเหลือ 0 คน คิดเป็นร้อยละ 0 และมีจำนวนเหตุการณ์ในการปฏิเสธรวม 30 เหตุการณ์ ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนให้การยอมรับต่ำกว่าร้อยละ 50 ที่เวลา 8 วัน

เมื่อพิจารณาทุเรียนตัดแต่งที่รมสาร 1-MCP ที่เก็บรักษาในทุกอุณหภูมิ (ภาพที่ 30) พบว่า ความน่าจะเป็นในการยอมรับทุเรียนตัดแต่งมีค่าลดลงเมื่อเก็บอายุการเก็บรักษานานขึ้นในทุกอุณหภูมิการเก็บรักษา โดยทุเรียนตัดแต่งที่เก็บรักษา ณ อุณหภูมิสูงมีความน่าจะเป็นในการยอมรับสะสมลดลงเร็วกว่าทุเรียนตัดแต่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ ความน่าจะเป็นในการยอมรับจะลดลงต่ำกว่าครึ่งหนึ่ง (ความน่าจะเป็นเท่ากับ 0.5) เมื่อเก็บรักษานาน 25, 20 และ 8 วัน ณ อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ขณะที่อัตราเสี่ยงสะสมของทุเรียนตัดแต่งพร้อมบริโภค (ภาพที่ 31) มีอัตราเพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาในการเก็บรักษา โดยในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ทุเรียนตัดแต่งพร้อมบริโภคมีอัตราเสี่ยงโดยประมาณ เท่ากับ 1.6, 2.7 และ 0.8 ณ อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 องศาเซลเซียส ตามลำดับเช่นเดียวกับทุเรียนตัดแต่งที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP (ภาพที่ 32) พบว่าความน่าจะเป็นในการยอมรับลดลงเมื่ออายุการเก็บนานขึ้นในทุกอุณหภูมิ การเก็บรักษา ณ อุณหภูมิสูงมีความน่าจะเป็นในการยอมรับลดลงรวดเร็วกว่าที่อุณหภูมิต่ำ ความน่าจะเป็นในการยอมรับจะลดลงต่ำกว่าครึ่งหนึ่ง (ความน่าจะเป็นเท่ากับ 0.5) เมื่อเก็บรักษานาน 25, 16 และ 6 วัน ณ อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 องศาเซลเซียส ตามลำดับ อัตราเสี่ยงสะสมของทุเรียนตัดแต่งที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP (ภาพที่ 33) มีอัตราเพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาในการเก็บรักษา โดยในวันสุดท้ายของการเก็บ

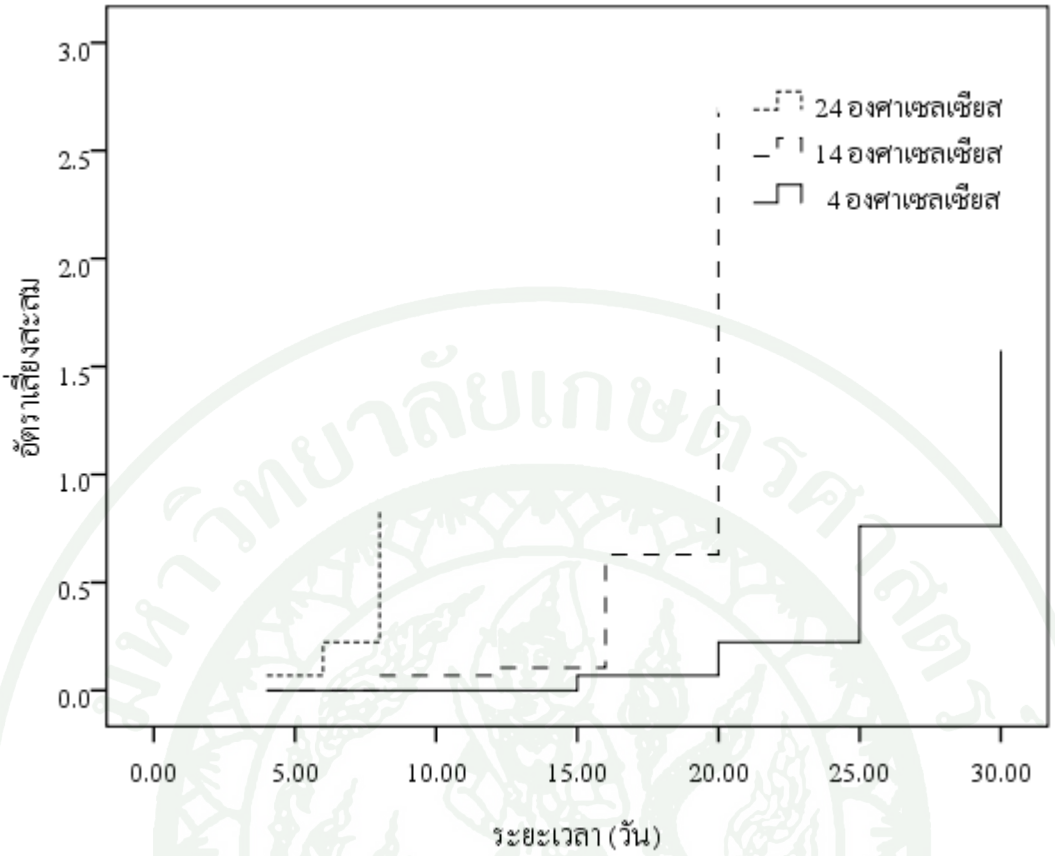
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ทุเรียนตัดแต่งที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP มีอัตราเสี่ยงโดยประมาณเท่ากับ 1.8, 0.6 และ 1.8 ณ อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 องศาเซลเซียส ตามลำดับ



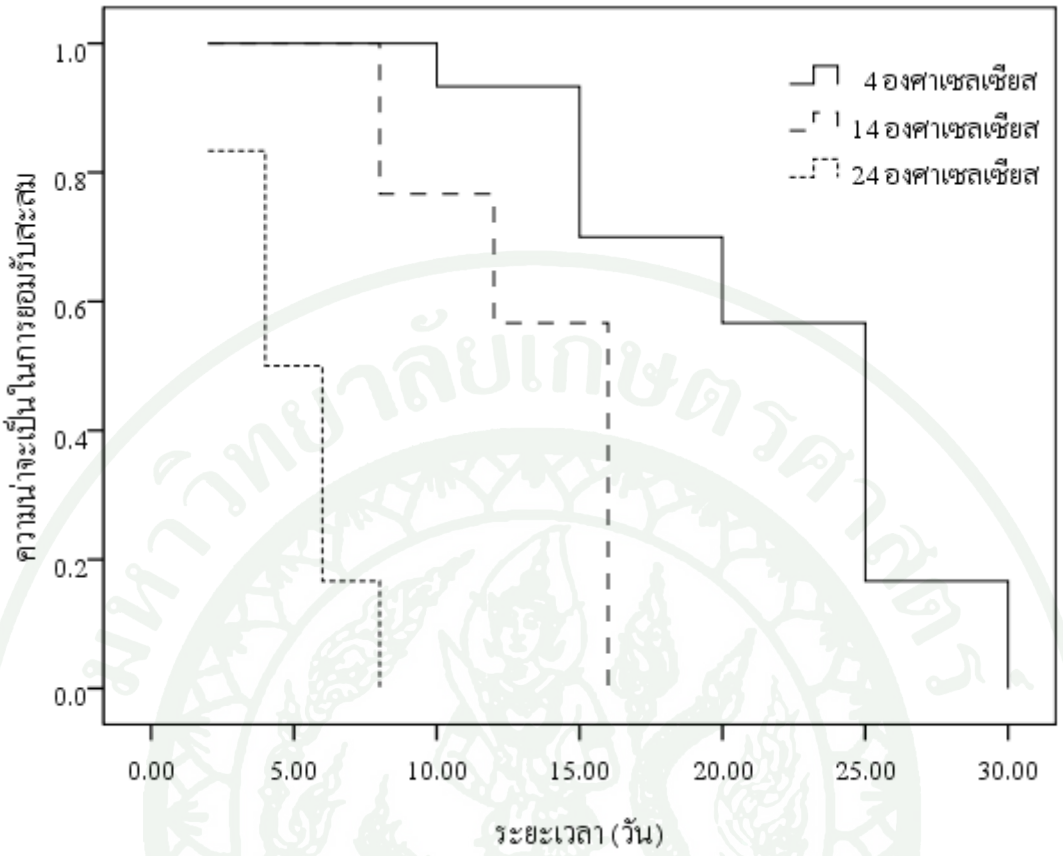
ภาพที่ 30 ความน่าจะเป็นในการยอมรับสะสมของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รมสาร 1-MCP เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 องศาเซลเซียส ด้วยวิธีวิเคราะห์ Kaplan-Meier

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



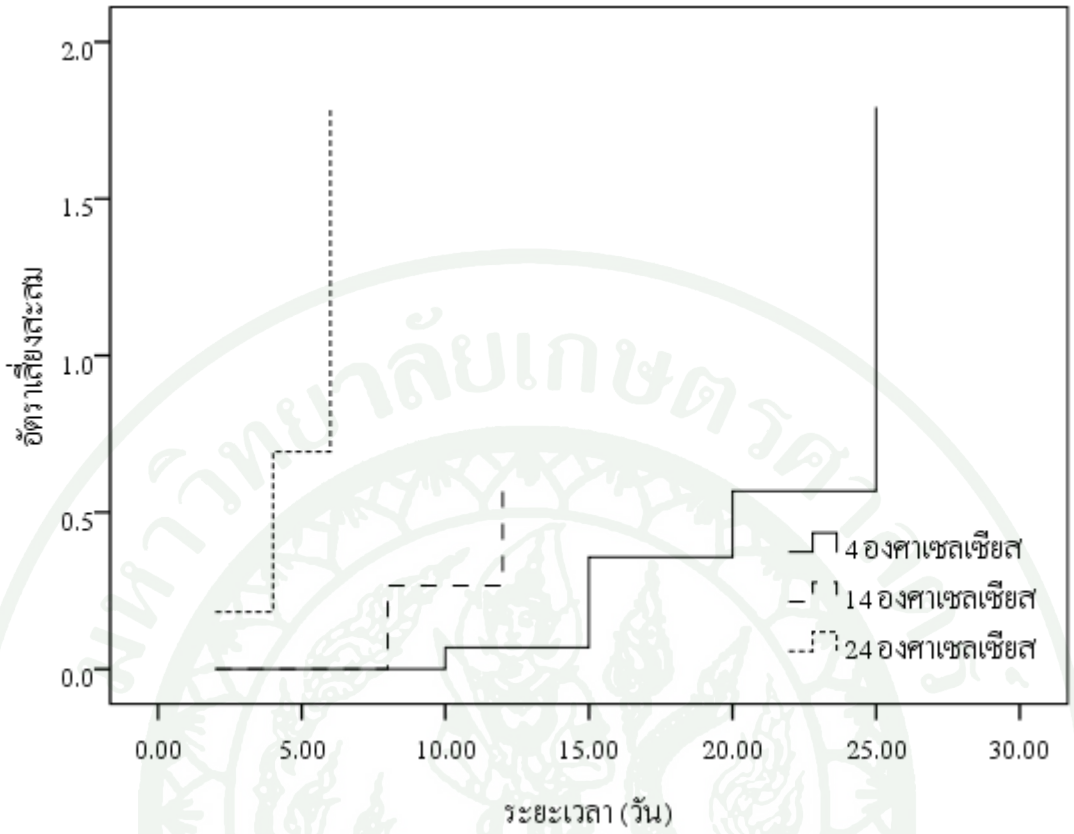
ภาพที่ 31 อัตราเสี่ยงสะสมของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รมสาร 1-MCP เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 องศาเซลเซียส ด้วยวิธีวิเคราะห์ Kaplan-Meier

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 32 ความน่าจะเป็นในการยอมรับสะสมของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 องศาเซลเซียส ด้วยวิธีวิเคราะห์ Kaplan-Meier

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 33 อัตราเสี่ยงสะสมของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 องศาเซลเซียส ด้วยวิธีวิเคราะห์ Kaplan-Meier

2.3.3 การวิเคราะห์การรอดชีพด้วยวิธีวิเคราะห์สมการถดถอยแบบ Cox หลายตัวแปร

จากการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นในการยอมรับของทุเรียนตัดแต่งที่รมสาร 1-MCP ด้วยวิธีการวิเคราะห์สมการถดถอยแบบ Cox หลายตัวแปร โดยมีเหตุการณ์ที่สนใจในสิ่งทดลองทั้งหมดมี 570 เหตุการณ์ แบ่งเป็นทุเรียนตัดแต่งที่รมสาร 1-MCP เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จำนวน 210 เหตุการณ์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 14 องศาเซลเซียส จำนวน 180 เหตุการณ์ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส จำนวน 180 เหตุการณ์ พบว่า ผู้ทดสอบปฏิเสธทุเรียนตัดแต่งที่รมสาร 1-MCP ทั้งหมด รวม 148 เหตุการณ์ คิดเป็นร้อยละ 26.0 และมีผู้ทดสอบยอมรับทุเรียนตัดแต่งที่รมสาร 1-MCP รวม 422 เหตุการณ์ คิดเป็นร้อยละ 74.0 จากผลการวิเคราะห์ พบว่า อุณหภูมิในการเก็บรักษาทุเรียนตัดแต่งที่รมสาร 1-MCP มีความสัมพันธ์กับความน่าจะเป็นในการยอมรับของผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยสมการที่ได้จากการวิเคราะห์มีความเหมาะสม (Goodness of fit) ซึ่งสามารถพิจารณาได้จากค่า -2Log Likelihood ที่มีค่า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1185.477 ซึ่งน้อยกว่าค่า -2Log Likelihood จากสมการคงที่ (1447.942) (ตารางที่ 31) โดยแสดงความสัมพันธ์ในรูปสมการอัตราเสี่ยงในการเกิดเหตุการณ์ ดังนี้

$$\text{Hazards ratio} = e^{0.325*\text{temp}} \quad (17)$$

จากสมการที่ 17 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ของอุณหภูมิในการเก็บรักษา เท่ากับ 0.325 ซึ่งบ่งบอกถึงอุณหภูมิในการเก็บทุเรียนตัดแต่งที่รมสาร 1-MCP ที่เพิ่มขึ้น 1 หน่วย หรือ 10 องศาเซลเซียส ส่งผลต่ออัตราเสี่ยงในการปฏิเสธทุเรียนตัดแต่งที่รมสาร 1-MCP ของผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนเพิ่มขึ้น 1.38 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราเสี่ยงพื้นฐานในการยอมรับทุเรียนตัดแต่งที่รมสาร 1-MCP กล่าวคือ อุณหภูมิในการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น 10 องศาเซลเซียสส่งผลต่อความน่าจะเป็นในการปฏิเสธของผู้ทดสอบเพิ่มขึ้นประมาณ 1.38 เท่า

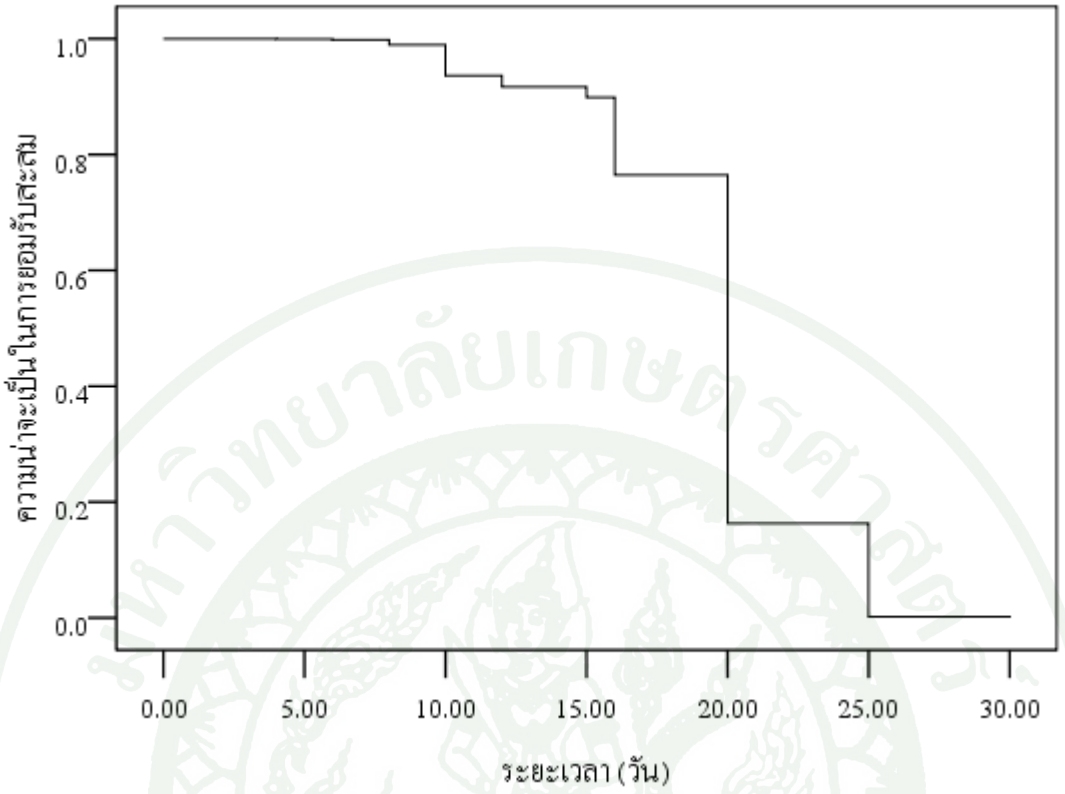
ตารางที่ 31 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) จากการวิเคราะห์สมการถดถอยแบบ Cox หลายตัวแปรของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รมสาร 1-MCP เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 องศาเซลเซียส

ตัวแปรต้น	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R)	-2Loglikelihood ของสมการ	-2Loglikelihood ของสมการคงที่	*P*-value (α=0.05)
อุณหภูมิ	0.325	1185.477	1447.942	0.000*

หมายเหตุ * หมายถึง ปัจจัยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

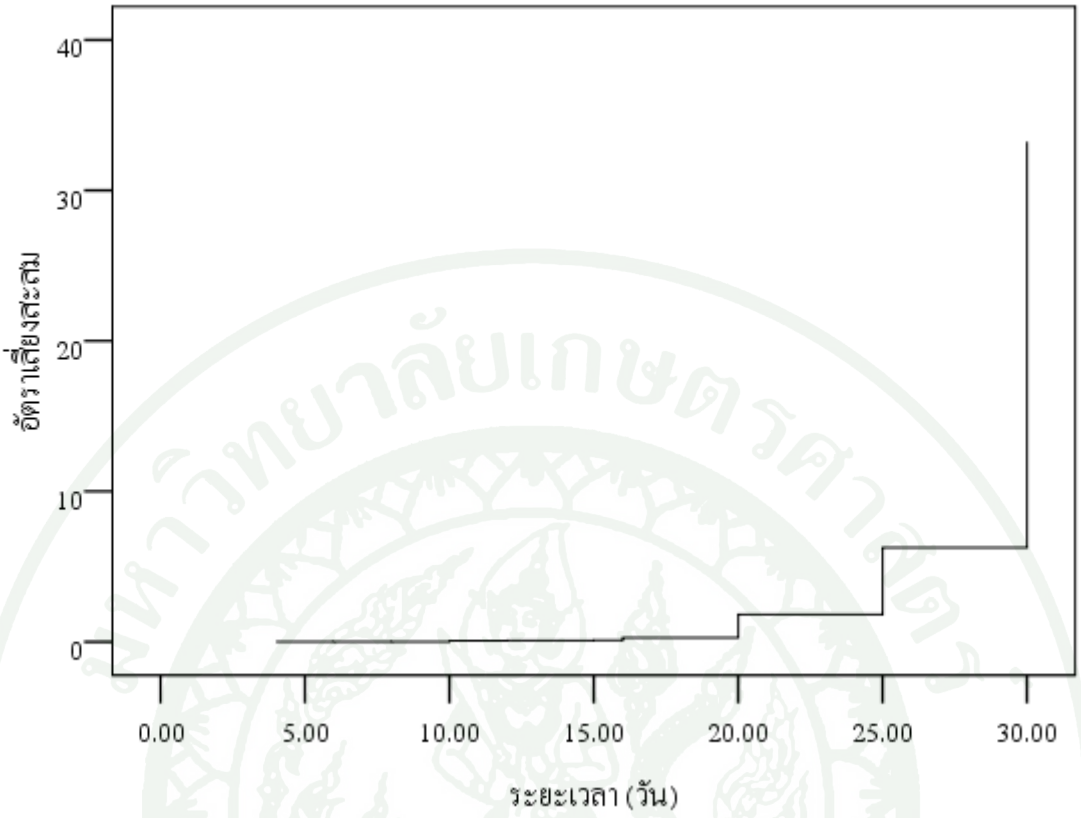
จากภาพที่ 34 แสดงความน่าจะเป็นในการยอมรับสะสมของทุเรียนตัดแต่งที่รมสาร 1-MCPโดยรวม พบว่าความน่าจะเป็นในการยอมรับลดลงเมื่อเก็บรักษานานขึ้น โดยทุเรียนตัดแต่งมีความน่าจะเป็นในการยอมรับสะสมลดลงครึ่งหนึ่ง (ความน่าจะเป็นเท่ากับ 0.5) เมื่อเก็บรักษานาน 20 วัน ขณะที่อัตราเสี่ยงสะสมของทุเรียนตัดแต่งที่รมสาร 1-MCP โดยรวม (ภาพที่ 35) มีการเปลี่ยนแปลงโดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา อัตราเสี่ยงเริ่มสูงขึ้นในวันที่ 10 และเพิ่มสูงสุดจาก 7 ในวันที่ 25 เป็นประมาณ 33 ในวันที่ 30 ของการเก็บรักษา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 34 ความน่าจะเป็นในการยอมรับสะสมโดยรวมของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รมสาร 1-MCP เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 องศาเซลเซียส จากวิธีวิเคราะห์สมการถดถอยแบบ Cox หลายตัวแปร (Multivariate analysis by Cox regression)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 35 อัตราเสี่ยงสะสมโดยรวมของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รมสาร 1-MCP เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 องศาเซลเซียส จากวิธีวิเคราะห์สมการถดถอยแบบ Cox หลายตัวแปร (Multivariate analysis by Cox regression)

เมื่อวิเคราะห์ความน่าจะเป็นในการยอมรับของทุเรียนตัดแต่งที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP ด้วยวิธีการวิเคราะห์สมการถดถอยแบบ Cox หลายตัวแปร (Multivariate analysis by Cox regression) โดยมีเหตุการณ์ที่สนใจในสิ่งทดลองทั้งหมดมี 570 เหตุการณ์ แบ่งเป็นทุเรียนตัดแต่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จำนวน 210 เหตุการณ์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 14 องศาเซลเซียส จำนวน 180 เหตุการณ์ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส จำนวน 180 เหตุการณ์ ซึ่งผู้ทดสอบปฏิเสธทุเรียนตัดแต่งที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP ทั้งหมด รวม 264 เหตุการณ์ คิดเป็นร้อยละ 46.3 และมีผู้ทดสอบที่ยอมรับทุเรียนตัดแต่งที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP รวม 306 เหตุการณ์ คิดเป็นร้อยละ 53.7 จากผลการวิเคราะห์พบว่า อุณหภูมิในการเก็บรักษาทุเรียนตัดแต่งที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP มีผลต่อต่อความน่าจะเป็นในการยอมรับของผู้ทดสอบอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยสมการที่ได้จากการวิเคราะห์มีความเหมาะสม (Goodness of fit) ซึ่งสามารถพิจารณาได้จากค่า -2Log Likelihood ที่มีค่า 2311.228 ซึ่งน้อยกว่าค่า -2Log Likelihood จากสมการคงที่ (2680.402) (ตารางที่ 32) โดย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แสดงความสัมพันธ์ในรูปสมการอัตราเสี่ยงในการเกิดเหตุการณ์ ดังนี้

$$\text{Hazards ratio} = e^{0.251*temp} \quad (18)$$

จากสมการที่ 18 อัตราเสี่ยงแสดงค่าสัมประสิทธิ์ของอุณหภูมิในการเก็บรักษาเท่ากับ 0.251 ซึ่งบ่งบอกถึงอุณหภูมิในการเก็บรักษาทุเรียนตัดแต่งที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP ที่เพิ่มขึ้น 1 หน่วย หรือ 10 องศาเซลเซียส ส่งผลต่ออัตราเสี่ยงในการปฏิเสธทุเรียนตัดแต่งที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP ของผู้ทดสอบเพิ่มขึ้น 1.29 เท่า เมื่อเทียบกับอัตราเสี่ยงพื้นฐานในการยอมรับทุเรียนตัดแต่งที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP กล่าวคือ อุณหภูมิในการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นส่งผลต่อความน่าจะเป็นในการปฏิเสธของผู้ทดสอบเพิ่มขึ้นประมาณ 1.29 เท่า

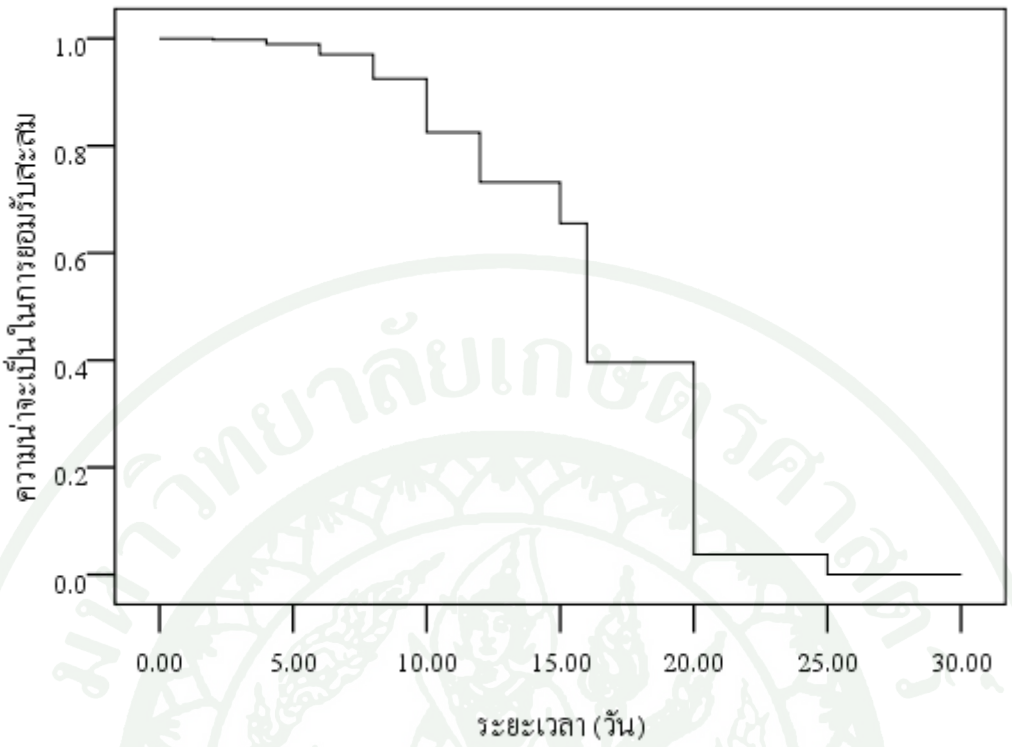
ตารางที่ 32 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) จากการวิเคราะห์สมการถดถอยแบบ Cox หลายตัวแปรของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 องศาเซลเซียส

ตัวแปรต้น	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R)	-2Loglikelihood ของสมการ	-2Loglikelihood ของสมการคงที่	*P*-value (α=0.05)
อุณหภูมิ	0.251	2311.228	2680.402	0.000*

หมายเหตุ * หมายถึง ปัจจัยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

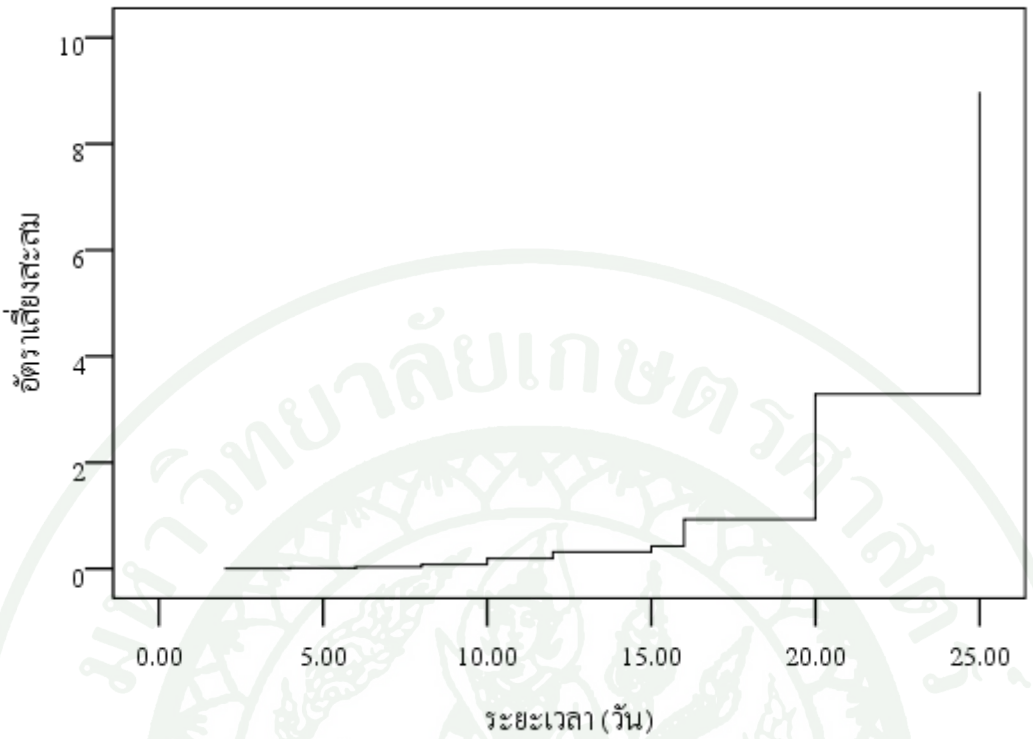
จากภาพที่ 36 แสดงความน่าจะเป็นสะสมในการยอมรับทุเรียนตัดแต่งที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP โดยรวม พบว่าความน่าจะเป็นในการยอมรับมีแนวโน้มลดลงเมื่ออายุเก็บรักษานานขึ้น โดยทุเรียนตัดแต่งที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP มีความน่าจะเป็นในการยอมรับลดลงครึ่งหนึ่ง (0.5) เมื่อเก็บรักษานาน 16 วัน ขณะที่อัตราเสี่ยงสะสมของทุเรียนตัดแต่งที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP โดยรวม (ภาพที่ 37) มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการเก็บรักษา ซึ่งอัตราเสี่ยงเริ่มเพิ่มสูงขึ้นตั้งแต่วันที่ 10 โดยเพิ่มสูงขึ้นเท่ากับ 3.5 ในวันที่ 20 ของการเก็บรักษา และมีค่าสูงสุดประมาณ 9 ในวันที่ 25 ของการเก็บรักษา โดยอัตราเสี่ยงที่เพิ่มสูงขึ้นนั้นบ่งบอกถึง โอกาสที่ผู้บริโภคจะปฏิเสธหรือไม่ยอมรับทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภค

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 36 ความน่าจะเป็นในการยอมรับสะสมโดยรวมของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4 14 และ 24 องศาเซลเซียส จากวิธีวิเคราะห์สมการถดถอยแบบ Cox หลายตัวแปร (Multivariate analysis by Cox regression)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 37 อัตราเสี่ยงสะสมโดยรวมของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 องศาเซลเซียส จากวิธีวิเคราะห์สมการถดถอยแบบ Cox หลายตัวแปร (Multivariate analysis by Cox regression)

เมื่อเปรียบเทียบวิธีการวิเคราะห์การรอดชีพหรือการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นในการยอมรับของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่เก็บรักษา ณ อุณหภูมิต่างๆ ด้วยวิธีการวิเคราะห์ตารางชีพ (Life Table), วิธีของ Kaplan-Meier (KM) และการวิเคราะห์สมการถดถอยแบบ Cox หลายตัวแปร (Multivariate analysis by Cox regression) พบว่า วิธีวิเคราะห์ทั้งสามวิธีให้ผลการวิเคราะห์สอดคล้องไปในทิศทางเดียวกัน โดยเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นความน่าจะเป็นในการยอมรับทุเรียนตัดแต่งมีค่าลดลงในทุกอุณหภูมิการเก็บรักษา โดยทุเรียนตัดแต่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำจะมีความน่าจะเป็นในการยอมรับมากกว่าทุเรียนตัดแต่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิสูง ณ ระยะเวลาการเก็บรักษาที่เท่ากัน และพบว่าทุเรียนตัดแต่งที่รมด้วยสาร 1-MCP มีอายุการเก็บที่นานกว่าทุเรียนตัดแต่งที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP แต่เนื่องจากในการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นในการยอมรับและอัตราเสี่ยงมีการใช้วิธีการวิเคราะห์ที่แตกต่างจึงส่งผลให้ผลการวิเคราะห์ที่ได้แตกต่างกัน โดยพบว่า การวิเคราะห์โดยใช้ตารางชีพ (Life Table) เป็นการคำนวณจากข้อมูลจริงที่มีการจัดเรียงเวลาที่สนใจศึกษาเป็นอันตรภาคชั้นแสดงในรูปของตาราง ในแต่ละอันตรภาคชั้นจะคำนวณการยอมรับและการสูญหายของข้อมูลแล้วจึงนำไปปรับค่าคำนวณเป็นโอกาสในการยอมรับสะสม ทำให้ผล

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การวิเคราะห์ที่ได้ค่อนข้างละเอียดและครบถ้วน แต่หากมีข้อมูลสูญหายในระหว่างการทดลอง การคำนวณความน่าจะเป็นในการยอมรับสะสมจะปรับเวลาของคนที่สูญหาย ณ เวลาเพียงครึ่งหนึ่งเท่านั้น จึงทำให้การคำนวณค่อนข้างยุ่งยาก วิธีตารางชีพจึงเหมาะสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลที่ไม่มีการสูญหาย และข้อมูลที่มีการเกิดเหตุการณ์ในระยะเวลาแตกต่างกันเพราะในการนำเสนอมีการจัดช่วงเวลาที่ศึกษาเป็นอันตรภาคชั้น

การวิเคราะห์ความน่าจะเป็นในการยอมรับด้วยวิธี Kaplan-Meier แม้จะเป็นการคำนวณจากข้อมูลจริงและมีการนำเสนอในรูปแบบของตารางเช่นเดียวกับวิธีตารางชีพ แต่จะไม่มีการจัดช่วงเวลาเป็นอันตรภาคชั้น และนำเสนอเฉพาะระยะเวลาที่เกิดเหตุการณ์ที่สนใจ ซึ่งในที่นี้คือ การปฏิเสธทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคของผู้ทดสอบ ในกรณีที่มีข้อมูลสูญหายระหว่างการทดลอง การคำนวณความน่าจะเป็นในการยอมรับสะสมจะคิดเต็มเวลาเหมือนข้อมูลอื่นๆ ดังนั้น การคำนวณด้วยวิธี Kaplan-Meier จึงมีความสะดวกและง่ายกว่า แต่วิธีนี้อาจจะไม่เหมาะสมในกรณีที่มีข้อมูลจำนวนมากที่เกิดเหตุการณ์ (ปฏิเสธ) ในเวลาไม่ตรงกัน เพราะจะทำให้ตารางในการนำเสนอมีจำนวนแถวมาก การนำเสนอในรูปแบบกราฟจึงมีความเหมาะสมมากกว่า ในขณะที่ในการวิเคราะห์สมการถดถอยแบบ Cox หลายตัวแปร (Multivariate analysis by Cox regression) จะมีวิธีวิเคราะห์ที่แตกต่างจากสองวิธีแรก โดยวิธีนี้เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลในรูปแบบค่าเฉลี่ยเช่นเดียวกับการวิเคราะห์หลายตัวแปรทั่วไป ซึ่งสามารถเพิ่มตัวแปรอื่นๆ ที่คาดว่าจะมีผลต่อความน่าจะเป็นในการเกิดเหตุการณ์ได้ โดยการวิเคราะห์หลายตัวแปรจะให้ผลการวิเคราะห์ในรูปสมการอัตราเสี่ยง (hazard ratio) หรือ e^{bi} ของตัวแปรแต่ละตัว ซึ่งแสดงถึงตัวแปรนั้นๆ ส่งผลต่ออัตราเสี่ยงเป็นกี่เท่าของอัตราเสี่ยงพื้นฐานเช่นเดียวกับ odds ratio ในการวิเคราะห์สมการถดถอยโลจิสติก (Logistic regression) โดยทั้งสองวิธีนี้จะให้ผลการวิเคราะห์เช่นเดียวกัน ต่างกันในส่วนของค่าคงที่ (constant term) ที่ไม่มีอยู่ในการวิเคราะห์สมการถดถอยแบบ Cox หลายตัวแปร (Multivariate analysis by Cox regression) ดังนั้น วิธีการวิเคราะห์หลายตัวแปรจึงมีความเหมาะสมกับงานวิจัยที่สนใจอิทธิพลของตัวแปรที่มี อาจส่งผลต่อความน่าจะเป็นในการยอมรับและอัตราเสี่ยง ซึ่งแตกต่างจากวิธีการวิเคราะห์ตารางชีพ (Life Table) และวิธีของ Kaplan-Meier (KM) ที่ใช้ข้อมูลจริงมาวิเคราะห์

จากวัตถุประสงค์ของงานวิจัยที่ต้องการทราบความน่าจะเป็นในการยอมรับ/ปฏิเสธและอัตราเสี่ยงที่เกิดขึ้นในระหว่างการทดลองของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่เก็บรักษา ณ อุณหภูมิต่างๆ เพื่อใช้ประกอบการประเมินอายุการเก็บรักษา ด้วยวิธีวิเคราะห์และผลการวิเคราะห์ที่แตกต่างกันทำให้ต้องคัดเลือกวิธีการที่มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ของงานวิจัยเป็นสำคัญ เนื่องจากการวิเคราะห์มีตัวแปรที่สนใจเพียงตัวแปรเดียว คือ อุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษา การวิเคราะห์สมการถดถอยแบบ Cox หลายตัวแปร (Multivariate analysis by Cox regression)จึงอาจไม่เหมาะสม และเมื่อเปรียบเทียบการวิเคราะห์ตารางชีพและวิธี Kaplan Meier พบว่า ผลการทำนายอายุการเก็บรักษาจากการวิเคราะห์ตารางชีพและวิธี Kaplan Meier มีค่าใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตาม การทำนายอายุการเก็บรักษาโดยวิธี Kaplan Meier มีค่าที่ใกล้เคียงกับค่าจริงมากกว่าการวิเคราะห์ตารางชีพ โดยที่ระดับการยอมรับร้อยละ 50 (ความน่าจะเป็นเท่ากับ 0.5) ทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งที่รมสาร 1-MCP ทำนายอายุการเก็บรักษาได้นาน 25, 20 และ 8 วัน ณ อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 1.000 (ตารางที่ 33) ส่วนทุเรียนทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งที่ไม่รมสาร 1-MCP ทำนายอายุการเก็บรักษาได้นาน 22, 13 และ 5 วัน ณ อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 1.00 (ตารางที่ 34) ดังนั้น ในการทดลองนี้จึงเลือกใช้การทำนายอายุการเก็บรักษาโดยวิธี Kaplan-Meier ในการพิจารณาความน่าจะเป็นในการยอมรับ/ปฏิเสธ และอัตราเสี่ยงของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภค ที่เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 33 การทำนายอายุการเก็บรักษาของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งที่รมสาร 1-MCP จากการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นในการรอดชีพ (Survival analysis) ด้วยวิธีตารางชีพและวิธี Kaplan- Meier ที่ระดับการยอมรับ ร้อยละ 50

วิธีการวิเคราะห์	อุณหภูมิที่เก็บรักษา (องศาเซลเซียส)	อายุการเก็บรักษา (วัน)		สัมประสิทธิ์การทำนาย (R^2)
		ค่าทำนาย	ค่าจริง	
วิธีตารางชีพ (Life table)	4	26	30	0.974
	14	22	20	
	24	10	8	
วิธี Kaplan Meier	4	26	30	0.984
	14	20	20	
	24	8	8	

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 34 การทำนายอายุการเก็บรักษาของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งที่ไม่รมสาร 1-MCP จากการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นในการรอดชีพ (Survival analysis) ด้วยวิธีตารางชีพและวิธี Kaplan- Meier ที่ระดับการยอมรับ ร้อยละ 50

วิธีการวิเคราะห์	อุณหภูมิที่เก็บรักษา (องศาเซลเซียส)	อายุการเก็บรักษา (วัน)		สัมประสิทธิ์การทำนาย (R^2)
		ค่าทำนาย	ค่าจริง	
วิธีตารางชีพ (Life table)	4	26	25	0.999
	14	18	16	
	24	8	6	
วิธี Kaplan Meier	4	25	25	1.000
	14	16	16	
	24	6	6	

จากการวิเคราะห์ผลโดยใช้สมการจลนพลศาสตร์ชนิดตัวแปรเดียว (Univariate kinetic analysis) การวิเคราะห์โดยใช้สมการจลนพลศาสตร์หลายตัวแปร (Multivariate kinetic analysis) และการวิเคราะห์การรอดชีพด้วยวิธี Kaplan Meier พบว่า การใช้สมการจลนพลศาสตร์ชนิดตัวแปรเดียวจะทำให้ทราบเพียงอัตราการเกิดปฏิกิริยา และค่าพลังงานกระตุ้นในการเกิดปฏิกิริยาของค่าคุณภาพ ซึ่งก็ให้ผลสอดคล้องไปในทิศทางเดียวกับการใช้สมการจลนพลศาสตร์ชนิดหลายตัวแปร แตกต่างกันที่สมการจลนพลศาสตร์ชนิดหลายตัวแปรจะทำการลดจำนวนตัวแปรลง อย่างไรก็ตาม การคำนวณด้วยวิธีดังกล่าวก็ยังไม่สามารถใช้ทำนายอายุการเก็บรักษาได้ เนื่องจากการประเมินอายุการเก็บรักษาต้องเลือกค่าคุณภาพค่าใดค่าหนึ่งมาเป็นดัชนีสำคัญเพื่อใช้ในการทำนาย โดยการเลือกดัชนีที่สำคัญนั้นได้จากการใช้วิจารณญาณของผู้วิจัยซึ่งอาจทำให้เกิดอคติจากการเลือกเพราะใช้ค่า E_a เป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจ แต่ในขณะที่เกิดการเสื่อมคุณภาพของผลิตภัณฑ์นั้นเกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพหลายด้านพร้อมกัน ดังนั้น การวิเคราะห์การรอดชีพด้วยวิธี Kaplan Meier จึงน่าจะเป็นวิธีการที่เหมาะสมเพราะสามารถใช้ทำนายอายุการเก็บรักษาได้ โดยการประเมินอายุการเก็บรักษาของทุเรียนตัดแต่งพร้อมบริโภคถูกกำหนดมาจากการยอมรับของผู้บริโภคที่ไม่ผ่านการฝึกฝนซึ่งประเมินจากคุณภาพที่สังเกตได้หลายค่าพร้อมกัน เช่น สี เนื้อสัมผัส กลิ่น นำไปสู่การตัดสินใจที่จะยอมรับหรือปฏิเสธในผลิตภัณฑ์นั้น ในการศึกษาครั้งนี้การประเมินอายุการเก็บรักษาด้วยการวิเคราะห์การรอดชีพจึงเป็นวิธีที่มีความแม่นยำและเหมาะสมในการใช้ประเมินอายุการเก็บรักษามากกว่าการใช้สมการจลนพลศาสตร์ ทั้งนี้ควรต้องพิจารณาคุณภาพด้านจุลินทรีย์ร่วมด้วย เนื่องจากเป็นคุณภาพมาตรฐานความปลอดภัยที่สำคัญสำหรับผู้บริโภค

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. การศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิในการเก็บรักษา (4, 14 และ 24 องศาเซลเซียส) ต่อคุณภาพของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภค พบว่า ทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งที่เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพช้ากว่าทุเรียนตัดแต่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 14 และ 24 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

2. การศึกษาอิทธิพลของสาร 1-MCP พบว่า ทุเรียนตัดแต่งที่ผ่านการรมด้วยสาร 1-MCP มีการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพทั้งในด้านกายภาพ เคมี และสรีรวิทยา ช้ากว่าทุเรียนตัดแต่งที่ไม่ได้ผ่านการรมสาร 1-MCP โดยจากการทดสอบการยอมรับของผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน ที่มีต่อทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่ง พบว่า ผู้บริโภคยอมรับทุเรียนตัดแต่งที่ผ่านการรมสาร 1-MCP น้อยกว่าร้อยละ 50 เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 30, 20 และ 8 วัน ในขณะที่ทุเรียนตัดแต่งที่ไม่ได้ผ่านการรมสาร 1-MCP ผู้บริโภคยอมรับน้อยกว่าร้อยละ 50 เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 25, 16 และ 6 วัน ที่อุณหภูมิเก็บรักษา 4, 14 และ 24 องศาเซลเซียส ตามลำดับ การรมเนื้อทุเรียนตัดแต่งด้วยสาร 1-MCP สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้ร้อยละ 20-33

3. จากการประเมินอายุการเก็บรักษาของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งที่รมและไม่รมสาร 1-MCP ด้วยวิธีวิเคราะห์ Univariate kinetic analysis พบว่า การเปลี่ยนแปลงของค่าคุณภาพจัดเป็นปฏิกิริยาอันดับศูนย์ ค่าพลังงานกระตุ้นของปัจจัยคุณภาพหลายปัจจัยของทุเรียนตัดแต่งที่รมสาร 1-MCP สูงกว่าทุเรียนตัดแต่งที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับการศึกษาอิทธิพลของสาร 1-MCP ต่อคุณภาพของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งในข้างต้น และยังพบว่าการสูญเสียน้ำหนัก (weight loss) มีค่าพลังงานกระตุ้น (Activation energy: E_a) ต่ำที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 31.542 kJ/mol และ 29.297 kJ/mol สำหรับทุเรียนที่รมและไม่รมสาร 1-MCP ตามลำดับ ดังนั้น การสูญเสียน้ำหนักน่าจะเป็นปัจจัยคุณภาพที่สามารถใช้เป็นดัชนีในการประเมินอายุการเก็บรักษาของทุเรียนตัดแต่งพันธุ์ชะนี

จากการประเมินอายุการเก็บรักษาของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งที่รมและไม่รมสาร 1-MCP ด้วยวิธี Multivariate kinetic analysis พบว่า ทุเรียนตัดแต่งพันธ์ชะนีที่รมและไม่รมสาร 1-MCP มีค่าพลังงานกระตุ้นเท่ากับ 42.460 kJ/mol และ 37.662 kJ/mol ตามลำดับ ซึ่งใกล้เคียงกับค่า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พลังงานกระตุ้นของค่าสี b*, ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้, ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้, กิจกรรมของเอนไซม์ PG และความชอบโดยรวมสำหรับทุเรียนตัดแต่งที่รมสาร 1-MCP และมีค่าใกล้เคียงกับค่าพลังงานกระตุ้นของค่าสี L*, ค่าความแน่นเนื้อ, ก๊าซคาร์บอน-ไดออกไซด์ และความชอบโดยรวมสำหรับทุเรียนตัดแต่งที่ไม่รมสาร 1-MCP ตามลำดับ ทุเรียนตัดแต่งที่ผ่านการรมสาร 1-MCP มีค่าพลังงานกระตุ้นสูงกว่าทุเรียนตัดแต่งที่ไม่ผ่านการรมสาร 1-MCP สอดคล้องกับ ผลการประเมินอายุการเก็บรักษาของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งด้วยด้วยวิธี Univariate kinetic analysis

ผลการประเมินอายุการเก็บรักษาของทุเรียนตัดพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคด้วยการวิเคราะห์การรอดชีพ 3 วิธี ได้แก่ วิธีวิเคราะห์ตารางชีพ (Life table), วิธีของ Kaplan-Meier และวิธีวิเคราะห์สมการถดถอยแบบ Cox หลายตัวแปร (Multivariate analysis with Cox regression) พบว่าวิธีการวิเคราะห์การรอดชีพที่เหมาะสมสำหรับการทดลองนี้ คือ วิธีของ Kaplan-Meier โดยผลจากการประเมินอายุการเก็บรักษาในทุเรียนตัดแต่งที่รมสาร 1-MCP พบว่า มีอายุการเก็บรักษาเท่ากับ 26, 20 และ 8 วัน ทุเรียนตัดแต่งที่ไม่รมสาร 1-MCP มีอายุการเก็บรักษาเท่ากับ 25, 16 และ 6 วัน ณ อุณหภูมิเก็บรักษา 4, 14 และ 24 องศาเซลเซียส ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม จะเห็นได้ว่าวิธีการวิเคราะห์การรอดชีพให้ผลการทำนายที่มีความชัดเจนกว่าการประเมินอายุการเก็บรักษาโดยวิธี Univariate kinetic analysis และ Multivariate kinetic analysis เนื่องจากสามารถประเมินอายุการเก็บรักษา ซึ่งได้มาจากการยอมรับของผู้บริโภคที่ไม่ผ่านการฝึกฝนโดยการประเมินจากคุณภาพที่สังเกตได้หลายค่าพร้อมกัน ในขณะที่การใช้สมการจลนพลศาสตร์ทำให้ทราบเพียงอัตราการเกิดปฏิกิริยา และค่าพลังงานกระตุ้นในการเกิดปฏิกิริยาของค่าคุณภาพ การจะประเมินอายุการเก็บต้องเลือกปัจจัยคุณภาพปัจจัยใดปัจจัยหนึ่งมาเป็นดัชนีสำคัญในการชี้วัด นอกจากนั้นยังต้องคำนึงความปลอดภัยด้านจุลินทรีย์ซึ่งต้องไม่เกินค่ามาตรฐานด้วย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้อเสนอแนะ

1. การรมเนื้อทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งด้วยสาร 1-MCP ร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของทุเรียนตัดแต่ง ซึ่งผู้ประกอบการสามารถนำผลการศึกษามาใช้เป็นแนวทางเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่ผลิตผลทุเรียน และสามารถวางจำหน่ายได้นานขึ้น

2. ในการวิเคราะห์สารระเหยให้กลิ่นในเนื้อทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งที่มีผลต่อความชอบของผู้ทดสอบ เพื่อให้ได้ผลวิเคราะห์ที่ดีควรต้องมีการทวนสอบการทดลอง และควรทำการศึกษาเพิ่มเติมสำหรับสารระเหยบางสารที่ยังไม่ทราบ threshold ของสารเพื่อหา odor unit และบอกความสำคัญของสารได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2538. **ผลทุเรียน: การเก็บเกี่ยวและการดำเนินการภายหลังจากเก็บเกี่ยว.** กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

กรมวิชาการเกษตร. 2547. **เอกสารวิชาการทุเรียน.** สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร. โรงพิมพ์ดอกเบี้ย, กรุงเทพฯ.

เกศินี สังข์คำ, อินทิรา ลิจันทร์พร และศิริชัย กัลยาณรัตน์. 2549. ผลของสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรด์ต่อการลดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ในมะละกอเส้นพร้อมบริโภค. **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 5 (พิเศษ)**: 148-151.

กองโภชนาการ. 2544. **ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหาร**. กรมอนามัย กระทรวงสาธารณะสุข, กรุงเทพฯ.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2546. **สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____ . 2549. **ชีววิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและการวายของพืช**. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

ต้นวงศ์ สุดโต. 2549. **ผลของอุณหภูมิ ชนิดของฟิล์มและสาร1-MCP ต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีของเนื้อทุเรียนพันธุ์หมอนทองพร้อมบริโภค**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ธิรา แดงกนิษฐ์. 2538. **ความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมเอนไซม์ Polygalacturonase, Pectin methylesterase, Cellulase และβ-Galactosidase และการอ่อนตัวของเนื้อทุเรียนสุก.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นุกูล พู่พันธ์. 2555. **การศึกษาคุณลักษณะกลิ่นทุเรียนพันธุ์ชะนีและการออกแบบระบบการควบคุมกลิ่น**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

บัณฑิต ถิ่นคำรพ. 2545. **แนวปฏิบัติสำหรับการวิเคราะห์ระยะปลอดเหตุการณ์**. ภาควิชาชีวสถิติและประชากรศาสตร์ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

เบญจมาส รัตนชินกร, อุมาภรณ์ สุจริตทวีสุข และอนุวัตร แจ้งชัด. 2550. อิทธิพลของ 1–methyl cyclopropene ต่อการสุกของทุเรียน. **วารสารวิทยาศาสตร์. 5 (พิเศษ):** 136-139.

เพ็ชร์รัตน์ บุญเจิม. 2538. **การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของทุเรียนพันธุ์ชะนีภายหลังการเก็บเกี่ยว**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. 2552. อายุการเก็บของผลิตภัณฑ์. 106-128. *ใน* รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมเกษตร**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

วิษฐิดา จันทราพรชัย. 2552. การประเมินคุณภาพทางกายภาพด้านสี. 368-389. *ใน* รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมเกษตร**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

วีรศักดิ์ จงสู่วิวัฒน์วงศ์. 2550. **กราฟ ตาราง และสมการสำหรับการวิจัยทางสุขภาพ**. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

สุดารัตน์ สุตพันธ์. 2536. **การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อทุเรียนพันธุ์ชะนีและพันธุ์หมอนทองภายหลังการเก็บเกี่ยว**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. ภาควิชาพืชสวน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุธีรา วัฒนกุล. 2546. **การยืดอายุการเก็บรักษาผลทุเรียนสดและเนื้อทุเรียนพร้อมรับประทาน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหาร. 2555. **เกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาสำหรับอาหารทั่วไปที่มิใช่อาหารควบคุมเฉพาะกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์: อาหารพร้อมบริโภค**. แหล่งที่มา: http://www.dmsc.moph.go.th/webroot/BQSF/IndexMain.htm, 1 พฤศจิกายน 2555.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2556. **สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้ม ปี 2556**. สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. แหล่งที่มา: http://www.oae.go.th/ewtadmin/ewt/oae_web/download/journal/trends2556.pdf, 1 พฤษภาคม 2556.

สำนักโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. 2549. **กินทุเรียนให้ปลอดภัย**. แหล่งที่มา: http://nutrition.anamai.moph.go.th/temp/main/view.php?group=3&id=74, 3 พฤษภาคม 2555.

ศิริกาญจน์ จันทร์ถาวรพานิช. 2554**. การศึกษาอิทธิพลของสาร 1-MCP ที่มีต่อคุณภาพของทุเรียนพันธุ์หมอนทองตัดแต่งพร้อมบริโภคระหว่างการเก็บรักษา**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

อนวัช สุวรรณกุล, ศิริพงษ์ พัฒนวิบูลย์, รุจิรา ดีวัฒนาวงศ์ และจิตรา ตระกูลน่าเลื่อมใส. 2546. **การควบคุมการสุกของผลทุเรียนด้วยการใช้สารเคมีที่มีคุณสมบัติในการยับยั้งก๊าซเอทิลีน**. โครงการวิจัยเพื่อพัฒนาการผลิตและการตลาดทุเรียนเพื่อการส่งออก. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. กรุงเทพฯ.

อรุณี พูลมี. 2553. การศึกษาดัชนีคุณภาพและการทำนายอายุการเก็บรักษาของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภคเพื่อการส่งออก. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

อุษณา ไตรนอก, มาระตรี เปลี่ยนศิริชัย และ David W. Turner. 2549. ผลของ 1-MCP ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของชมพู่พันธุ์ทับทิมจันทร์. **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 5 (พิเศษ)**: 93-95.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

A.O.A.C. 2000. **Official Method of Analysis**. 17th ed. The Association of Official Analytical Chemists Gaithersburg, Maryland.

Arrhenius, S. 1889. Ober die reacktions geschwindigkeit bei der inversion von rohrzucker durch saüren. **Z. Physik. Chem.** 4: 226–248.

Ares, G., C. Parentelli, A. Gámbaro, C. Lareo and P. Lema. 2006. Sensory shelf life of shiitake mushrooms stored under passive modified atmosphere. **Postharvest Biology and Technology.** 41: 191–197.

Ayhan, Z., G.W. Chism and F.R. Richter. 1998. The shelf-life of minimally processed fresh-cut melon. **Food Quality.** 21: 29-40

Bassetto, E. A.P. Jacomino, A. P. Pinheiro. and R.A. Kluge. 2005. Delay ripening of 'Pedro Sato' guava with 1–Methylcyclopropene. **Postharvest Biology and Technology**. 35: 303- 308.

Behrsing, J., S. Winkler, P. Franz and R. Premier. 2000. Efficacy of chlorine for inactivation of *Escherichia coli* on vegetables. **Biology and Technology**. 19: 187-192.

Blankenship, S.M. and J.M. Dole. 2001. 1–Methylcyclopropene: a review. **Postharvest Biology and Technology**. 28: 1-25.

Booncherm, P. and J. Siriphanich. 1991. Postharvest physiology of durian pulp and husk. **Kasetsart Journal**. 25: 119–125.

Cardelli, C. and T. P. Labuza, 2001. Application of Weibull hazard analysis to the determination of the shelf life of roasted and ground coffee. **Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie.** 34: 273–278.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Chin, S.T., S.A.H. Nazimah, S.Y. Quek, Y.B. Che Manc, R. Abdul Rahman and D. Mat Hashim. 2007. Analysis of volatile compounds from Malaysian durians (Durio zibethinus) using headspace SPME coupled to fast GC-MS. **Food Composition and Analysis.** 20: 31–44**.**

Cox, D.R. 1972. Regression models and life table. **Journal of the Royal Statistical Society**. 34: 187-220.

Cruz, A.G., R.N. Cavalcanti, L.M.R. Guerreiro, A.S. Sant'Ana, L.C. Nogueira, C.A.F. Oliveira, R. Deliza, R.L. Cunha, J.A.F. Faria and H.M.A. Bolini. 2013. Developing a prebiotic yogurt: Rheological, physico-chemical and microbiological aspects and adequacy of survival analysis methodology. **Food Engineering.** 114: 323–330.

DeEll, J.R., R.K. Prang and H.W. Peppelenbos. 2003. Postharvest Physiology of Fresh Fruit and Vegetables, pp. 455-483. *In* A. Chakraverty, A.S. Mujumdar, G.S.V. Ragharan and H.S. Ramaswamy, eds. **Hand book of Postharvest Technology: Cereals, Fruits, Vegetables, Tea and Spices**. Marcel Dekker, Inc., New York.

Dong, L., S. Lurie and H. Zhou. 2002. Effect of 1-methylcyclopropene on ripening of 'Canino' apricots and 'Royal Zee' plums". **Postharvest Biology and Technology**. 24: 135-145.

Fan, X. and J.P. Mattheis. 1999. Impact of 1-methylcyclopropene and methyl jasmonate on apple volatile production. **Journal of Agricultural Food Chemistry**. 47: 2847-2853.

Feng, X., A. Apelbaum., E.C. Sisler. and R. Goren. 2000. Control of ethylene responses in avocado fruit with 1-methylcyclopropene. **Postharvest Biology and Technology**. 20: 143-150.

Food and Drug Administration. 2002. **Bacteriological Analytical Manual of Food**. AOAC Intrenational, Arlington.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Gemert, L.J. van. 2003. **Odour thresholds; complications of odour threshold value in air, water and other media**. Van Setten Kwadraat, Houten.

Greve LC. and J.M. Labavitch. 1991. Cell wall metabolism in ripening fruit. V. Analysis of cell wall synthesis in ripening tomato pericarp tissue using a D-[U-^{13}C] glucose tracer and gas chromatography-mass spectrometry. **Plant Physiology**. 97: 1456-1461.

Guillermo H., L. Garitta and R. Sánchez. 2004. Determination of consumer acceptance limits to sensory defects using survival analysis. **Food Quality and Preference.** 15: 729–734

Guillermo, H., L. Garitta and G. Gómez. 2006. Sensory shelf-life predictions by survival analysis accelerated storage models. **Quality and Preference.** 17: 468–473.

Hoeberichts, F.A., V.D. Plas, L.H.W. and E.J. Woltering. 2002 Ethylene perception is required for the tomato ripening-related genes and associated physiological changes even at advanced stages of ripening. **Postharvest Biology Technology.** 26: 125-133.

Hofman, P.J., M. Jobin-Décor., G.F. Meiburg., A.J. Macnish. and D.C. Joyce. 2001. Ripening and quality responses of avocado, custard apple, mango and papaya fruit to 1-methylcyclo-propene. **Experimental Agriculture**. 41: 567-572.

Hough, G., K. Langohr, G. Go´mez and A. Curia. 2003. Survival analysis applied to sensory shelf-life of foods. **Food Science.** 68: 359–362.

Jacobo-Velázquez, D. A., P.A. Ramos-Parra and C. Hernández-Brenes. 2010. Survival analysis applied to the sensory shelf-life dating of high hydrostatic pressure processed avocado and mango pulps. **Food Science.** 75: 286–291.

James, J.B. and T. Ngarmsak. 2010. **Processing of fresh-cut tropical fruits and vegetables : A technical guide.** F.A.O., Bangkok.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Jeong, J., Huber, D.J. and S.A Sargent. 2002. Influence of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on ripening and cell-wall matrix polysaccharides of avocado (*Persea americana*) fruit. **Postharvest Biology and Technology**. 25: 241-364.

Jiang, Y.M., D.C. Joyce and L.A. Terry. 2001. 1-Methylcyclopropene treatment affects strawberry fruit decay. **Postharvest Biology and Technology.** 23: 227–232.

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

Ken B. M., E. N. Friel., A. Gunson., C. Lund and E. MacRae. 2006. Perception of flavour in standardised fruit pulps with additions of acids or sugars. **Food Quality and Preference**. 17: 376–386.

Labuza, T.P. 1982. **Shelf-Life Dating of Food**. Food and Nutrition Press, Inc., Washington D.C.

Leffingwell, J.C. 2004. Flavor-Base Database, Version Date July 1, 2004.

Luchsinger, W.W. and R.A., Corndky. 1962. Reducing power by the dinitrosalicylic acid method. **Analytical Biochemistry.** 4: 346–347.

Pinheiro, J., C. Alegria, M. Abreu, E.M. Goncalves and C.L.M. Silva. 2013. Kinetics of changes in the physical quality parameters of fresh tomato fruits (*Solanum lycopersicum*, cv. 'Zinac') during storage. **Food Engineering.** 114: 338–345**.**

Pirovani, M.E., D.R. Guemes, J.H. Di Pentima and M.A. Tessi. 2000. Survival of *Salmonella hadar* after washing disinfection of minimally processed spinach. **Microbiology.** 31: 143-148.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Porat, R., B. Weiss, L. Cohen, A. Daus, R. Goren and S. Droby. 1999. Effects of ethylene and 1-methylcyclopropene on the postharvest qualities of 'Shamouti' oranges. **Postharvest Biology and Technology**. 15: 155-163.

Roller, S. and P. Seedhar. 2002. Carvacrol and cinnamic acid inhibit microbial growth in fresh-cut melon and kiwifruit at 4° and 8°C. **Microbiology.** 35: 390-394.

Salvador, A., P. Varela and S. M. Fiszman. 2007. Consumer acceptability and shelf life of "Flor de invierno" pears (Pyrus communis L.) under different storage conditions. **Sensory Studies.** 22: 243–255.

Selvarajah, S., A.D. Bauchot. and P. John. 2001. International browning in cold stored pineapples is suppressed by a postharvest application of 1-methylcyclopropene. **Postharvest Biology and Technology**. 23: 167-170.

Sisler, E.C. and M. Serek. 1997. Inhibitors of ethylene responses in plants at the receptor level: Recent developments. **Physiologia Plantarum**. 100: 577–582.

Sisler, E.C., R. Goren. and M. Huberman. 1985. Effect of 2,5-norbonadiene on abscission and ethylene production in citrus leaf explants. **Plant Physiology**. 63: 114-120.

Taoukis, P.S. and Giannakourou M.C. 2004. Temperature and food stability: analysis and control, pp. 42-68. *In* R. Steele, ed. **Understanding and Measuring the Shelf of Food**. Woodhead Publishing ltd., Cambridge.

Tian, M.S., S. Prakash., H.J. Elgar., H. Young., D.M. Burmeister. and G.S. Ross. 2000. Response of strawberry fruit to 1-methylcyclopropene (1-MCP) and ethylene. **Plant Growth Regulation**. 32: 83-90.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Varela, P., A. Salvador and S. Fiszman. 2005. Shelf-life estimation of Fuji apples: Sensory characteristics and consumer acceptability. **Postharvest Biology and Technology.** 38: 18–24.

Voon, Y.Y., S.A. Hamid, N.G. Rusul, A. Osman and S.Y. Quek. 2006. Physicochemical, microbial and sensory changes of minimally processed durian (*Durio zibethinus* cv. D24) during storage at 4 and 28 ˚C. **Postharvest Biology and Technology**. 42: 168-175.

Voon, Y.Y. 2007. Volatile flavor compounds and sensory properties of minimally processed durian (Durio zibethinus cv.D24) fruit during storage at 4 °C. **Postharvest Biology and Technology**. 46: 76-85.

Wang, K.L., H. Li and J.R. Ecker. 2002. **Ethylene Biosynthesis and Signaling Networks**. Available: http://plantcell.org/cgi/reprint/14/suppl_1/S131.pdf. 15 July 2012.

Zhang, S. and J.M. Farber. 1996. The effect of various disinfectants against *Listeria monocytogenes* on fresh-cut vegetable. **Food Microbiology.** 13: 311-321.

Zhu, H. L., B. Z. Zhu., D.Q. Fu, Y. H. Xie, Y.L. Hao and Y.B. Luo. 2005. Role of ethylene in the biosynthetic pathways of aroma volatiles in ripening fruit. **Plant Physiology.** 52: 776-780.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์ค่าคุณภาพด้านเคมี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1. การเตรียมสารละลายที่ใช้ในการวิเคราะห์ค่ากิจกรรมของเอนไซม์ PG

1.1 การเตรียมตัวอย่างสารละลายมาตรฐาน D – galacturonic acid

นำสาร D – galacturonic acid ปริมาณ5 มิลลิกรัมละลายในสารละลาย sodium acetate buffer (pH 4.5) ปริมาตร 50 มิลลิลิตร จะได้เป็นสารละลาย D-galacturonic acid ที่มีความเข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ทำการเตรียมสารละลาย D-galacturonic acid ที่ระดับความเข้มข้น 0, 100, 200, 300, 400 และ 500 นาโนโมล จากนั้นทำการเติม 3,5-dinitrosalicylic acid ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เพื่อทำให้เกิดสี นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 450 นาโมเมตร

2. การเตรียม 3,5-Dinitrosalicylic acid (DNS)

นำสาร Dinitrosalicylic acid ปริมาตร 2.5 กรัม ละลายใน NaOH ความเข้มข้น 2 นอร์มอล ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ทำการเติมสาร sodium potassium tartrate จำนวน 75 กรัม คนจนสารละลายหมด แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 250 มิลลิลิตร นำไปเก็บในขวดสีชาที่อุณหภูมิห้อง เพื่อใช้ในการวัดกิจกรรมของเอนไซม์ Polygalacturonase (PG) ต่อไป

2. การคำนวณหาปริมาณกรดมาลิค (เปอร์เซ็นต์)

$$\%TA = \frac{\text{normality of NaOH (0.1 N) x 0.067 x volume of NaOH (ml) x100}}{\text{volume of sample (10 ml)}}$$

เมื่อ 0.067 = milliequivalent of malic acid (anhydrous)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ข

การตรวจสอบคุณภาพทางสรีรวิทยาของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภค

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจสอบคุณภาพของทุเรียนพันธุ์หมอนทองตัดแต่งพร้อมบริโภค

ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์, ก๊าซออกซิเจนและก๊าซเอทิลีนภายในภาชนะบรรจุ

ทำการเก็บตัวอย่างก๊าซ ด้วยกระบอกเก็บก๊าซ (Syringe) ขนาด 5 มิลลิลิตร และฉีดเข้าไปในเครื่อง Gas Chromatograph (HP 6890, U.S.A.) ซึ่งมีสภาวะสำหรับการวิเคราะห์ก๊าซ ดังนี้

<u>สภาวะสำหรับการวิเคราะห์</u>

Column: Haye Sep Q. (1.8 m. x 1/18 in) และ Mol.Seive. (1.8 m. x 1/18 in)

Volume inject: 3.0 ml

Carrier gas: He, Flow rate = 5 ml/min

Oven temperature: 100°C; CO_2 (Method CO_2.M, 2 min)

60°C ; CO_2 and O_2 (Method MIX.M, 4.5 min)

Detector temperature: Thermal conduct detector (TCD) 200 °C

Reference flow: 20 ml/min

Make up flow: 5 ml/min

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ค

การตรวจสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1. การเจือจางตัวอย่าง

ชั่งเนื้อทุเรียน 10 กรัม ใส่ลงในถุงพลาสติก เทสารละลายบัฟเฟอร์ 90 มิลลิลิตร เพื่อให้เนื้อทุเรียนถูกเจือจางเป็นอัตราส่วน 1 ต่อ 10 แล้วนำไปตีให้เข้ากันด้วยเครื่องตีผสมอาหาร Stomacher จากนั้น ไปเปตตัวอย่างอาหารจำนวน 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดที่ใส่สารละลายบัฟเฟอร์จำนวน 9 มิลลิลิตร ความเข้มข้นของเนื้อทุเรียน จะเป็นอัตราส่วน 1 ต่อ 100 เจือจางตัวอย่างอาหารลงไปครั้งละ 10 เท่า ในลักษณะเดียวกันนี้จนได้อัตราส่วนที่ต้องการ

2. การตรวจวิเคราะห์จำนวนแบคทีเรียทั้งหมดโดยวิธีการ Pour plate

ไปเปตตัวอย่างที่ถูกเจือจางเป็นอัตราส่วนต่างๆ 1 มิลลิลิตร ลงในจานเพาะเชื้อ โดยแต่ละอัตราส่วนให้ทำอย่างน้อย 2 จาน จากนั้นเทอาหารเลี้ยงเชื้อ Plate count agar ที่ฆ่าเชื้อแล้วและมีอุณหภูมิประมาณ 45-50 องศาเซลเซียส ลงในจานเพาะเชื้อ จานละประมาณ 15-20 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันโดยเลื่อนจานเพาะเชื้อในแนวตั้ง แนวตามเข็มนาฬิกา แนวนอน และแนวทวนเข็มนาฬิกา แนวละ 5 ครั้ง แล้วตั้งทิ้งไว้ให้แข็ง จากนั้นกลับจานเพาะเชื้อแล้วนำไปบ่มเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน ตรวจนับโคโลนีในจานเพาะเชื้อโดยเลือกจากจานที่มีจำนวนโคโลนีประมาณ 25-250 โคโลนี

3. การตรวจวิเคราะห์จำนวนยีสต์และราทั้งหมดโดยวิธีการ Pour plate

ไปเปตตัวอย่างที่ถูกเจือจางเป็นอัตราส่วนต่างๆ 1 มิลลิลิตร ลงในจานเพาะเชื้อ โดยแต่ละอัตราส่วนให้ทำอย่างน้อย 2 จาน จากนั้นเทอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato dextose agar ที่ฆ่าเชื้อและปรับ pH ด้วย Tartaric acid แล้ว โดยมีอุณหภูมิประมาณ 45-50 องศาเซลเซียส ลงในจานเพาะเชื้อ จานละประมาณ 15-20 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันโดยเลื่อนจานเพาะเชื้อในแนวตั้ง แนวตามเข็มนาฬิกา แนวนอน และแนวทวนเข็มนาฬิกา แนวละ 5 ครั้ง แล้วตั้งทิ้งไว้ให้แข็ง จากนั้นนำไปบ่มเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 20-25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน ตรวจนับโคโลนีในจานเพาะเชื้อโดยเลือกจากจานที่มีจำนวนโคโลนีประมาณ 10-200 โคโลนี

หมายเหตุ

วิธีการปฏิบัติต้องเป็น Aseptic technique ในการปฏิบัติงานทุกขั้นตอน อาหารเลี้ยงเชื้อ สารละลาย เครื่องแก้ว และเครื่องใช้ทุกชนิดที่สัมผัสกับตัวอย่าง ต้องผ่านการอบหรือนึ่งฆ่าเชื้อก่อน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ง

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แบบทดสอบความชอบของผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน

เรียน ผู้ตอบแบบสอบถาม

เรื่อง การสำรวจความชอบของผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนที่มีต่อทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภค

คำชี้แจง แบบสอบถามชุดนี้เป็นการสำรวจความชอบของผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน ที่มีต่อทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภค เพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์ของ นางสาวมยุรี เมืองมูล นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ อุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ดังนั้นจึงใคร่ขอความร่วมมือจากท่าน กรุณาทดสอบตัวอย่างและตอบแบบสอบถามให้สมบูรณ์ ข้อมูลที่ท่านตอบมาจะเป็นพระคุณอย่างยิ่งสำหรับงานวิจัย และข้อมูลจะเป็นความลับ ไม่มีผลกระทบใดๆ ต่อท่านทั้งสิ้น ขอขอบพระคุณทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการทดสอบและตอบแบบสอบถามนี้

ส่วนที่ 1 : ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. เพศ

   [ ] ชาย [ ] หญิง

2. อายุ

   [ ] 15-20 ปี [ ] 21-30 ปี

   [ ] 31-40 ปี [ ] 41-50 ปี

   [ ] 50 ปีขึ้นไป

3. การศึกษาสูงสุดที่ได้รับ

   [ ] ต่ำกว่ามัธยมศึกษาตอนปลาย [ ] มัธยมศึกษาตอนปลาย

   [ ] อนุปริญญา/ปวส. [ ] ปริญญาตรีหรือเทียบเท่า

   [ ] สูงกว่าปริญญาตรี [ ] อื่นๆ (โปรดระบุ).....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. อาชีพ

[ ] นักเรียน/นิสิต/นักศึกษา [ ] ค้าขาย/ธุรกิจส่วนตัว

[ ] ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ [ ] พนักงาน บริษัทเอกชน

[ ] อื่นๆ (โปรดระบุ).....

5. รายได้ต่อเดือน

[ ] น้อยกว่า 5,000 บาท [ ] 5,001-10,000 บาท

[ ] 10,001-15,000 บาท [ ] 15,001-20,000 บาท

[ ] 20,000 บาทขึ้นไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แบบทดสอบความชอบและการยอมรับของผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน

ผลิตภัณฑ์: ทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภค

ผู้ประเมิน:ชื่อ ……

วันที่ทดสอบ……...

คำชี้แจง: กรุณาประเมินความชอบของท่านต่อผลิตภัณฑ์ทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคตามรหัสที่ระบุ โดยให้คะแนนความชอบที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด

ระดับคะแนน

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

**ทดสอบโดย สูดดมตัวอย่างเพียงครั้งเดียว

คุณลักษณะ	คะแนนความชอบ	
	รหัส.....	รหัส.....
1. ลักษณะปรากฏ	……	……
2. สีเนื้อโดยรวม	……	……
3. **กลิ่นทุเรียน	……	……
4. ความชอบโดยรวม	……	……

5. กลิ่นแปลกปลอม

□ ไม่พบกลิ่นแปลกปลอม □ พบกลิ่นแปลกปลอม

6. การยอมรับ

□ ยอมรับ □ ไม่ยอมรับ

***สาเหตุที่ไม่ยอมรับ** เนื่องจาก

……

ขอบพระคุณที่ให้ความร่วมมือ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก จ

การคำนวณค่า Retention index และความเข้มข้นสัมพัทธ์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1. การคำนวณค่า Retention index (RI)

$$RI = 100N + 100n \frac{t_{Ra} - t_{RN}}{t_{R(N+n)} - t_{RN}}$$

N	จำนวนอะตอมของคาร์บอนในสารมาตรฐานอัลเคนที่มีคาร์บอนน้อยกว่า
n	ความแตกต่างระหว่างจำนวนอะตอมของคาร์บอนในสารมาตรฐานอัลเคน 2 ตัว ที่ค่า retention time (RT) ของตัวอย่างอยู่ระหว่างกลาง
t_{Ra}	RT ของตัวอย่างสารระเหยที่ต้องการวิเคราะห์ค่า RI
t_{RN}	RT ของสารมาตรฐานอัลเคนที่มีคาร์บอนน้อยกว่า
$t_{R(N+n)}$	RT ของสารมาตรฐานอัลเคนที่มีคาร์บอนมากกว่า

2. การคำนวณความเข้มข้นสัมพัทธ์ของตัวอย่าง

$$C_S = \frac{C_I \times A_S \times V_I \times r}{A_I \times W_S}$$

C_S	ความเข้มข้นสัมพัทธ์ของตัวอย่างทุเรียน (ไมโครกรัม/กรัม ตัวอย่าง; ppm)
C_I	ความเข้มข้นของ internal standard (มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ในเมทานอล)
A_S	พื้นที่ใต้พีคของตัวอย่าง
A_I	พื้นที่ใต้พีคของ internal standard
V_I	ปริมาตรของ internal standard ที่ใช้ (ไมโครลิตร)
W_S	น้ำหนักตัวอย่างทุเรียน (กรัม)
r	response factor ของสารระเหยที่คำนวณจากกราฟมาตรฐานของสารมาตรฐานนั้น ๆ (กำหนดให้ r ของสารระเหยเท่ากับ 1.0)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ฉ

สารให้กลิ่นทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภค
เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ฉ1 ความเข้มข้นของสารระเหยที่พบในทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ไม่ได้รมสาร1- MCP เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

Peak no.	R.I.	R.T.(s)	Flavor Compound	Concentration (ppm)			
				0 day	10 day	20 day	30 day
			Aldehyde				
1	649	30.99	Acetaldehyde	3.796	1.324	1.052	1.151
3	681	35.9534	Propanal	4.427	1.422	2.124	0.000
11	766	63.1608	(E)-2-Butenal	0.115	0.079	0.189	0.045
20	838	104.594	(E)-2Methyl-2-butenal	0.000	0.033	0.000	0.000
37	914	167.344	Heptanal	0.000	0.000	0.000	0.082
47	939	196.742	Octanal	0.000	0.000	0.000	0.000
			Total	8.338	2.857	3.364	1.278
			Ketone				
16	817	88.2102	3-Hydroxy-2-butanone	1.232	0.000	0.000	0.823
			Total	1.232	0.000	0.000	0.823

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ฉ1 (ต่อ)

Peak no.	R.I.	R.T.(s)	Flavor Compound	Concentration (ppm)			
				0 day	10 day	20 day	30 day
			Alcohol				
2	665	33.5298	Ethanol	22.636	18.662	23.267	21.737
6	710	42.5436	1-Propanol	2.793	1.066	1.209	1.189
12	775	66.333	1-Butanol	0.000	0.000	0.000	0.000
18	834	100.959	3-Methyl-1-butanol	1.597	0.640	1.512	0.360
19	836	102.835	(S)-2-Methyl-1-butanol	1.050	0.661	1.303	0.835
33	906	158.378	1-Hexanol	0.000	0.171	0.297	0.351
64	1056	353.015	2-Decen-1-ol	0.083	0.000	0.000	0.000
			Total	28.157	21.201	27.588	24.472
			Sulphur containing compound				
4	686	36.8166	Ethanethiol	13.971	1.600	1.417	1.220
8	732	50.7938	1-Propanethiol	1.458	3.426	3.379	4.579
23	857	118.389	S-Ethyl ethanethioate	0.000	0.000	0.093	0.000

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ฉ1 (ต่อ)

Peak no.	R.I.	R.T.(s)	Flavor Compound	Concentration (ppm)			
				0 day	10 day	20 day	30 day
28	893	145.298	Methyl ethyl disulfide	0.058	0.052	0.168	0.039
39	920	174.995	Diethyl disulfide	1.143	1.403	1.302	1.509
55	966	229.194	Diethyl trisulfide	0.070	0.109	0.100	0.423
56	967	230.389	3,5-Dimethyl-1,2,4-trithiolane	0.080	0.000	0.000	0.000
62	995	262.975	1,1 Bis(ethylthio)-ethane	0.000	0.046	0.076	0.082
			Total	24.779	6.635	6.535	4.851
			Ester				
5	700	39.0908	Methyl acetate	2.713	0.374	0.000	0.189
9	735	51.9558	Ethyl acetate	7.156	3.426	3.145	4.082
10	747	56.0228	Methyl propionate	0.571	0.189	0.000	0.167
13	797	74.233	Methyl-2-methyl propionate	0.258	0.000	0.000	0.000
14	811	84.0286	Methyl ethyl carbonate	0.000	0.438	0.336	0.000
15	814	86.1202	Ethyl propionate	0.327	0.531	0.575	0.802
17	823	92.8084	Methyl butanoate	0.000	0.000	0.000	0.000

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ฉ1 (ต่อ)

Peak no.	R.I.	R.T.(s)	Flavor Compound	Concentration (ppm)			
				0 day	10 day	20 day	30 day
21	848	111.849	Ethyl-2-methyl propaonate	1.501	0.302	0.152	0.229
24	859	120.198	Methyl-2-methyl butanoate	0.264	0.151	0.078	0.062
25	865	124.564	Diethyl carbonate	0.149	0.060	0.043	0.000
26	873	130.872	Ethyl butanoate	1.198	0.000	0.000	1.353
27	878	134.591	Propyl propanoate	0.315	0.000	0.000	0.000
29	897	148.717	(E)-Ethyl-2-butenoate	1.511	1.244	0.148	2.537
30	899	150.228	Ethyl-2-methyl butanoate	0.351	0.944	0.514	2.237
36	914	167.344	Ethyl pentanoate	0.000	0.000	0.000	0.000
42	923	178.863	Ethyl-3-hydroxy butanoate	0.365	0.365	0.599	0.069
43	924	179.494	Ethyl-2-methyl-2-butenoate	0.000	0.507	0.000	0.000
44	925	180.838	Propyl-2-methyl butanoate	0.000	0.000	0.000	0.092
46	937	194.766	Ethyl hexanoate	0.000	0.060	0.000	0.050
52	956	217.259	Ethyl heptanoate	0.000	0.000	0.061	0.179
54	961	223.369	Methyl octanoate	0.542	0.025	0.000	0.324

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ฉ1 (ต่อ)

Peak no.	R.I.	R.T.(s)	Flavor Compound	Concentration (ppm)			
				0 day	10 day	20 day	30 day
58	972	236.896	Ethyl octanoate	0.976	0.123	0.095	0.259
60	977	242.358	Ethyl-2-methyl octanoate	0.000	0.000	0.000	0.000
61	987	254.16	Propyl octanoate	0.000	0.000	0.000	0.000
65	1058	355.221	n-Hexadecanoate	0.839	0.122	0.201	0.028
			Total	20.035	9.160	5.945	12.961

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ฉ2 ความเข้มข้นของสารระเหยที่พบในทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รมสาร 1- MCP เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

Peak no.	R.I.	R.T.(s)	Flavor Compound	Concentration (ppm)			
				0 day	10 day	20 day	30 day
			Aldehyde				
1	649	30.99	Acetaldehyde	2.111	0.416	1.756	0.519
3	681	35.9534	Propanal	0.000	1.070	4.772	0.000
11	766	63.1608	(E)-2-Butenal	0.183	0.000	0.194	0.000
20	838	104.594	(E)-2Methyl-2-butenal	0.000	0.000	0.124	0.000
37	914	167.344	Heptanal	0.000	0.000	0.239	0.000
			Total	2.294	1.486	7.084	0.519
			Ketone				
7	724	47.756	2,3-Butanedione	0.000	0.000	0.000	0.000
16	817	88.2102	3-Hydroxy-2-butanone	0.000	0.000	0.000	0.000
			Total	0.000	0.000	0.000	0.000

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ฉ2 (ต่อ)

Peak no.	R.I.	R.T.(s)	Flavor Compound	Concentration (ppm)			
				0 day	10 day	20 day	30 day
			Alcohol				
2	665	33.5298	Ethanol	27.181	7.257	35.147	5.441
6	710	42.5436	1-Propanol	1.920	0.567	1.987	0.494
12	775	66.333	1-Butanol	0.000	1.574	0.000	0.000
18	834	100.959	3-Methyl-1-butanol	1.293	0.492	0.720	0.186
19	836	102.835	(S)-2-Methyl-1-butanol	3.454	0.647	1.548	0.462
33	906	158.378	1-Hexanol	0.173	0.220	0.271	0.000
			Total	34.021	10.757	39.673	6.582
			Sulphur containing compound				
4	686	36.8166	Ethanethiol	6.263	0.928	5.767	0.987
8	732	50.7938	1-Propanethiol	2.261	3.211	9.585	10.387
23	857	118.389	S-Ethyl ethanethioate	0.000	0.031	0.131	0.000
28	893	145.298	Methyl ethyl disulfide	0.236	0.048	0.287	0.061
39	920	174.995	Diethyl disulfide	1.735	3.416	5.393	5.214

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ฉ2 (ต่อ)

Peak no.	R.I.	R.T.(s)	Flavor Compound	Concentration (ppm)			
				0 day	10 day	20 day	30 day
55	966	229.194	Diethyl trisulfide	2.134	0.116	0.997	0.084
56	967	230.389	3,5-Dimethyl-1,2,4-trithiolane	2.134	0.116	0.997	0.000
62	995	262.975	1,1 Bis(ethylthio)-ethane	0.364	0.000	0.229	0.060
63	1004	275.093	Bis(2-sulfohydrylethyl)-disulfide	0.400	0.000	0.000	0.000
			Total	20.527	2.866	23.386	2.406
			Ester				
5	700	39.0908	Methyl acetate	0.000	0.173	0.486	0.693
9	735	51.9558	Ethyl acetate	2.648	1.211	9.585	9.529
10	747	56.0228	Methyl propionate	0.000	0.108	0.422	0.206
13	797	74.233	Methyl-2-methyl propionate	0.000	0.000	0.000	0.000
14	811	84.0286	Methyl ethyl carbonate	0.000	0.000	1.099	0.000
15	814	86.1202	Ethyl propionate	0.548	1.307	1.298	1.340
17	823	92.8084	Methyl butanoate	0.000	0.082	0.000	0.088
21	848	111.849	Ethyl-2-methyl propaonate	0.146	0.054	0.219	0.327

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ฉ2 (ต่อ)

Peak no.	R.I.	R.T.(s)	Flavor Compound	Concentration (ppm)			
				0 day	10 day	20 day	30 day
22	852	114.871	(E)-Methyl-2-butenoate	0.000	0.006	0.000	0.000
24	859	120.198	Methyl-2-methyl butanoate	0.041	0.111	0.297	0.352
25	865	124.564	Diethyl carbonate	0.000	0.014	0.393	0.033
26	873	130.872	Ethyl butanoate	0.000	0.000	0.000	0.423
27	878	134.591	Propyl propanoate	0.000	0.068	0.000	0.066
29	897	148.717	(E)-Ethyl-2-butenoate	0.358	0.012	0.868	2.938
30	899	150.228	Ethyl-2-methyl butanoate	0.731	2.261	1.587	2.938
31	901	152.469	Propyl-2-methyl propanoate	0.000	0.000	0.000	0.079
35	913	166.612	Propyl butanoate	0.000	0.000	0.000	0.056
36	914	167.344	Ethyl pentanoate	0.000	0.000	0.000	0.064
42	923	178.863	Ethyl-3-hydroxy butanoate	0.246	0.141	1.447	0.218
43	924	179.494	Ethyl-2-methyl-2-butenoate	0.000	0.000	1.367	0.000
44	925	180.838	Propyl-2-methyl butanoate	0.000	0.143	0.522	0.228
46	937	194.766	Ethyl hexanoate	0.069	0.000	0.000	0.558

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ฉ2 (ต่อ)

Peak no.	R.I.	R.T.(s)	Flavor Compound	Concentration (ppm)			
				0 day	10 day	20 day	30 day
52	956	217.259	Ethyl heptanoate	0.000	0.000	0.207	0.162
54	961	223.369	Methyl octanoate	0.141	0.021	0.369	0.127
58	972	236.896	Ethyl octanoate	0.119	0.067	0.374	0.686
60	977	242.358	Ethyl-2-methyl octanoate	0.000	0.000	0.000	0.063
61	987	254.16	Propyl octanoate	0.000	0.000	0.000	0.029
65	1058	355.221	n-Hexadecanoate	0.088	0.036	0.505	0.000
			Total	5.135	2.815	21.046	21.204

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ฉ3 Correlaton matrix ของสารระเหยให้กลิ่นของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รมสาร 1-MCP เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

Variables	Ald2	Al6	S1	S2	E3	E4	E6	E8	E10	E12	E14	E22	E24	Overall liking
Ald2	**1**	-0.480	0.844	-0.635	0.521	0.750	-0.196	0.828	0.705	0.753	-0.264	0.667	0.822	0.449
Al6		**1**	-0.606	0.725	-0.585	-0.572	0.327	-0.586	-0.745	-0.725	0.677	-0.571	-0.538	-0.945
S1			**1**	-0.695	0.824	0.957	-0.364	0.979	0.569	0.922	-0.255	0.944	0.936	0.511
S2				**1**	-0.337	-0.541	0.088	-0.561	-0.612	-0.548	0.492	-0.513	-0.537	-0.553
E3					**1**	0.924	-0.665	0.892	0.302	0.889	-0.290	0.936	0.866	0.606
E4						**1**	-0.591	0.973	0.414	0.946	-0.345	0.984	0.981	0.545
E6							**1**	-0.435	0.179	-0.484	0.656	-0.522	-0.625	-0.522
E8								**1**	0.549	0.947	-0.226	0.959	0.954	0.539
E10									**1**	0.630	-0.276	0.403	0.424	0.641
E12										**1**	-0.410	0.945	0.922	0.685
E14											**1**	-0.264	-0.411	-0.771
E22												**1**	0.932	0.508
E24													**1**	0.548
Overall liking														**1**

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ฉ3 (ต่อ)

หมายเหตุ: Ald2 = Propanal, Al6 = 1-Hexanol, S1 = Ethanethiol, S2 = 1-Propanethiol, E3 = Methyl propionate, E4 = Methyl-2-methyl propionate, E6 = Ethyl propionate, E8 = Ethyl-2-methyl propionate, E10 = Diethyl carbonate, E12 = Propyl propanoate, E14 = Ethyl-2-methyl butanoate, E22 = Ethyl octanoate, E24 = n-Hexadecanoate

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ฉ4 Correlaton matrix ของสารระเหยให้กลิ่นของทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ไม่รมสาร 1-MCP เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

Variables	S2	S5	E1	E2	E3	E6	E7	E8	E9	E13	E14	E15	E18	E19	E20	E22	E23	Overall liking
S2	**1**	0.939	0.832	0.846	0.779	0.737	0.599	0.822	0.968	0.360	0.813	0.779	0.802	0.807	0.832	0.583	0.292	-0.883
S5		**1**	0.822	0.750	0.774	0.727	0.555	0.745	0.869	0.128	0.856	0.669	0.731	0.726	0.667	0.391	0.103	-0.768
E1			**1**	0.953	0.974	0.965	0.817	0.977	0.868	0.027	0.941	0.887	0.876	0.925	0.665	0.372	0.030	-0.629
E2				**1**	0.957	0.937	0.770	0.973	0.912	0.182	0.827	0.885	0.947	0.887	0.829	0.522	0.119	-0.696
E3					**1**	0.972	0.756	0.950	0.828	-0.088	0.865	0.794	0.936	0.828	0.694	0.300	-0.125	-0.546
E6						**1**	0.884	0.941	0.827	-0.027	0.905	0.849	0.914	0.859	0.659	0.323	-0.025	-0.576
E7							**1**	0.810	0.738	0.180	0.869	0.879	0.707	0.853	0.500	0.371	0.266	-0.601
E8								**1**	0.877	0.104	0.887	0.910	0.878	0.945	0.700	0.408	0.085	-0.626
E9									**1**	0.396	0.834	0.856	0.882	0.854	0.885	0.626	0.331	-0.898
E13										**1**	0.052	0.416	0.072	0.290	0.505	0.883	0.963	-0.703
E14											**1**	0.866	0.743	0.912	0.524	0.311	0.122	-0.660
E15												**1**	0.729	0.979	0.672	0.642	0.453	-0.761
E18													**1**	0.721	0.862	0.420	-0.033	-0.652

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ฉ4 (ต่อ)

Variables	S2	S5	E1	E2	E3	E6	E7	E8	E9	E13	E14	E15	E18	E19	E20	E22	E23	Overall liking
E19														**1**	0.609	0.513	0.334	-0.702
E20															**1**	0.757	0.346	-0.846
E22																**1**	0.818	-0.833
E23																	**1**	-0.655
Overall liking																		**1**

หมายเหตุ: S2 = 1-Propanethiol, S5 = Diethyl disulfide, E1 = Methyl acetate, E2 = Ethyl acetate, E3 = Methyl propionate, E6 = Ethyl propionate, E7 = Methyl butanoate, E8 = Ethyl-2-methyl propionate, E9 = Methyl-2-methyl butanoate, E13 = (E)-Ethyl-2-butenoate, E14 = Ethyl-2-methyl butanoate, E15 = Ethyl pentanoate, E18 = Propyl-2-methyl butanoate, E19 = Ethyl hexanoate, E20 = Ethyl heptanoate, E22 = Ethyl octanoate, E23 = Ethyl-2-methyl octanoate

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ช

สมการจลนพลศาสตร์ในทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภค

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ช1 ค่า R^2 ที่ปฏิกิริยาอันดับศูนย์, หนึ่ง และสองของการเปลี่ยนแปลงค่าคุณภาพในทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รมสาร 1-MCP เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 องศาเซลเซียส

ค่าคุณภาพ	อุณหภูมิในการเก็บรักษา (องศาเซลเซียส)	R^2		
		n = 0	n = 1	n = 2
ค่าสี L*	4	0.995	0.993	0.991
	14	0.985	0.982	0.979
	24	0.997	0.997	0.997
ค่าสี a*	4	0.974	0.932	0.867
	14	0.984	0.997	0.996
	24	0.979	0.980	0.974
ค่าสี b*	4	0.990	0.985	0.980
	14	0.901	0.888	0.874
	24	0.986	0.984	0.982
ความแน่นเนื้อ (Firmness)	4	0.986	0.941	0.843
	14	0.989	0.950	0.765
	24	0.991	0.882	0.607
ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS)	4	0.986	0.941	0.955
	14	0.989	0.950	0.765
	24	0.991	0.882	0.980
ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA)	4	0.992	0.981	0.956
	14	0.955	0.951	0.941
	24	0.970	0.991	0.991
ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TSS/TA ratio)	4	0.966	0.995	0.955
	14	0.991	0.974	0.977
	24	0.957	0.995	0.956

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ช1 (ต่อ)

ค่าคุณภาพ	อุณหภูมิในการเก็บรักษา (องศาเซลเซียส)	R^2		
		n = 0	n = 1	n = 2
กิจกรรมของเอนไซม์ PG	4	0.976	0.974	0.844
	14	0.991	0.939	0.720
	24	0.991	0.932	0.743
ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)	4	0.989	0.880	0.397
	14	0.981	0.925	0.571
	24	0.990	0.892	0.496
ปริมาณออกซิเจน (O_2)	4	0.994	0.975	0.935
	14	0.983	0.994	0.978
	24	0.993	0.956	0.889
ปริมาณเอทิลีน (C_2H_4)	4	0.996	0.629	0.065
	14	0.990	0.820	0.371
	24	0.978	0.806	0.328
การสูญเสียน้ำหนัก	4	0.932	-	-
	14	0.994	-	-
	24	0.995	-	-
ความชอบด้านลักษณะปรากฏ	4	0.921	0.866	0.779
	14	0.911	0.810	0.693
	24	0.909	0.925	0.720
ความชอบด้านสีเนื้อโดยรวม	4	0.924	0.884	0.837
	14	0.898	0.821	0.733
	24	0.829	0.725	0.620
ความชอบด้านกลิ่นทุเรียน	4	0.929	0.910	0.866
	14	0.925	0.909	0.855
	24	0.930	0.819	0.682

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ช1 (ต่อ)

ค่าคุณภาพ	อุณหภูมิในการเก็บรักษา (องศาเซลเซียส)	R^2		
		n = 0	n = 1	n = 2
ความชอบโดยรวม	4	0.974	0.942	0.891
	14	0.958	0.869	0.871
	24	0.961	0.825	0.742

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ช2 ค่า R^2 ที่ปฏิกิริยาอันดับศูนย์, หนึ่ง และสองของการเปลี่ยนแปลงค่าคุณภาพในทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4, 14 และ 24 องศาเซลเซียส

ค่าคุณภาพ	อุณหภูมิในการเก็บรักษา (องศาเซลเซียส)	R^2		
		n = 0	n = 1	n = 2
ค่าสี L*	4	0.962	0.952	0.940
	14	0.986	0.984	0.979
	24	0.986	0.982	0.976
ค่าสี a*	4	0.984	0.875	0.766
	14	0.982	0.950	0.896
	24	0.983	0.963	0.926
ค่าสี b*	4	0.960	0.972	0.982
	14	0.981	0.988	0.993
	24	0.992	0.995	0.995
ความแน่นเนื้อ (Firmness)	4	0.989	0.850	0.484
	14	0.966	0.876	0.515
	24	0.971	0.897	0.549
ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS)	4	0.989	0.850	0.956
	14	0.966	0.876	0.934
	24	0.971	0.897	0.980
ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA)	4	0.990	0.984	0.968
	14	0.919	0.867	0.949
	24	0.991	0.985	0.979
ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TSS/TA ratio)	4	0.926	0.994	0.954
	14	0.938	0.976	0.907
	24	0.966	0.986	0.996

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ช2 (ต่อ)

ค่าคุณภาพ	อุณหภูมิในการเก็บรักษา (องศาเซลเซียส)	R^2		
		n = 0	n = 1	n = 2
กิจกรรมของเอนไซม์ PG	4	0.906	0.660	0.302
	14	0.897	0.648	0.337
	24	0.891	0.638	0.333
ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์(CO_2)	4	0.991	0.843	0.304
	14	0.992	0.816	0.329
	24	0.992	0.803	0.351
ปริมาณออกซิเจน(O_2)	4	0.991	0.993	0.953
	14	0.990	0.957	0.883
	24	0.996	0.970	0.860
ปริมาณเอทิลีน(C_2H_4)	4	0.959	0.596	0.008
	14	0.996	0.756	0.248
	24	0.996	0.809	0.316
การสูญเสียน้ำหนัก(Weight Loss)	4	0.970	-	-
	14	0.990	-	-
	24	0.995	-	-
ความชอบด้านลักษณะปรากฏ	4	0.918	0.836	0.738
	14	0.938	0.847	0.686
	24	0.939	0.827	0.672
ความชอบด้านสีเนื้อ	4	0.976	0.866	0.799
	14	0.954	0.810	0.693
	24	0.947	0.825	0.720
ความชอบด้านกลิ่นทุเรียน	4	0.984	0.915	0.791
	14	0.989	0.952	0.869
	24	0.974	0.848	0.665

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ช2 (ต่อ)

ค่าคุณภาพ	อุณหภูมิในการเก็บรักษา	R^2		
	(องศาเซลเซียส)	n = 0	n = 1	n = 2
ความชอบโดยรวม	4	0.987	0.866	0.799
	14	0.989	0.810	0.693
	24	0.983	0.825	0.720

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ซ

ตารางวิเคราะห์การรอดชีพ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ซ1 ตารางชีพแสดงความน่าจะเป็นในการยอมรับทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รมสาร 1-MCP เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

ช่วงเวลา (วัน)	จำนวนผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนที่สูญหาย (คน)	จำนวนผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนที่มีความเสี่ยง (คน)	จำนวนผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนที่ปฏิเสธ (คน)	ความน่าจะเป็นในการปฏิเสธ	ความน่าจะเป็นในการยอมรับ	ความน่าจะเป็นในการยอมรับสะสม	อัตราเสี่ยง
0-2	0	30	0	0.00	1.00	1.00	0.00
2-4	0	30	0	0.00	1.00	1.00	0.00
4-6	0	30	0	0.00	1.00	1.00	0.00
6-8	0	30	0	0.00	1.00	1.00	0.00
8-10	0	30	0	0.00	1.00	1.00	0.00
10-12	0	30	0	0.00	1.00	1.00	0.00
12-14	0	30	0	0.00	1.00	1.00	0.00
14-16	0	30	2	0.07	0.93	0.93	0.03
16-18	0	28	0	0.00	1.00	0.93	0.00
18 -20	0	28	0	0.00	1.00	0.93	0.00
20-22	0	28	4	0.14	0.86	0.80	0.08
22-24	0	24	0	0.00	1.00	0.80	0.00
24-26	0	24	10	0.42	0.58	0.47	0.26
26-28	0	14	0	0.00	1.00	0.47	0.00
28-30	0	14	0	0.00	1.00	0.47	0.00
30 ขึ้นไป	0	14	8	0.73	0.27	0.13	0.57

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ซ2 ตารางชีพแสดงความน่าจะเป็นในการยอมรับทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

ช่วงเวลา (วัน)	จำนวนผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนที่สูญหาย (คน)	จำนวนผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนที่มีความเสี่ยง (คน)	จำนวนผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนที่ปฏิเสธ (คน)	ความน่าจะเป็นในการปฏิเสธ	ความน่าจะเป็นในการยอมรับ	ความน่าจะเป็นในการยอมรับสะสม	อัตราเสี่ยง
0-2	0	30	0	0.00	1.00	1.00	0.00
2-4	0	30	0	0.00	1.00	1.00	0.00
4-6	0	30	0	0.00	1.00	1.00	0.00
6-8	0	30	0	0.00	1.00	1.00	0.00
8-10	0	30	0	0.00	1.00	1.00	0.00
10-12	0	30	2	0.07	0.93	0.93	0.03
12-14	0	28	0	0.00	1.00	0.93	0.00
14-16	0	28	7	0.25	0.75	0.70	0.14
16-18	0	21	0	0.00	1.00	0.70	0.00
18 -20	0	21	0	0.00	1.00	0.70	0.00
20-22	0	21	4	0.19	0.81	0.57	0.11
22-24	0	17	0	0.00	1.00	0.57	0.00
24-26	0	17	12	0.71	0.29	0.17	0.55
26-28	0	5	0	0.00	1.00	0.17	0.00
28-30	0	5	0	0.00	1.00	0.17	0.00
30 ขึ้นไป	0	5	5	1.00	0.00	0.00	1.00

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ซ3 ตารางชีพแสดงความน่าจะเป็นในการยอมรับทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รมสาร 1-MCP เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 14 องศาเซลเซียส

ช่วงเวลา (วัน)	จำนวนผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนที่สูญหาย (คน)	จำนวนผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนที่มีความเสี่ยง (คน)	จำนวนผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนที่ปฏิเสธ (คน)	ความน่าจะเป็นในการปฏิเสธ	ความน่าจะเป็นในการยอมรับ	ความน่าจะเป็นในการยอมรับสะสม	อัตราเสี่ยง
0-2	0	30	0	0.00	1.00	1.00	0.00
2-4	0	30	0	0.00	1.00	1.00	0.00
4-6	0	30	0	0.00	1.00	1.00	0.00
6-8	0	30	0	0.00	1.00	1.00	0.00
8-10	0	30	2	0.07	0.93	0.93	0.03
10-12	0	28	0	0.00	1.00	0.93	0.00
12-14	0	28	1	0.04	0.96	0.90	0.02
14-16	0	27	0	0.00	1.00	0.90	0.00
16-18	0	27	11	0.41	0.59	0.53	0.26
18 -20	0	16	0	0.00	1.00	0.53	0.00
20 ขึ้นไป	0	15	14	0.93	0.07	0.04	0.88

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ซ4 ตารางชีพแสดงความน่าจะเป็นในการยอมรับทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 14 องศาเซลเซียส

ช่วงเวลา (วัน)	จำนวนผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนที่สูญหาย (คน)	จำนวนผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนที่มีความเสี่ยง (คน)	จำนวนผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนที่ปฏิเสธ (คน)	ความน่าจะเป็นในการปฏิเสธ	ความน่าจะเป็นในการยอมรับ	ความน่าจะเป็นในการยอมรับสะสม	อัตราเสี่ยง
0-2	0	30	0	0.00	1.00	1.00	0.00
2-4	0	30	0	0.00	1.00	1.00	0.00
4-6	0	30	0	0.00	1.00	1.00	0.00
6-8	0	30	0	0.00	1.00	1.00	0.00
8-10	0	30	7	0.23	0.77	0.77	0.13
10-12	0	23	0	0.00	1.00	0.77	0.00
12-14	0	23	6	0.26	0.74	0.57	0.15
14-16	0	17	0	0.00	1.00	0.57	0.00
16-18	0	17	17	1.00	0.00	0.00	1.00
18 -20	0	0	0	0.00	0.00	0.00	1.00
20 ขึ้นไป	0	0	0	0.00	0.00	0.00	1.00

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ซ5 ตารางชีพแสดงความน่าจะเป็นในการยอมรับทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่รมสาร 1-MCP เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส

ช่วงเวลา (วัน)	จำนวนผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนที่สูญหาย (คน)	จำนวนผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนที่มีความเสี่ยง (คน)	จำนวนผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนที่ปฏิเสธ (คน)	ความน่าจะเป็นในการปฏิเสธ	ความน่าจะเป็นในการยอมรับ	ความน่าจะเป็นในการยอมรับสะสม	อัตราเสี่ยง
0-2	0	30	0	0.00	1.00	1.00	0.00
2-4	0	30	0	0.00	1.00	1.00	0.00
4-6	0	30	2	0.07	0.93	0.93	0.03
6-8	0	28	4	0.14	0.86	0.80	0.08
8-10	0	24	11	0.46	0.54	0.43	0.30
10 ขึ้นไป	0	13	13	1.00	0.00	0.00	1.00

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ซ6 ตารางชีพแสดงความน่าจะเป็นในการยอมรับทุเรียนพันธุ์ชะนีตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส

ช่วงเวลา (วัน)	จำนวนผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนที่สูญหาย (คน)	จำนวนผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนที่มีความเสี่ยง (คน)	จำนวนผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนที่ปฏิเสธ (คน)	ความน่าจะเป็นในการปฏิเสธ	ความน่าจะเป็นในการยอมรับ	ความน่าจะเป็นในการยอมรับสะสม	อัตราเสี่ยง
0-2	0	30	0	0.00	1.00	1.00	0.00
2-4	0	30	5	0.17	0.83	0.83	0.09
4-6	0	25	10	0.40	0.60	0.50	0.25
6-8	0	15	10	0.67	0.33	0.17	0.50
8-10	0	5	5	1.00	0.00	0.00	1.00
10 ขึ้นไป	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาวมยุรี เมืองมูล
วัน เดือน ปี ที่เกิด	6 กุมภาพันธ์ 2529
สถานที่เกิด	เชียงใหม่
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (เทคโนโลยีชีวภาพทางอุตสาหกรรมเกษตร) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	เสนอผลงานทางวิชาการ เรื่อง ผลของอุณหภูมิต่อความแน่นเนื้อของทุเรียนตัดแต่งพันธุ์หมอนทองและชะนีในการประชุมวิชาการวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวแห่งชาติ ครั้งที่ 10

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์