



รายงานการวิจัย

ผลของการใช้ฟิล์มบริโภคได้ร่วมกับการบรรจุภายใต้สภาพ
บรรยากาศดัดแปลงต่อการยืดอายุการเก็บรักษา
มะม่วงน้ำดอกไม้

Effect of Edible Film and Modified Atmosphere Packaging on
Extension Shelf –Life of Nam Dok Mai Mango

ขวัญจิตต์ อนุกุลวัฒนา และคณะ

สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ประจำปีงบประมาณ 2558

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

ผลของการใช้ฟิล์มบริโภคได้ร่วมกับการบรรจุภายใต้สภาพ
บรรยากาศดัดแปลงต่อการยืดอายุการเก็บรักษา
มะม่วงน้ำดอกไม้

Effect of Edible Film and Modified Atmosphere Packaging on
Extension Shelf –Life of Nam Dok Mai Mango

ขวัญจิตต์ อนุกุลวัฒนา	สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ธนาวรรณ สุขเกษม	สาขาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ทุนอุดหนุนโดย มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ประจำปีงบประมาณ 2558

ชื่องานวิจัย	ผลของการใช้ฟิล์มบริโกลได้ร่วมกับการบรรจุภายใต้สภาพบรรยากาศดัดแปลงต่อการยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงน้ำดอกไม้ Effect of Edible Film and Modified Atmosphere Packaging on Extension Shelf -Life of Nam Dok Mai Mango
ผู้วิจัย	ขวัญจิตต์ อนุกุลวัฒนา
ผู้ร่วมวิจัย	ธนาวรรณ สุขเกษม
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสารเคลือบผิวคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส(CMC) จากเปลือกข้าวโพดต่อคุณภาพของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง โดยมีการใช้กลีเซอรอลเป็นสารเติมแต่งที่ทำให้เกิดการยืดหยุ่นร้อยละ 25 (CMC_{gl} 25) และ 30 (CMC_{gl} 30) และสารเคลือบผิวเชิงการค้าซิปปต้า แวกซ์ (ZX) ทำการเก็บรักษามะม่วงที่เคลือบผิวแล้วที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 วัน พบว่า มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบผิวด้วยZW ช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนักและการเปลี่ยนแปลงทางเคมี ได้แก่ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (TSS) ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA) อัตราส่วน TSS/TA และปริมาณวิตามินซี ในขณะที่มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบผิวด้วย CMC_{gl} 25% มีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (TSS) ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA) อัตราส่วน TSS/TA ตีรอลงมาจาก ZW และจากการทดสอบการยอมรับจากผู้บริโภคพบว่า มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบผิวด้วยZW และ CMC_{gl} 25% ได้คะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุดและไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p>0.05$)

คำสำคัญ : มะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง สารเคลือบผิว คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส(CMC)

Research Title Effect of Edible Film and Modified Atmosphere Packaging on Extension Shelf –Life of Nam Dok Mai Mango

Author Miss Kwanjit Anukulwattana

Miss Tanawan Sukkasem

Institute Faculty of Science and Technology, Phetchabun Rajabhat University

ABSTRACT

The objective of this research was to study the effect of Carboxy Methyl Cellulose (CMC) coating from corn's husk to quality of golden mango. Which using glycerol as plasticizer for 25% (CMC_{gl} 25) and 30% (CMC_{gl} 30) and commercial coating ZIVDAR WAX (ZW). After storage at 12 °c for 30 days the golden mango coated with ZW had low weight lost and chemical change, total soluble solids (TSS), titratable acidity (TA), TSS/TA ratio and vitamin C content, while the golden mango coated with 25% CMC_{gl} had higher of total soluble solids (TSS), titratable acidity (TA) and TSS/TA ratio compared with ZW. The result of the consumer's acceptant was found that the golden mango coated with ZW and 25% CMC_{gl} had the highest score of overall acceptant and not different significance confidential ($p>0.05$).

Keyword : Golden mango, Coated, Carboxy Methly Cellulose (CMC)

(ค)

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงมาได้ด้วยความช่วยเหลือ และความร่วมมืออย่างดียิ่งจากบุคคลหลายฝ่ายที่สละเวลาให้คำแนะนำ คำปรึกษา รวมถึงข้อเสนอแนะต่างๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ คุณไทรรัตน์ เปี้ยณอม เป็นอย่างสูงที่ให้ความรู้ เสียสละเวลาให้คำปรึกษาแนะนำ และขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ที่ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยครั้งนี้

ขวัญจิตต์ อนุกุลวัฒนา

15 มีนาคม 2559

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญรูป	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 มะม่วง	3
2.2 ดัชนีการเก็บเกี่ยวผลมะม่วงเพื่อการส่งออก	7
2.3 ระยะการแก่และการสุกของผลมะม่วง	8
2.4 การเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบทางกายภาพระหว่างการสุกของผลมะม่วง	9
2.5 การเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบทางเคมีระหว่างการสุกของผลมะม่วง	10
2.6 การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา	11
2.7 การเก็บรักษามะม่วง	13
2.8 สารเคลือบผิวที่บริโภคได้	14

2.9 การใช้สารเคลือบผิวกับผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว	16
2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	18

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	22
3.1 วัตถุประสงค์	22
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์	22
3.3 สารเคมี	23
3.4 การเตรียมสารเคลือบผิว	23
3.5 วิธีการเตรียมผลมะม่วง	23
3.6 การเคลือบผิวและการเก็บรักษา	24
3.7 การวิเคราะห์คุณภาพ	24
บทที่ 4 ผลการวิจัย และอภิปรายผล	27
4.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ	27
4.2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี	36
4.3 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส	42
บทที่ 5 สรุปผล และข้อเสนอแนะ	48
5.1 สรุปผลการวิจัย	48
5.2 ข้อเสนอแนะ	48
บรรณานุกรม	49
ภาคผนวก	52
ภาคผนวก ก การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี	53
ภาคผนวก ข แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส	62
ภาคผนวก ค ภาพประกอบการทำวิจัย	64

(จ)

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ส่วนประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนาการของเนื้อ ผลมะม่วงสุก 100 กรัม	5

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
4.1	การสูญเสียน้ำหนักของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการเคลือบผิว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส	28
4.2	ค่า L^* ของเปลือกผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการเคลือบผิว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส	30
4.3	ค่า a^* ของเปลือกผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการเคลือบผิว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส	30
4.4	ค่า b^* ของเปลือกผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการเคลือบผิว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส	31
4.5	ค่า L^* ของเนื้อด้านนอกของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการเคลือบผิว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส	32
4.6	ค่า a^* ของเนื้อด้านนอกของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการเคลือบผิว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส	32
4.7	ค่า b^* ของเนื้อด้านนอกของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการเคลือบผิว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส	33
4.8	ค่า L^* ของเนื้อติดเมล็ดมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการเคลือบผิว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส	34
4.9	ค่า a^* ของเนื้อติดเมล็ดของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการเคลือบผิว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส	34
4.10	ค่า b^* ของเนื้อติดเมล็ดของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการเคลือบผิว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส	35
4.11	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง	36

ที่ผ่านการเคลือบผิว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.12	ความเป็นกรด-ด่างของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการเคลือบผิว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส	38
4.13	ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการเคลือบผิว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส	39
4.14	ปริมาณวิตามินซีของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการเคลือบผิว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส	40
4.15	อัตราส่วนTSS/TA ของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการเคลือบผิว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส	41
4.16	คะแนนความชอบด้านสีเปลือกของผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง ที่ผ่านการเคลือบผิว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส	42
4.17	คะแนนความชอบด้านสีเนื้อของผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง ที่ผ่านการเคลือบผิว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส	43
4.18	คะแนนความชอบด้านกลิ่นของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการเคลือบผิว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส	44
4.19	คะแนนความชอบด้านรสชาติของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการเคลือบผิว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส	45
4.20	คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการเคลือบผิว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส	45
4.21	คะแนนการยอมรับโดยรวมของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการเคลือบผิว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส	46
ค1	ขั้นตอนการเตรียมและเคลือบผิวมะม่วง	67

(ฅ)

ค2	ผลมะม่วงน้ำดอกไม้มือทองที่ผ่านการเคลือบผิวที่อายุการเก็บ 0 วัน	68
ค3	ผลมะม่วงน้ำดอกไม้มือทองที่ผ่านการเคลือบผิวที่อายุการเก็บ 5 วัน	68
ค4	ผลมะม่วงน้ำดอกไม้มือทองที่ผ่านการเคลือบผิวที่อายุการเก็บ 10 วัน	68

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
ค5	ผลมะม่วงน้ำดอกไม้มือทองที่ผ่านการเคลือบผิวที่อายุการเก็บ 15 วัน	69
ค6	ผลมะม่วงน้ำดอกไม้มือทองที่ผ่านการเคลือบผิวที่อายุการเก็บ 20 วัน	69
ค7	ผลมะม่วงน้ำดอกไม้มือทองที่ผ่านการเคลือบผิวที่อายุการเก็บ 25 วัน	69
ค8	ผลมะม่วงน้ำดอกไม้มือทองที่ผ่านการเคลือบผิวที่อายุการเก็บ 30 วัน	70

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

มะม่วง เป็นผลไม้เศรษฐกิจที่เป็นที่ต้องการที่ตลาดภายในและตลาดต่างประเทศ เช่น ญี่ปุ่น ยุโรป และสหรัฐอเมริกา โดยในปี 2554 มีการส่งออกมะม่วงสด 37,500 ตัน คิดเป็นมูลค่ารวมทั้งสิ้น 703 ล้านบาท ซึ่งปริมาณการส่งออกมะม่วงสดเพิ่มสูงขึ้นจากปี 2553 กว่า 50% และมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นทุกปี มะม่วงน้ำดอกไม้เป็นผลไม้ประเภทรับประทานสุกที่มีศักยภาพทางการตลาด เนื่องจากมีรสชาติหวาน หอม และมีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีวิตามินเอ เบต้าแคโรทีน และเส้นใยอาหารสูง (ศิริกานต์ เบญจมาศ และคมจันทร์, 2555) ผลมะม่วงส่วนใหญ่ที่ผลิตได้มักมีการสูญเสียเกิดขึ้นภายหลังการเก็บเกี่ยว และในระหว่างการส่งออก เนื่องจากมะม่วงเป็นผลไม้ที่มีการเน่าเสียง่าย อันเป็นผลมาจากการเข้าทำลายของจุลินทรีย์ หรือเกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของผลไม้เอง ซึ่งรวมไปถึงการหายใจและการคายน้ำ โดยปัญหาที่พบได้แก่ ปัญหาโรคเน่าหลังการเก็บเกี่ยว ปัญหาการสุกในระหว่างการขนส่ง และปัญหาแมลงวันผลไม้ เป็นต้น ซึ่งปัญหาดังกล่าว ทำให้มะม่วงไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานสำหรับการส่งออก นอกจากนี้ยังทำให้ผลมะม่วงที่ผลิตได้มีมูลค่าลดลง เพื่อเป็นการแก้ไขปัญหาดังกล่าวข้างต้น จึงควรมีการศึกษาวิธีการยืดอายุการเก็บรักษาผลมะม่วงให้อยู่ในสภาพที่ดีเมื่อส่งไปถึงตลาดปลายทางและถึงมือผู้บริโภค โดยชะลอกระบวนการสุกเพื่อยืดอายุการเก็บรักษา ลดการสูญเสียน้ำหนักตลอดจนการเสื่อมคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวด้วยวิธีการต่างๆ เช่น การเก็บรักษาในห้องเย็น การเก็บรักษาโดยวิธีดัดแปลงบรรยากาศ และการเคลือบผิว ซึ่งจะช่วยยืดอายุการวางจำหน่ายและการส่งออกได้ (อนุธิดา, 2548) ฟิล์มบริโภคได้ (edible film) เป็นวัสดุที่ใช้ในการห่อหุ้มอาหาร ช่วยลดการสูญเสียความชื้นชะลอการผ่านของไอน้ำ ออกซิเจน ช่วยป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ช่วยชะลอการเสื่อมเสียของอาหารจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน ลดอัตราการหายใจของผักและผลไม้จึงทำให้ช่วยรักษาคุณภาพของอาหารได้ อีกทั้งยังสามารถย่อยสลายทางชีวภาพ และบริโภคพร้อมกับผลิตภัณฑ์ได้ ดังนั้นการเคลือบด้วยฟิล์มบริโภคได้จึงเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการยืดอายุการ

เก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหาร (เบญจวรรณ พรพรรณ และอุบลพันธ์ , 2555) ด้วยเหตุนี้ คณะผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาการใช้ฟิล์มบริโกลได้เคลือบมะม่วงน้ำดอกไม้เพื่อเป็นการยืดอายุการเก็บรักษาและลดการเสื่อมคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยว ดังนั้นทางคณะผู้จัดทำจึงเห็นว่าควรทำการยืดอายุของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองด้วยการเคลือบผิวผลไม้ด้วยสารคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสเพื่อชะลอการคายน้ำหรือการเคลือบผิวผลไม้ ด้วยสารที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค เพื่อยืดอายุผลผลิตหลังเก็บเกี่ยว

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1.2.1 ศึกษาชนิดของสารเคลือบผิวที่เหมาะสมต่อการยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง

1.2.2 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่อายุการเก็บรักษาต่างๆ

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1.3.1 ขอบเขตด้านวัตถุดิบ

มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ปลูกในพื้นที่ ต.ดงมูลเหล็ก อ.เมือง จ.เพชรบูรณ์

1.3.2 ขอบเขตด้านเนื้อหา

ศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงน้ำดอกไม้สีทองด้วยวิธีการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว Carboxymethylcellulose (CMC) จากเปลือกข้าวโพด และสารเคลือบผิวเชิงการค้า เก็บรักษามะม่วงที่อุณหภูมิ 12 °C เป็นระยะเวลา 30 วัน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทราบผลของการใช้สารเคลือบผิว CMC ที่สกัดได้จากเปลือกข้าวโพด ต่อการยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง

1.4.2 เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพและส่งเสริมศักยภาพการส่งออกของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองให้มีคุณภาพดีต่อไป

1.4.3 ได้องค์ความรู้ในการพัฒนาคุณภาพผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากทรัพยากรในท้องถิ่น และสามารถนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ในการถ่ายทอดความรู้และเทคโนโลยีให้กับเกษตรกร ผู้ผลิต ตลอดจนประชาชนที่สนใจ

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

ฟิล์มบริโภคนได้ หมายถึง ฟิล์มที่ใช้เป็นส่วนประกอบของอาหาร ใช้เพื่อเคลือบหรือห่อหุ้มอาหารโดยตรง หรือเคลือบบรรจุภัณฑ์ชั้นใน

คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (carboxy methylcellulose: CMC) หมายถึง อนุพันธ์เซลลูโลสอีเทอร์อยู่ในรูปเกลือโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส อาจเรียกว่า เซลลูโลสกัมหรือชื่อย่อว่า CMC เป็นพอลิเมอร์ที่ละลายน้ำได้

การเคลือบผิว เป็นการช่วยปิดบังริ้วรอยขีดข่วนที่ผิวผลไม้ซึ่งเกิดขึ้นได้ระหว่างการเก็บเกี่ยว ทดแทนไชนทรมชาติที่หลุดออกระหว่างการทำความสะอาด และช่วยยืดอายุการสุกของผลไม้

การสุกของผลไม้ หมายถึง ระยะที่ผลไม้มีการเจริญเติบโตเต็มที่ มีการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและปฏิกิริยาทางชีวเคมีหลายอย่าง ดัชนีที่บ่งชี้ความบิรูรณ์ของผลไม้

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 กล้วยไม้

มะม่วง *Mangifera indica* Linn. เป็นไม้ผลยืนต้นไม่ผลัดใบอยู่ในวงศ์ Anacardiaceae มีถิ่นกำเนิดในอินเดียและมีพื้นที่ปลูกมากที่สุดในกลุ่มไม้ผลฤดูเก็บเกี่ยวแตกต่างกันไปตามภูมิภาค มะม่วงมีหลายสายพันธุ์กระจายอยู่ตามประเทศในเขตร้อนตั้งแต่อินเดียจนถึงฟิลิปปินส์ในภาคกลางจะเก็บเกี่ยวในเดือนมีนาคม-เมษายนขณะที่ในภาคเหนือและตะวันออกเฉียงเหนือมีการเก็บเกี่ยวในเดือนพฤษภาคม-มิถุนายน

มะม่วงน้ำดอกไม้ *Mangifera indica* Linn. cv. 'Nam Dokmai' เป็นมะม่วงประเภทรับประทานสุก ออกดอกดก ติดผลปานกลาง ให้ผลทุกปี ผลมีน้ำหนักประมาณ 330 g ผลอ่อนรีปลายแหลม เมื่อดิบมีรสเปรี้ยว ผิวสีเขียวปนขาว เนื้อแน่น เมื่อผลสุกมีผิวสีเหลือง กลิ่นหอม เนื้อละเอียดมีเส้นใยน้อยรสหวาน อายุตั้งแต่ออกดอกจนถึงผลแก่ประมาณ 115 วัน เนื่องจากมะม่วงน้ำดอกไม้มีเปลือกบางจึงชำได้ง่ายและไม่ค่อยต้านทานต่อโรคแอนแทรกคโนส ได้รับความนิยมปลูกมากเพราะเป็นพันธุ์ที่ออกดอกง่าย สามารถตอบสนองต่อการบังคับให้ ออกนอกฤดูได้ดี และตรงกับความต้องการของตลาดต่างประเทศ (ศักยะ, 2555)

มะม่วงในประเทศไทยสามารถจำแนกชนิดตามการนำไปใช้ประโยชน์ได้เป็น 3 กลุ่ม คือ

1. มะม่วงบริโภคผลดิบหรือมะม่วงดิบ ผลมะม่วงในช่วงดิบส่วนเนื้อจะมีรสมัน หวานอมเปรี้ยว เมื่อแก่จัด แต่ส่วนใหญ่เป็นพันธุ์มะม่วงที่พบในประเทศไทยเท่านั้น จึงไม่เป็นที่นิยมมากนัก และไม่เป็นที่นิยมของชาวต่างชาติด้วย พันธุ์มะม่วงกลุ่มนี้ได้แก่ เชี่ยวเสวย แรด ศาลายา และฟ้าลั่น เป็นต้น

2. มะม่วงบริโภคผลสุก ผลมะม่วงส่วนใหญ่ในช่วงที่ยังไม่สุกจะมีรสเปรี้ยว แต่เมื่อผลสุกจะมีรสหวานหอม บางพันธุ์เมื่อผลสุกมีรสหวานอมเปรี้ยว ซึ่งเป็นผลมะม่วงที่มีศักยภาพในการส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศ พันธุ์มะม่วงกลุ่มนี้ได้แก่ น้ำดอกไม้ แก้ว โชคอนันต์ ทองคำ และอรุณ เป็นต้น

3. มะม่วงสำหรับแปรรูป เป็นผลมะม่วงที่นำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลายชนิดด้วยกัน เช่น น้ำมะม่วง ไวน์มะม่วง แยมมะม่วง และมะม่วงกวน เป็นต้น พันธุ์มะม่วงที่นิยมมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่เป็นมะม่วงสุกที่บริโภคผลสุก เช่น อกร่อง และแก้ว เป็นต้น

ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนาการของเนื้อผลมะม่วงสุก แสดงดังตาราง 2.1

ตาราง 2.1 ส่วนประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนาการของเนื้อผลมะม่วงสุก 100 กรัม

ส่วนประกอบสารเคมี	ปริมาณ
พลังงาน (แคลอรี) (กิโลกรัม)	62.1-63.7
ความชื้น (%)	78.9-82.8
โปรตีน (%)	0.36-0.40
ไขมัน (%)	0.30-0.53
คาร์โบไฮเดรต (%)	16.20-17.18
เส้นใย (%)	0.85-1.06
เถ้า (%)	0.34-0.52
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	6.1-12.8
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม)	5.5-17.9
เหล็ก (มิลลิกรัม)	0.20-0.63
วิตามิน (แคโรทีน) (มิลลิกรัม)	0.135-1.872
ไทอะมิน (มิลลิกรัม)	0.020-0.073
ไรโบฟลาวิน (มิลลิกรัม)	0.025-0.068
ไนอะซิน (มิลลิกรัม)	0.025-0.070
กรดแอสคอร์บิก (มิลลิกรัม)	7.8-172.0
ทริฟโตเฟน (มิลลิกรัม)	3-6
เมไทโอนีน (มิลลิกรัม)	4
ไลซีน (มิลลิกรัม)	32-37

(อนุธิดา, 2548)

๐๐๐ ๐๐๐๐๐๐๐๐๐๐

ก) มะม่วงน้ำดอกไม้ ต้นมีทรงพุ่มปานกลาง เจริญเติบโตเร็ว เปลือกลำต้นเรียบ กิ่งไม่เลื้อย ใบรูปขอบขนาน ปลายเรียวแหลม ขอบใบเป็นคลื่นฐานใบมน ออกดอก ทยายบ้าง ออกดอกดก การติดผลปานกลาง ให้ผลทุกปี ผลผลิตต่อต้นเมื่ออายุ 10 ปี เป็น 300 ผล อายุการเก็บเกี่ยว 100 วัน อายุตั้งแต่ออกดอกถึงผลแก่ประมาณ 115 วันฤดูกาลผลิตในฤดูกาลคือออกดอกและเก็บเกี่ยว ประมาณเดือนมกราคม-กุมภาพันธ์ และเดือนพฤษภาคม-มิถุนายนตามลำดับ ผลมีความยาว 15.25 cm กว้าง 7.27 cm หนา 6.59 cm มีน้ำหนักประมาณ 300-400 g สีเนื้อผลดิบ YG13B เนื้อมีกลิ่นอ่อน ความหนาเนื้อ 2.45 cm ไม่มีเส้นใยในเนื้อ ปริมาณเส้นใยในเนื้อน้อย ปริมาณน้ำในเนื้อปานกลาง ความหนาเปลือก 0.14 cm สีเปลือกผลดิบ YG114B สีเปลือกผลสุก YG11B ขนาดของเมล็ด กว้าง 4.03 cm ยาว 10.27 cm หนา 1.10 cm น้ำหนักเมล็ด 20 g ผลดิบรสชาติเปรี้ยวผลสุกรสชาติหวานความหวานเนื้อ 7-19 brix

ข) มะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง ต้นมีทรงพุ่มปานกลาง เปลือกลำต้นเรียบ กิ่งไม่เลื้อย ใบรูปขอบขนาน ปลายใบแหลม ฐานใบแหลม ขอบใบเป็นคลื่น การออกดอกปานกลาง การติดผลปานกลาง ผลผลิตต่อต้นเมื่ออายุ 10 ปี เป็น 300 ผล อายุการเก็บเกี่ยว 100 วัน ฤดูกาลผลิตในฤดูกาล ผลมีความยาว 16.03 cm กว้าง 7.13 cm หนา 6.20 cm ผลมีน้ำหนัก 300-400 g สีเนื้อผลสุก YO17A เนื้อมีกลิ่นอ่อน ความหนาเนื้อ 2.24 cm ไม่มีเส้นใยในเนื้อ ปริมาณเส้นใยในเนื้อน้อย ปริมาณน้ำในเนื้อปานกลาง ความหนาเปลือก 0.1 cm สีเปลือกผลดิบ YG145B (เหลืองอ่อนแม้ว่ายังดิบ) สีเปลือกผลสุก YO15A ขนาดของเมล็ด กว้าง 4.3 cm ยาว 13.77 cm หนา 1.36 cm น้ำหนักเมล็ด 31 g ผลดิบรสชาติเปรี้ยว ผลสุกรสชาติหวาน ความหวานเนื้อ 17-18 brix

ค) มะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 ต้นมีทรงพุ่มปานกลาง เปลือกลำต้นเรียบ กิ่งไม่เลื้อย ใบรูปบ้อมกลางใบ ปลายใบเรียวแหลม ฐานใบมน ขอบใบเป็นคลื่น การออกดอกปานกลาง การติดผลปานกลาง ผลผลิตต่อต้นเมื่ออายุ 10 ปี เป็น 300 ผล อายุการเก็บเกี่ยว 100 วัน ฤดูกาลผลิตนอกฤดูกาล ผลมีความยาว 16.45 cm กว้าง 7.16 cm หนา 6.18 cm ผลมีน้ำหนัก 300-400 g สีเนื้อผลดิบ YO21A เนื้อมีกลิ่นอ่อน ความหนาเนื้อ 2.19 cm ไม่มีเส้นใยในเนื้อ ปริมาณเส้นใยในเนื้อน้อย ปริมาณน้ำในเนื้อปานกลาง ความหนาเปลือก 0.15 cm สีเปลือกผลดิบ YG144B (เหลืองอ่อนแม้ว่ายังดิบ) สีเปลือกผลสุก YO15B ขนาดของเมล็ด กว้าง 3.94 cm ยาว 13.49 cm หนา

1.52 cm น้ำหนักเมล็ด 30 g ผลดิบรสชาติเปรี้ยว ผลสุกรสชาติหวาน ความหวานเนื้อ 22 brix มะม่วงน้ำดอกไม้ เบอร์ 4 มีเปลือกบางกว่ามะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง ทำให้ ง่ายและอ่อนแอต่อโรคแอนแทรกคโนส (ศักยะ, 2555)

2.2 การส่งออกผลมะม่วง (อนุธิดา, 2548)

มะม่วงเป็นผลไม้ที่มีความสำคัญชนิดหนึ่งที่นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลายทั้งชาวไทยและชาวต่างประเทศ ในการส่งออกผลมะม่วงไปต่างประเทศนั้นจำเป็นต้องมีการคัดขนาดและคุณภาพให้ได้มาตรฐานตามความต้องการของผู้บริโภคด้วย ความสุกแก่ของผลมะม่วงมีความสำคัญมากต่อคุณภาพ อายุการเก็บเกี่ยว การเก็บรักษา และการส่งออกไปจำหน่ายยังตลาดต่างประเทศ พันธุ์มะม่วงที่สำคัญเพื่อการส่งออกในปี 2557 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร) คือ พันธุ์น้ำดอกไม้ ไซคอนันต์ แรด และหนังกลางวัน เป็นต้น โดยเฉพาะมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ซึ่งมีการส่งออกมากที่สุด อาจเนื่องมาจากรสชาติดีเป็นที่ต้องการของตลาดต่างประเทศ ประเทศญี่ปุ่นได้อนุญาตให้นำเข้าผลมะม่วงสดได้โดยผ่านกระบวนการอบไอน้ำ (vapour heat treatment) และมีอายุการเก็บเกี่ยวประมาณ 112 วัน ซึ่งมีลักษณะตามดัชนีการเน่าและสุก ตามระยะต่างๆ ดังต่อไปนี้

ระยะแก่จัดสีเขียว

เนื้อผลแน่นและแข็ง ผิวมีสีเขียวอ่อน ผลที่แก่จัดจะมีสารพิกซีนเรียกว่า นวล ปกคลุมอยู่ทั่วทั้งผลมะม่วง เพื่อให้ผลมะม่วงมีคุณภาพดี เก็บเกี่ยวผลมะม่วงเมื่อเริ่มปรากฏสีเหลืองบริเวณไหล่ ผลมะม่วงส่วนใหญ่มีผิวที่ค่อนข้างบอบบาง ดังนั้นการเก็บเกี่ยวและการขนส่ง จึงควรระมัดระวังอย่างยิ่งที่จะไม่ให้เกิดรอยแผล การเปื้อนของยางและความเสียหายที่เกิดจากการกระทบกระแทกมากเกินไป

ระยะเริ่มเปลี่ยนสี

เนื้อผลมะม่วงเริ่มอ่อนตัวเมื่อใช้แวดจ์จะรู้สึกว่าการยุบตัวของผิวเริ่มเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเพียงเล็กน้อย

ระยะสุกหนึ่งในสาม

ผิวมีสีเขียวมากกว่าสีเหลือง สีเขียวที่เป็นสีพื้นเริ่มเปลี่ยนเป็นสีเขียวอ่อน เนื้อผลนิ่มและเริ่มอ่อนแอต่อความเสียหายที่เกิดจากแรงกดและแรงสั่นสะเทือน เป็นระยะที่พร้อมจะขนส่งเพื่อการจำหน่าย

ระยะสุกหนึ่งในสอง

ผิวประมาณครึ่งหนึ่งหรือมากกว่าครึ่งเล็กน้อยจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองโดยมีสีพื้นเป็นสีเขียวอ่อนอมสีเหลือง เนื้อของผลมะม่วงจะนิ่ม เป็นระยะที่เกือบจะบริโภคได้

ระยะสุกสามในสี่

ผิวจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเกือบทั่วทั้งผลมะม่วง แต่ยังมีสีเขียวเหลืออยู่ ผิวนิ่มเมื่อวางตามแนวนอน ผิวจะแบนตามภาชนะที่รองรับ เนื่องจากมีน้ำหนักของผลมะม่วงกดทับอยู่ เมื่อผลมะม่วงเริ่มมีกลิ่นหอมเล็กน้อยแสดงว่าเข้าระยะที่บริโภคได้

ระยะสุกเต็มที่

ผิวสีเหลืองปนส้ม หากบริโภคในระยะนี้จะได้รสชาติที่ดีที่สุด กรณีที่ต้องการกำจัดแมลงวันผลไม้โดยเฉพาะจะใช้วิธีอบผลมะม่วงด้วยไอน้ำ (vapour heat treatment) จนกระทั่งเนื้อส่วนที่ติดเมล็ดมีอุณหภูมิ 46.5 องศาเซลเซียส ควบคุมนาน 10 นาที ปลอ่ยให้เย็นแล้วค่อยบรรจุหีบห่อ ซึ่งกรรมวิธีนี้ไม่มีผลต่อระยะการแก่และการสุกของผลมะม่วง

2.3 ผลไม้ที่เก็บเกี่ยวแล้วแต่ยังไม่สุก

มะม่วงจัดเป็นผลไม้ที่มีกระบวนการสุก ซึ่งในระหว่างกระบวนการสุกมีการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี และทางสรีรวิทยา รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ ของผลมะม่วงหลังจากการเจริญเต็มที่ แล้วโดยการเปลี่ยนแปลงนี้ไม่สามารถกลับคืนสู่สภาพเดิมได้ การเปลี่ยนแปลงที่สำคัญ ได้แก่ อัตราการหายใจ อัตราการผลิตก๊าซเอทิลีน สี กลิ่น รสชาติและเนื้อสัมผัส มะม่วงจึงเป็นผลไม้ที่ไม่นิยมปลอ่ยให้สุกบนต้น เนื่องจากปัญหาทางเศรษฐกิจ และมะม่วงที่สุกบนต้นจะมีรสชาติ กลิ่น และคุณภาพต่ำกว่าผลมะม่วงที่เก็บเกี่ยวขณะแก่จัดแล้วบ่มให้สุกภายหลัง นอกจากนั้นการเก็บเกี่ยวผลมะม่วงขณะผลสุกหรือผลเริ่มสุก จะช้าและเสียหายได้ง่าย และมีอายุการเก็บรักษาสั้นด้วย ผลมะม่วงที่แก่จัดจะใช้เวลาประมาณ 1-2 สัปดาห์ จะเริ่มสุกและบริโภคได้ อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อ

การบ่มผลมะม่วงให้สุกประมาณ 30 ± 5 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85% อย่างไรก็ตาม ผลมะม่วงที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียส จะสุกไม่เหมือนปกติ และที่อุณหภูมิต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส จะทำให้เกิดอาการสะท้านหนาว (chilling injury) ได้

2.4 ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสรีรวิทยาของผลมะม่วง

ระหว่างที่ผลมะม่วงสุกจะมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพในผลมะม่วง การเปลี่ยนแปลงที่สำคัญต่างๆ มีดังนี้

2.4.1 สี การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกของผลมะม่วงจัดเป็นการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของผลมะม่วงในระหว่างการสุกที่เห็นได้ชัดเจน โดยผลมะม่วงที่อยู่ในระยะแก่จัดเมื่อเก็บรักษาจะมีการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกของผลมะม่วงจากสีเขียวไปเป็นสีเหลืองรวมทั้งสีเนื้อด้วย ซึ่งเป็นผลมาจากการเสื่อมสลายของคลอโรฟิลล์และอาจมีการสร้างแคโรทีนอยด์ซึ่งมีสีเหลืองเพิ่มมากขึ้น จึงทำให้เปลือกของผลมะม่วงเปลี่ยนแปลงเป็นสีเหลือง ในมะม่วงน้ำดอกไม้เมื่อผลมะม่วงเข้าสู่ระยะการสุกสีเปลือกของผลมะม่วงจะเปลี่ยนจากสีเขียวไปเป็นสีเหลืองเข้ม ส่วนสีเนื้อของผลมะม่วงจะเปลี่ยนจากสีขาวไปเป็นสีเหลืองอ่อน

2.4.2 ความแน่นเนื้อ การอ่อนนิ่มของผลมะม่วงในระหว่างการสุกอาจเกิดขึ้นจากสาเหตุ 2 ประการ คือ มีการสูญเสียน้ำออกจากผลมะม่วงผ่านทางช่องเปิดต่างๆ ทำให้ผลมะม่วงเกิดอาการเหี่ยวและอ่อนนิ่ม โดยพบว่า เมื่อผลมะม่วงเกิดการสูญเสียน้ำมากกว่า 5-10% ผลมะม่วงจะเกิดอาการเหี่ยวทำให้ความแน่นเนื้อของผลมะม่วงลดลง ส่วนอีกสาเหตุหนึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดอาการอ่อนนิ่มคือ การเสื่อมสภาพของผนังเซลล์จากการทำงานของเอนไซม์หลายชนิด เช่น cellulose, glucosidase, mannosidase, α -D-galactosidase, β -D-galactosidase และ xylase ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางองค์ประกอบทางเคมีของผนังเซลล์ในระหว่างการสุกของผลมะม่วง โดยมีผลทำให้โครงสร้างของผนังเซลล์ซึ่งเคยยึดเกาะกันแน่นในขณะผลมะม่วงดิบหลุดแยกออกจากกันเมื่อผลมะม่วงสุก โดยเอนไซม์ที่สำคัญที่มักพบในผลไม้ทั่วไปที่ทำให้เกิดอาการอ่อนนิ่มมี 2 ชนิดคือ เอนไซม์เพกทินเมทิลเอสเทอเรส และเอนไซม์โพลีกาแลกทูโรเนส โดยเอนไซม์ทั้งสองชนิดนี้มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของโมเลกุลต่างๆ ที่เป็นองค์ประกอบโครงสร้างของ

ผนังเซลล์ โดยเฉพาะสารประกอบเพกทิน (pectin compounds) ซึ่งเปลี่ยนรูปจากโปรโตเพกทิน (protopectin) ซึ่งไม่ละลายน้ำไปอยู่ในรูปที่สามารถละลายน้ำได้ในระหว่างการสุกของผลมะม่วง

2.5 การเปลี่ยนแปลงของผลมะม่วงระหว่างการสุก

ระหว่างที่ผลมะม่วงสุกจะมีเมแทบอลิซึมต่างๆ เกิดขึ้นหลายอย่าง เช่น การเปลี่ยนแปลงของคาร์โบไฮเดรตและกรดอินทรีย์ให้เป็นน้ำตาล ทำให้อัตราส่วนของน้ำตาลต่อกรดที่เหมาะสม มีการเปลี่ยนแปลงสีผิว มีกลิ่นหอม เนื้อนิ่มและรสหวานขึ้นซึ่งการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้เป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงของส่วนประกอบทางเคมีในผลมะม่วง การเปลี่ยนแปลงที่สำคัญมีดังนี้

2.5.1 คาร์โบไฮเดรต ในระหว่างการสุกของผลมะม่วงจะมีการเพิ่มขึ้นของน้ำตาลอย่างรวดเร็วทำให้มีการเพิ่มขึ้นของของแข็งที่ละลายน้ำได้ร่วมด้วย ในผลมะม่วงดิบที่แก่จัดจะมีปริมาณของแข็งสูงโดยเฉพาะผลมะม่วงที่มีปริมาณกรดต่ำ เมื่อผลมะม่วงสุก สตาร์ชจะสลายกลายตัวไปเป็นน้ำตาลทำให้มะม่วงสุกมีรสหวาน ในผลมะม่วงดิบน้ำตาลส่วนใหญ่เป็นน้ำตาลรีดิวซิงคือ กลูโคส และฟรุกโทส แต่ในผลมะม่วงสุกจะมีน้ำตาลซูโครส ซึ่งเป็นน้ำตาลนอนรีดิวซิง และยังพบว่ามีน้ำตาลอะราบินอสด้วย ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงในผลมะม่วงสุกมีประมาณ 3-4% และมีน้ำตาลซูโครสประมาณ 12%

2.5.2 กรดอินทรีย์ ปริมาณกรดทั้งหมดในผลมะม่วงจะอยู่ในรูปของกรดซิตริกหรือกรดมาลิก สำหรับในผลมะม่วงดิบมีปริมาณกรดทั้งหมดประมาณ 4-5% และลดลงเหลือ 0.5-1.0% ในผลมะม่วงสุก การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของกรดมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้และของแข็งที่ไม่ละลายในแอลกอฮอล์

2.5.3 โปรตีนและกรดอะมิโน มะม่วงส่วนใหญ่มีโปรตีนประมาณ 0.5-1.0% นอกจากนั้นยังมีพวกกรดอะมิโนอิสระ เช่น กรดกลูตามิก กรดแอสปาทิก อะลานีน ไกลซีน ซีรีน ในระหว่างการสุกของผลมะม่วง ถึงแม้ว่าจะมีการเพิ่มขึ้นของกิจกรรมของเอนไซม์ก็ตาม แต่ไม่พบว่ามี的增加ของโปรตีน

2.5.4 รงควัตถุ ผลไม้ส่วนใหญ่มีการเปลี่ยนสี จากสีเขียวเป็นสีอื่นๆซึ่งเป็นดัชนีที่บ่งชี้ให้ทราบว่าผลไม้ชนิดนั้นสุก การปรากฏของสีที่ถูกต้องเมื่อผลไม้สุกนั้น เป็นสิ่งสำคัญสำหรับผู้บริโภคจะตัดสินใจซื้อผลไม้ชนิดนั้นๆ สำหรับผลมะม่วงขณะสุกสีเขียวของคลอโรฟิลล์ที่เปลือกจะหายไป

และมีสีเหลืองเกิดขึ้น สีเหลืองที่ผิวของผลมะม่วงคือ รงควัตถุแคโรทีนอยด์ ซึ่งมีทั้งแอลฟา และเบต้า-แคโรทีน

2.5.5 สารประกอบแทนนิน ในผลมะม่วงดิบพันธุ์พลูริต้า มีแทนนิน ประมาณ 31-76 มิลลิกรัม และในผลมะม่วงสุกมีประมาณ 31-75 มิลลิกรัม ในเปลือกมีประมาณ 105 มิลลิกรัม และในเนื้อผลมะม่วงมีประมาณ 160 มิลลิกรัม

2.5.6 สารประกอบเพกทิน ผลมะม่วงดิบมีความแน่นเหนียวมากกว่าผลมะม่วงสุก เพราะระหว่างกระบวนการสุก จะมีเอนไซม์มาย่อยสลายสารประกอบเพกทิน เช่น เอนไซม์เพกทินเมทิล เอสเทอเรส และโพลีกาแลกทูโรเนสในมะม่วงดิบมีกิจกรรมต่ำมาก และเพิ่มมากขึ้นเมื่อผลมะม่วง เริ่มสุก ซึ่งมีผลทำให้ความแน่นเหนียวลดลงอย่างรวดเร็วในระหว่างกระบวนการสุก

2.6 ผลกระทบของการเก็บเกี่ยว

ผลมะม่วงส่วนใหญ่จะเก็บเกี่ยวในระยะแก่จัด ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยว จึงเกี่ยวข้องกับกระบวนการสุกและการเสื่อมสลาย การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวยังมีผลต่อการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวด้วย กระบวนการทางสรีรวิทยาที่เกิดขึ้นภายหลังการเก็บเกี่ยวผลมะม่วงจะมีความสัมพันธ์ต่อคุณภาพของผลมะม่วง ดังนั้นบางกรณีอาจจะต้องควบคุมกระบวนการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวด้วย กระบวนการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นมีดังนี้

2.6.1 การคายน้ำผลมะม่วงจะสูญเสียน้ำผ่านทางปากใบ รูเปิดธรรมชาติที่ผิว (lenticel) และรูเปิดธรรมชาติอื่นๆ กระบวนการคายน้ำเกิดขึ้นได้เพราะมีแรงขับเคลื่อน (driving force) จากความแตกต่างของความดันไอระหว่างภายในผลมะม่วงกับสภาพแวดล้อมภายนอก เนื่องจากความดันไอน้ำจะสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น การสูญเสียน้ำมากๆ จะทำให้เกิดลักษณะเหี่ยว และอาจทำให้ผลมะม่วงสุกผิดปกติไม่สม่ำเสมอ เมื่อสุกแล้วสีไม่สวย และรสชาติไม่ดีด้วย เป็นต้น

2.6.2 การหายใจ มะม่วงเป็นผลไม้ชนิดบ่มสุก (climacteric fruit) เมื่อผลมะม่วงเริ่มสุกจะมีอัตราการหายใจที่เพิ่มสูงขึ้น หรือมี climacteric peak เกิดขึ้น อัตราการหายใจสูงสุดจะเกิดขึ้นหลังการเก็บเกี่ยวประมาณ 2-5 วัน ขณะที่ผลมะม่วงเริ่มจะเปลี่ยนสีและสุกเต็มที่หลังจาก 9 วัน ซึ่งในช่วงนี้อัตราการหายใจจะลดลง รูปแบบของอัตราการหายใจระหว่างการสุกของผลไม้ชนิดบ่มสุก แบ่งออกเป็น 4 ระยะ ได้แก่

2.6.2.1 ระยะ per- climacteric peak ใช้เวลาประมาณ 3 วัน หลังการเก็บเกี่ยว ผลมะม่วงยังมีลักษณะเขียว เนื้อแข็ง และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกมายังมีอัตราต่ำ

2.6.2.2 climacteric rise ระยะเวลายืดออกไปประมาณ 6 วัน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกมาเริ่มเพิ่มขึ้น ผลมะม่วงยังเขียวและเนื้อแข็ง

2.6.2.3 climacteric peak เกิดขึ้นระหว่างวันที่ 6-10 ภายหลังจากเก็บเกี่ยว มีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ปล่อยออกมาสูงสุด ผลมะม่วงเริ่มมีการเปลี่ยนสี (break color) เริ่มอ่อนตัว และมีกลิ่นหอม

2.6.2.4 post-climacteric peak คือ ระยะช่วง 10-14 วันภายหลังจากเก็บเกี่ยว ระยะนี้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกมาจะเริ่มลดลง ผลมะม่วงเปลี่ยนสี และมีกลิ่นหอม เนื้ออ่อนนุ่มและอยู่ในสภาพสุกเหมาะสำหรับการบริโภค หลังจากนั้นผลมะม่วงจะเข้าสู่ระยะเสื่อมสลายพร้อมที่จะเกิดการเน่าเสียโดยอาศัยจุลินทรีย์ต่างๆ ทำให้เกิดการสลายตัวของเนื้อเยื่อ และการตายของเซลล์ภายในเนื้อมะม่วง

ดังนั้นผลไม้ประเภท climacteric จึงสามารถเก็บเกี่ยวผลในระยะแก่จัดแล้วนำมาบ่มให้สุกได้ในภายหลัง เช่นเดียวกับ มะเขือเทศ ละครุด กัลย และทุเรียน เป็นต้น ในบางกรณี ลักษณะการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาไม่ได้ถูกนำมาใช้ประโยชน์กับผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว เช่น เมื่อจะเก็บเกี่ยวผลมะม่วงพันธุ์มหาชนก ผลมะม่วงควรมีอัตราการหายใจต่ำกว่าหรือเท่ากับ 85.5 มิลลิกรัม/กิโลกรัม/ชั่วโมง

ส่วนผลไม้ประเภท non-climacteric คือ ผลไม้ที่เก็บเกี่ยวเมื่อผลสุกพร้อมบริโภค ขณะที่ผลแก่จัดอัตราการหายใจจะลดต่ำลง และหลังการเก็บเกี่ยวแล้วระหว่างกระบวนการสุกจะมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นน้อยมาก อัตราการหายใจค่อนข้างจะคงที่ตั้งแต่ระยะเก็บเกี่ยวจนถึงระยะเสื่อมสลาย รสชาติจะคงที่ อายุการเก็บรักษาจะผันแปรตามชนิดของผลไม้ ถ้าเก็บเกี่ยวผลในระยะที่ยังไม่แก่จัดเต็มที่ จะทำให้ได้ผลที่มีรสชาติเหมือนเดิมตลอด ดังนั้นจึงต้องเก็บเกี่ยวผลไม้ประเภทนี้ตอนที่ผลสุกพร้อมบริโภค เช่น ส้ม สับปะรด มะนาว เงาะ ลำไย ลิ้นจี่ และแตงกวา เป็นต้น

2.6.3 การสังเคราะห์ก๊าซเอทิลีน เอทิลีนเป็น fruit-ripening hormone หน้าทีและกลไกการทำงานของเอทิลีน ในการทำให้ผลไม้สุก เกิดจากมีการสะสมของเอทิลีนภายในผลไม้เพิ่มสูงขึ้นจนมากพอที่จะกระตุ้นให้เกิดการเพิ่มขึ้นของการหายใจ และกระบวนการสุกอื่นๆ ได้ ซึ่งการเพิ่มขึ้น

ของการสร้างเอทิลีนไม่จำเป็นต้องเกิดขึ้นก่อนการเพิ่มขึ้นของการหายใจ แต่ในผลมะม่วงจะสังเคราะห์เอทิลีนเพิ่มขึ้นหลังจากที่อัตราการหายใจถึงจุดสูงสุด และมะม่วงที่แก่ไม่จัดจะสังเคราะห์เอทิลีนได้มากกว่ามะม่วงที่แก่จัด

2.7 การเก็บรักษาผลมะม่วง

2.7.1 การเก็บรักษาโดยใช้อุณหภูมิต่ำ (low temperature storage)

การยืดอายุการเก็บรักษาผลมะม่วงโดยใช้อุณหภูมิต่ำ จะทำให้อัตราการหายใจลดลง กระบวนการเมแทบอลิซึมต่างๆ ภายในเซลล์ของผลมะม่วงลดลง มีอัตราการสุกช้าลง มีผลทำให้ยืดอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น อย่างไรก็ตาม ผลมะม่วงจะเก็บรักษาได้นานหรือไม่ ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายๆอย่าง เช่น ขึ้นอยู่กับพันธุ์ ระยะความแก่ วิธีการเก็บรักษาที่ใช้ วิธีการบรรจุ วัสดุที่ใช้ในการบรรจุและระยะเวลาที่เก็บรักษา อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษาผลมะม่วงประมาณ 12.7 องศาเซลเซียส (55 องศาฟาเรนไฮต์) ซึ่งจะเก็บได้นาน 2-3 สัปดาห์ หากเก็บไว้นานจะเกิด softening ระหว่างการเก็บรักษา และอุณหภูมิใดจะเหมาะสมยังขึ้นอยู่กับพันธุ์และระยะความแก่ด้วย

2.7.2 การเก็บรักษาโดยการควบคุมบรรยากาศ (controlled atmosphere storage; CA-storage)

การเก็บรักษาผลมะม่วงโดยการควบคุมบรรยากาศ หรือการควบคุมบรรยากาศร่วมกับการใช้อุณหภูมิต่ำ ที่มีผลทำให้อัตราการหายใจ เมแทบอลิซึม และการสังเคราะห์ก๊าซเอทิลีนลดลงและลด sensitivity ของผลมะม่วงต่อ ethylene action ด้วย การเก็บรักษาผลมะม่วงด้วยการควบคุมบรรยากาศ โดยทั่วไปมักมีการเพิ่มก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ให้สูงขึ้นและลดปริมาณก๊าซออกซิเจนให้น้อยลง และใช้ควบคู่กับการลดอุณหภูมิ

2.7.3 การเก็บรักษาโดยการเคลือบผิว

เปลือกผลไม้จะทำหน้าที่ปกคลุมและป้องกันอันตรายให้กับส่วนที่อยู่ภายใน การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี และทางกายภาพที่สำคัญของผลไม้สดหลังการเก็บเกี่ยวมักขึ้นอยู่กับสมบัติของผิวหรือเปลือก ซึ่งเกี่ยวข้องกับกระบวนการต่างๆ เช่น การแลกเปลี่ยนก๊าซ การสูญเสียความชื้น การเปลี่ยนแปลงทางด้านเนื้อสัมผัส เซลล์ชั้นนอกสุดของเปลือกคือ อีพิเดอร์มิส

(epidermis) ผนังด้านนอกของเซลล์เหล่านี้มีสารประเภทไข (wax) เคลือบอยู่มากเรียกชั้นนี้ว่า คิวติเคิล (cuticle) หรือนวลของผลไม้ ซึ่งมีส่วนประกอบหลักเป็นสารประเภทไข

นวลของผลไม้หลุดออกได้ง่ายขณะเก็บเกี่ยวหรือทำความสะอาด ซึ่งทำให้เกิดความเสียหายแก่ผลไม้ ทั้งในแง่ของความทนทานต่อสภาพการเก็บรักษาและความสวยงามขณะวางจำหน่าย การเสื่อมคุณภาพจะเร็วกว่าปกติ ดังนั้นการเคลือบผิวเป็นการทดแทนนวลธรรมชาติให้กับผลไม้ ทำให้สูญเสียน้ำและมีการแลกเปลี่ยนก๊าซน้อยลง และชะลอการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสุกของผลไม้

ปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสุกของผลไม้ นั้นประกอบด้วย อุณหภูมิ ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซออกซิเจน รวมทั้งเอทิลีน ซึ่งเป็นฮอร์โมนกระตุ้นกระบวนการสุก ทำให้ผลไม้มีการหายใจ และสร้างเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสุกเพิ่มขึ้น

2.8. การเคลือบผิวผลไม้

สารเคลือบผิวที่บริโภคได้มีการพัฒนาและใช้ประโยชน์มาช้านานแล้ว เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากพืชและสัตว์ เช่น ไขมันพืช โปรตีน และสารสกัดจากสาหร่ายทะเล เป็นต้น การใช้สารเหล่านี้เคลือบผิวผักและผลไม้ อาจใช้สารเคลือบผิวที่บริโภคได้เพียงชนิดเดียว หรือหลายชนิดผสมรวมกัน โดยมีการพัฒนาส่วนผสมให้เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดและให้สะดวกต่อการเคลือบผิว การใช้สารเคลือบผิวควรเลือกชนิดและระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมกับผลไม้แต่ละชนิด นอกจากนี้แล้วค่านิยมของผู้บริโภคปัจจุบันโดยเฉพาะประเทศที่พัฒนาแล้วจะหันมานิยมความเป็นอยู่ที่ใกล้ชิดธรรมชาติมากขึ้น

2.8.1 ชนิดของสารเคลือบผิวที่บริโภคได้

2.8.1.1 แปะ เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากไขมันพืช เช่น แปะข้าวเจ้าและแปะข้าวโพด นอกจากนั้นแล้วยังได้จากรากและลำต้นใต้ดินของพืชบางชนิด เช่น มันฝรั่ง หัว และมันสำปะหลัง เป็นต้น

2.8.1.2 น้ำมันพืช เป็นน้ำมันที่สกัดจากเมล็ดพืช เช่น ถั่วเหลือง ฝ้าย ปาล์ม งา ถั่วลิสง และเมล็ดทานตะวัน เป็นต้น

2.8.1.3 โปรตีน เช่น เจลาติน ซึ่งตามปกติละลายได้ในน้ำร้อน และมีสภาพเป็นเจลใดยืดหยุ่นได้ดี

2.8.1.4 สารสกัดจากสาหร่ายทะเล เช่น อะการ์ ซึ่งละลายได้ดีในน้ำร้อนเมื่อใช้เคลือบผิวผักและผลไม้ จะมีลักษณะเป็นแผ่นใสหุ้มอยู่ด้านนอก

2.8.1.5 สารที่ได้จากกระบวนการหมักจุลินทรีย์ เช่น แชนแทนกัม ซึ่งละลายได้ดีในน้ำเย็น และมีความข้นหนืดมาก

2.8.1.6 พอลิแซ็กคาไรด์อื่นๆ ที่ได้จากพืช เช่น สตาร์ช เซลลูโลส เพกติน และกัม

2.8.1.7 สารสกัดจากสัตว์ เช่น ไคโตซาน ซึ่งเป็นคาร์โบไฮเดรตชนิดหนึ่งที่พบในสัตว์ เช่น เปลือกกุ้งและกระดองปู เป็นต้น

2.8.2 ข้อดีของสารเคลือบผิวที่บริโภคได้

2.8.2.1 มีราคาถูกเมื่อเปรียบเทียบกับแว็กซ์ หรือแผ่นพลาสติกที่ห่อผักและผลไม้ชนิดต่างๆ

2.8.2.2 สามารถล้างออกได้ หรือบริโภคได้เลย ทำให้ปริมาณขยะลดลง

2.8.2.3 สารเคลือบผิวที่บริโภคได้บางชนิดทำให้ผิวของผักและผลไม้ดูสวยงามและดึงดูดความสนใจของผู้บริโภคได้

2.8.2.4 สารเคลือบผิวบางชนิดช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของผักและผลไม้ให้แก่ผู้บริโภคได้โดยเฉพาะสารเคลือบผิวในกลุ่มโปรตีน

2.8.2.5 สารเคลือบผิวที่บริโภคได้บางชนิดเป็นของเหลือใช้ที่มีอยู่เป็นจำนวนมาก เช่น ไคโตซานที่สกัดได้จากเปลือกกุ้ง เป็นต้น

2.8.2.6 สารเคลือบผิวที่บริโภคได้ในกลุ่มไขมันสมบัติในการชะลอการเคลื่อนที่ของน้ำภายในผลผลิตจึงช่วยลดการสูญเสียน้ำ

2.8.2.7 สารเคลือบผิวที่บริโภคได้ในกลุ่มคาร์โบไฮเดรต เช่น สตาร์ช เซลลูโลส เพกติน อะการ์ และกัม สามารถช่วยชะลออัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ

2.9 การเคลือบผิวเพื่อช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลผลิต

การเคลือบผิวเป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลผลิตได้ จัดเป็นการเก็บรักษาผลผลิตแบบดัดแปลงบรรยากาศ เพราะการเคลือบผิวเป็นการกำจัดการแลกเปลี่ยนก๊าซภายในผลผลิตทำให้ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเกิดจากการหายใจมีมาก และมีผลยับยั้งการทำงานของเอทิลีน

2.9.1 ไคโตซาน(chitosan)

ไคโตซานเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง และเป็นอนุพันธ์ชนิดหนึ่งของไคติน (chitin) ที่ได้จากการทำปฏิกิริยาดังหมูอะซีติลของไคตินในสารละลายต่างเข้มข้น ไคตินและไคโตซานเป็นสารประกอบในธรรมชาติที่พบเป็นองค์ประกอบของโครงสร้างเปลือกนอกของสัตว์ทะเลจำพวก กุ้ง ปู และแกนหมึกนอกจากนี้ยังพบในเปลือกของแมลง ผนังเซลล์ของเห็ดรา และสาหร่ายบางสายพันธุ์ ซึ่งมีมนุษย์สัมผัสและบริโภคสารนี้อยู่ตลอดเวลา จึงสามารถยืนยันได้ว่าสารนี้มีความปลอดภัย และไม่เป็นพิษต่อผู้บริโภค

ประโยชน์ของไคโตซาน

เนื่องจากไคโตซาน มีสมบัติที่สามารถละลายได้ดีในตัวทำละลายกรดเจือจางจึงสะดวกต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ซึ่งแตกต่างจากไคตินที่มีข้อจำกัดในการละลายด้วยตัวทำละลายต่างๆรวมถึงสมบัติที่สำคัญของไคโตซานคือ สามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มใส ยืดหยุ่น และเหนียวสามารถบริโภคได้ และทนต่ออุณหภูมิสูง ดังนั้นในการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่ได้จากไคโตซานจึงมีเป็นจำนวนมากและก่อให้เกิดประโยชน์หลายด้าน ได้แก่ วัสดุทางการแพทย์ การบำบัดน้ำเสีย อาหารสัตว์ เส้นใยสังเคราะห์ อาหารเสริม เครื่องสำอาง การเคลือบเมล็ดพันธุ์พืช สารเร่งการเจริญเติบโต ปุ๋ย และการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์หลังการเก็บเกี่ยวประโยชน์ของไคโตซานทางด้านวิทยาหลังการเก็บเกี่ยว ได้แก่ การเคลือบผิวผลไม้เพื่อยืดอายุการเก็บรักษา และมีผลยับยั้งการเกิดโรคหลังการเก็บเกี่ยว

2.9.2 คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส

เป็นไฮโดรคอลลอยด์กึ่งอนุพันธ์สังเคราะห์ของสารประกอบที่ได้จากธรรมชาติ เกิดจากปฏิกิริยาการแทนที่ไฮโดรเจนอะตอมที่หมู่ไฮดรอกซิลด้วยหมู่คาร์บอกซีเมทิล ได้เป็นอนุพันธ์ของเซลลูโลสอีเทอร์ โดยคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสเป็นอนุพันธ์เซลลูโลสอีเทอร์ที่อยู่ในรูปเกลือโซเดียม คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส อาจเรียกว่า เซลลูโลสกัม (cellulose gum) หรือใช้ชื่อย่อว่า CMC เป็นพอลิเมอร์ชนิดประจุลบที่ละลายได้ในน้ำ เนื่องจากการเตรียม CMC ทำได้โดยใช้เซลลูโลสบริสุทธิ์มาทำปฏิกิริยากับโซเดียมไฮดรอกไซด์ เพื่อให้เส้นใยเซลลูโลสพองตัวออกได้เป็นสารละลายเซลลูโลสในด่าง แล้วทำปฏิกิริยาต่อกับโซเดียมโมโนคลอโรอะซิเตตได้เป็นโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส

ประโยชน์ของคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส

การใช้ประโยชน์ของ CMC ในทางอุตสาหกรรมอาหารจะใช้เติมลงในอาหารเพื่อให้มีพลังงานต่ำ (low calorie food) โดยทำหน้าที่เป็น bulking agent นอกจากนี้โซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสยังสามารถนำมาทำเป็นฟิล์มใส และมีความแข็งแรงโดยไม่มีผลกระทบจากน้ำมัน และตัวทำละลายอินทรีย์ ประโยชน์ของ CMC ทางวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวคือ การเคลือบผิวผลไม้เพื่อช่วยยืดอายุการเก็บรักษา และมีผลยับยั้งการเกิดโรคหลังการเก็บเกี่ยว เช่น โรคที่เกิดจากเชื้อรา เป็นต้น

2.9.3 แวกซ์

ไข (wax) คือสารในกลุ่มลิพิด (lipid) ไขที่พบในธรรมชาติเป็นเอสเทอร์ของกรดไขมันกับแอลกอฮอล์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงและเป็นแอลกอฮอล์ที่มีหมู่ไฮดรอกซิลเพียงหมู่เดียว (monohydric alcohol) มีจุดหลอมเหลวสูงเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง

ในอดีตจนถึงปัจจุบันแวกซ์ถูกนำมาใช้ในวงการเกษตรกรรมอย่างแพร่หลาย เพื่อเพิ่มมูลค่าผลผลิตทางการเกษตรโดยการแวกซ์เคลือบผิวผักและผลไม้ เพื่อทดแทนไขตามธรรมชาติ มีวัตถุประสงค์เพื่อ ช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักจากการคายน้ำ ลดการหายใจทำให้สุกช้าลง จึงเป็นการยืดอายุการเก็บรักษาผลไม้ให้นานขึ้น นอกจากนี้การแวกซ์ยังช่วยเพิ่มแรงงูจให้ผู้บริโภคตัดสินใจซื้อ เนื่องจากผักและผลไม้ที่แวกซ์จะมีความเงางาม สีสันแวววาว ทั้งนี้การเลือกแวกซ์สำหรับงานเคลือบผักและผลไม้ต้องพิจารณาชนิดของผักและผลไม้เป็นสำคัญ เนื่องจากผักและ

ผลไม้แต่ละชนิด มีอัตราการหายใจและการคายน้ำที่แตกต่างกัน ซึ่งแว็กซ์แต่ละชนิดนั้นมียึดการซึมผ่านน้ำและแก๊สที่แตกต่างกันด้วยเช่นกัน (จรรยา, 2555)

แว็กซ์หรือสารเคลือบผิวที่ใช้กันเป็นหลักนั้น มี 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ แว็กซ์จากธรรมชาติ ได้มาจากพืช เช่น แว็กซ์คาร์นาวาบา (Carnauba wax หรือ Brazil wax) เป็นแว็กซ์ที่สกัดมาจากใบของต้นปาล์ม และแว็กซ์ที่ได้มาจากสัตว์ เช่น สารไคโตซาน (Chitosan) ที่สกัดได้จากกระดองปู กระดองของหมี และเปลือกของกุ้ง บีแว็กซ์ (Bee wax) ได้มาจากขี้ผึ้ง มด ครั่ง หรือเซลแลค (Shellac) และแว็กซ์จากสารสังเคราะห์ เป็นแว็กซ์ที่ได้จากการกลั่นปิโตรเลียม เป็นแว็กซ์ที่รับประทานได้ เช่นกัน เช่น พอลิเอทิลีน แว็กซ์ (Polyethylene wax) พอลิเอทิลีน ไกลคอล (Polyethylene glycol) (สุนทร, 2556)

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อภิธา บุญศิริ (2558) ได้ศึกษาการใช้สารเคลือบผิวที่บริโภคได้สำหรับเคลือบเนื้อทุเรียนตัดแต่งสดโดยใช้คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (carboxymethyl cellulose : CMC) ทดแทนเจลาตินจะทำให้สามารถนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารฮาลาล ผลการทดลองพบว่าสารเคลือบผิวที่บริโภคได้ที่มีส่วนประกอบ CMC ที่เหมาะสมสำหรับเคลือบเนื้อทุเรียนตัดแต่งสด คือสูตรที่ประกอบด้วย CMC เกรดการค้า (CMC-com) หรือที่สกัดจากเปลือกทุเรียน (CMC-Dr) 0.25 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก การพ่นเนื้อทุเรียนด้วยสารเคลือบบริโภคได้ CMC-com CMC-Dr และสารเคลือบที่มีส่วนประกอบของ เจลาติน RediFresh (RF1) สามารถยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อทุเรียนได้นาน 15 วัน ขณะที่เนื้อทุเรียนไม่ผ่านการพ่นเคลือบ (ชุดควบคุม) มีอายุการเก็บรักษาเพียง 10 วัน การเคลือบเนื้อช่วยลดการเหี่ยว และทำให้มีลักษณะปรากฏดีกว่าเนื้อที่ไม่ผ่านการเคลือบ การเคลือบผิวทำให้กลิ่นหอมซึ่งเป็นสารระเหยของทุเรียนลดลงเพียงเล็กน้อย โดยไม่เกิดกลิ่นและรสชาติผิดปกติ ผู้ทดสอบชิมจำนวน 12 คนยังคงยอมรับเนื้อทุเรียนทั้งที่ไม่เคลือบและเคลือบสารเคลือบผิวที่บริโภคได้ อย่างไรก็ตาม ผลการตรวจสอบการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ก่อโรค ของเนื้อทุเรียนที่เก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน พบว่า เนื้อทุเรียนที่ไม่ผ่านการเคลือบตรวจพบยีสต์ภายใต้มาตรฐานกำหนด แต่พบ total bacterial plate count และราเกินมาตรฐานกำหนด ขณะที่เนื้อทุเรียนที่เคลือบด้วยสารเคลือบผิว

ที่ปริภาคได้ ที่มีส่วนผสม CMC-COM CMC-Dr หรือ RF1 ที่มีส่วนผสมของเจลาติน ตรวจพบเพียง total bacterial plate count แต่ยังคงอยู่ภายใต้มาตรฐานกำหนด

ปรางค์ทอง กวานห้อง (2557) ได้ศึกษาผลของไคโตซานความเข้มข้นต่ำต่อคุณภาพการเก็บรักษาชมพูพันธุ์ทองสามสี โดยนำผลิตผลชมพู มาสเปรย์ด้วยน้ำสะอาดหรือสารละลายไคโตซานชนิด CH1 (ขนาดโมเลกุล 100,000 ดาลตัน) หรือ CH3 (ขนาดโมเลกุล 50,000 ดาลตัน) ความเข้มข้น 10 หรือ 50 ppm ก่อนนำไปบรรจุและเก็บรักษาที่ 12°C. เปรียบเทียบกับการไม่ล้างผลชมพู พบว่าวิธีการสเปรย์ด้วยสารละลายไคโตซานหรือน้ำในลักษณะเป็นละอองบนผิวของชมพูไม่ส่งผลเสียต่อคุณภาพการเก็บรักษาชมพู อีกทั้งยังมีแนวโน้มในการช่วยลดการสูญเสียน้ำหนัก ชะลอการเปลี่ยนสีผล และรักษาความสด ทำให้ผลชมพู มีคุณภาพภายนอกเป็นที่ยอมรับได้ดีกว่าผลที่ไม่ถูกสเปรย์เมื่อเก็บรักษานาน 15 วัน

ณัฐชา ใจดี (2555) ได้ศึกษาผลของคลอรีน กรดแอสคอร์บิก และไคโตซานต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาลิ้นจี่ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการผสมผสานระหว่างคลอรีน กรดแอสคอร์บิก และไคโตซาน ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาลิ้นจี่พันธุ์สงฮวย (Litchi chinenses Sonn. cv. Hong Huay). โดยนำลิ้นจี่จาก สวนของเกษตรกรอำเภอมะเอย จ.พะเยา มาล้างด้วยคลอรีน 200 มิลลิกรัมต่อลิตร แช่ในกรดแอสคอร์บิก 2 เปอร์เซ็นต์เคลือบผิวด้วยไคโตซาน 0.5 เปอร์เซ็นต์และการผสมผสานระหว่างการล้างด้วยคลอรีนร่วมกับแช่ในกรดแอสคอร์บิก ล้างด้วยคลอรีนร่วมกับเคลือบผิวไคโตซาน และล้างด้วยคลอรีนร่วมกับแช่ในกรดแอสคอร์บิกร่วมกับสารเคลือบผิวไคโตซาน และแนะนำกรรมดาสำหรับชุดควบคุม หลังจากนั้นฝังให้แห้ง บรรจุในกล่องพลาสติกหุ้มด้วยพลาสติกโพลีไวนิลคลอไรด์ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ($25\pm 2^{\circ}\text{C}$, $68\pm 2\%\text{RH}$) หรืออุณหภูมิต่ำ ($5\pm 2^{\circ}\text{C}$, $93\pm 2\%\text{RH}$) ผลการศึกษาพบว่าการล้างด้วยคลอรีน การแช่ในกรดแอสคอร์บิก และการเคลือบผิวด้วยไคโตซาน และการผสมผสาน ระหว่างการล้างคลอรีนและการแช่ในกรดแอสคอร์บิก และการเคลือบผิวด้วยไคโตซานช่วยรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาผลลิ้นจี่ได้ดีกว่าชุดควบคุม โดยมีอายุเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิต่ำเป็นเวลา 9-10 วัน และ 35-44 วันตามลำดับ ในขณะที่ชุดควบคุมเก็บรักษาได้นาน 8 และ 31 วันเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิต่ำ โดยที่การผสมผสานระหว่างล้างด้วยคลอรีนร่วมกับการแช่ในกรดแอสคอร์บิก และ

การผสมผสานระหว่างการล้างคลอรีนร่วมกับการเคลือบผิวด้วยไคโตซาน ช่วยรักษาคุณภาพและยืดอายุผลผลิตที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและ อุณหภูมิต่ำได้นานที่สุด 10 และ 44 วัน ตามลำดับ

อุษณา ไตรนอก (2555) ได้ศึกษาผลของไคโตซานต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและอายุการเก็บรักษาของมะม่วงพันธุ์มหาชนก มะม่วงพันธุ์มหาชนก เป็นมะม่วงที่เหมาะสมสำหรับการส่งออกและกำลังได้รับความนิยมจากตลาดต่างประเทศ แต่อย่างไรก็ตามผลมะม่วงมีการสูญเสียจากการเกิดโรคหลังการเก็บเกี่ยวและมีอายุการเก็บรักษาสั้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของไคโตซานที่มีต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและอายุการเก็บรักษาของมะม่วงพันธุ์มหาชนก โดยการเคลือบผิวมะม่วงด้วยไคโตซานที่ความเข้มข้น 0.5, 1, 1.5 และ 2 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับชุดควบคุม (ไม่ได้เคลือบผิว) จำนวน 4 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ผล ก่อนนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (29 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80 ± 2 เปอร์เซ็นต์) ผลการทดลองพบว่าการใช้ไคโตซานทุกความเข้มข้นสามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงสี ลดการเกิดโรค และสามารถยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงได้ นอกจากนี้การใช้ไคโตซานที่ความเข้มข้น 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ พบเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคน้อยที่สุดและสามารถยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงได้นาน 14 วัน

ศิริกานต์ ศรีวัชรรัตน์ (2555) ได้ศึกษาผลของสารเคลือบผิวบางชนิดต่อคุณภาพของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ระหว่างการเก็บรักษา วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาผลของสารเคลือบผิวบางชนิดต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ทำการทดลองในมะม่วงที่ผ่านการจุ่มน้ำร้อน (hot water treatment) ที่อุณหภูมิ 54°C นาน 5 นาที โดยใช้สารเคลือบผิว 4 ชนิด ได้แก่ สารเคลือบผิวคาร์บูนาความเข้มข้น 20% oxidized polyethylene (OPE) ความเข้มข้น 25% ไคโตซาน ความเข้มข้น 1.5% และ carboxymethyl cellulose (CMC) ความเข้มข้น 1% เปรียบเทียบกับมะม่วงที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว (control) จากนั้นหุ้มผลมะม่วงด้วยฟองกันกระแทกแล้วบรรจุลงในกล่องกระดาษลูกฟูกก่อนเก็บรักษาที่ อุณหภูมิ 12°C ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95% พบว่า มะม่วงที่เคลือบด้วยคาร์บูนาและ OPE ผิวมะม่วงมีลักษณะเป็นมันเงาเล็กน้อย ส่วนมะม่วงที่เคลือบด้วยไคโตซานและ CMC มีลักษณะด้านไม่มันเงาไม่มีความแตกต่างจากมะม่วงที่ไม่เคลือบผิว สารเคลือบผิวคาร์บูนาและ OPE ช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงสีผิว การเกิดโรค และชะลอการสุกของมะม่วงได้ เมื่อเปรียบเทียบกับไคโตซาน CMC

และ control โดยสามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 °C ได้นาน 25 วัน และเมื่อย้ายมาเก็บที่อุณหภูมิห้อง (25 °C) มะม่วงสามารถสุกได้ปกติมีกลิ่นและรสชาติเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

3.3 สารเคมี

3.3.1 สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ (sodium hypochlorite, NaOCl)

3.3.2 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide, NaOH)

3.3.3 โซเดียมไบคาร์บอเนต (sodium bicarbonate, NaHCO_3)

3.3.4 กรดออกซาลิก (oxalic acid)

3.3.5 วิตามินซีมาตรฐาน

3.3.6 2,6-dichlorophenol-indophenol

3.4 การเตรียมสาร CMC จากเปลือกข้าวโพด

การเตรียมสาร CMC จากเปลือกข้าวโพด

ชั่งผงข้าวโพด 5 g บีบคั้นน้ำคั้น 8 g ละลายด้วยโพพานอล 20 ml เสร็จแล้วนำผงข้าวโพดที่ชั่งไว้มาเติมในสารที่เตรียมไว้ คนให้เข้ากันแล้วตั้งทิ้งไว้ 30 นาที พอลบ 30 นาทีนำไปอบในเครื่อง Hot air oven ที่อุณหภูมิ 55 °C เป็นเวลา 30 นาที พอลบ 30 นาที นำไปปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 100 ml จากนั้นนำไปปรับ pH ด้วยกรดซิตริกให้ได้ pH=7 แล้วนำมากรองด้วยผ้าขาวบางแล้วล้างด้วยแอลกอฮอล์ 95% จำนวน 20 ml นำไปอบที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 5 ชั่วโมง เมื่อครบ 5 ชั่วโมงแล้ว นำของเหลวที่ได้ไปเติมกลีเซอรอลที่มีความเข้มข้นร้อยละ 25 และ 30 จำนวน 30 ml

3.5 การประเมินผล

ใช้มะม่วงน้ำดอกไม้ที่มีร้อยละความแก่เท่ากับ 80 ควรใช้ชุดการผลิต (lot) เดียวกันทั้งหมด เพื่อลดความแปรปรวนของผลการทดลอง โดยคัดเลือกผลที่มีขนาดใกล้เคียงกัน น้ำหนักเฉลี่ย 260-300 กรัมต่อผล ไม่มีบาดแผล ไม่บอบช้ำ และปราศจากโรคแมลงนำมาทำการตัดก้านเพื่อให้ยางไหลก่อน

ล้างทำความสะอาดในน้ำที่ผสมสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ ความเข้มข้น 200 ppm โดยใช้ฟองน้ำถูผลเบาๆ เพื่อทำความสะอาด ช่วยกำจัดยางที่เลอะเปรอะเปื้อนออก ช่วยกำจัดสารเคมีที่เป็นพิษบางส่วนที่ติดอยู่ตามผิวของมะม่วง ตลอดจนเชื้อโรคที่ติดมากับผิวด้วย

3.6 การเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว

นำมะม่วงที่ล้างทำความสะอาดเรียบร้อยแล้ว มาเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวทั้งหมด 3 ชนิดคือ ซิปด้า แวกซ์ (Zivdar Wax, ZW) ซึ่งเป็นสารเคลือบผิวเชิงการค้า จากบริษัท เนเจอร์ไบรท์ จำกัด และคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่มีการใช้กลีเซอรอลร้อยละ 25 (CMC_g25%) และร้อยละ 30 (CMC_g30%) เป็นสารเติมแต่งให้เกิดความยืดหยุ่น โดยมีมะม่วงที่ไม่เคลือบผิวเป็นชุดทดลองควบคุม (Control) จากนั้นจึงผลมะม่วงให้แห้งซึ่งน้ำหนักผล ใ้ตาข่ายโพลีเอทิลีนห่อผลไม่วางเรียงลงในกล่องกระดาษ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส

3.7 การวิเคราะห์คุณภาพ

นำมะม่วงที่เคลือบผิวเรียบร้อยแล้ว และมะม่วงชุดควบคุม ที่อายุการเก็บรักษาทุกๆ 5 วัน มาทำการวิเคราะห์คุณภาพ ดังนี้

3.7.1 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

3.7.1.1 การสูญเสียน้ำหนัก (% weight loss)

วัดการสูญเสียน้ำหนักโดยชั่งน้ำหนักผลมะม่วงก่อนเก็บรักษา (วันที่ 0) และหลังเก็บรักษา แล้วนำไปคิดเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักจากสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก} = \frac{(\text{น้ำหนักเริ่มต้น} - \text{น้ำหนัก ณ วันที่ตรวจ}) \times 100}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น}}$$

3.7.1.2 การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและสีเนื้อมะม่วง

วัดการเปลี่ยนแปลงสีของเปลือกและเนื้อของมะม่วงโดยใช้เครื่องวัดสี รุ่น Color Flex EZ วัดสีเปลือกด้านนอกของผลมะม่วงด้านละ 3 ตำแหน่งคือ ส่วนบน ส่วนกลาง และส่วนล่างของผลมะม่วง และวัดสีเนื้อด้านนอกและด้านในของเนื้อผลมะม่วง ทำการวัดสี 3 ตำแหน่งคือ ส่วนบน ส่วนกลาง และส่วนล่างของผลมะม่วง รายงานค่าสีที่วัดได้เป็นค่า L* a* และ b* เมื่อ

L* เป็นค่าที่แสดงความมืดและความสว่างของสี โดยมีค่าตั้งแต่ 0-100

ค่า L* ที่ต่ำแสดงว่าวัตถุมีสีคล้ำ (L* = 0 มีสีดำ) ส่วนค่า L* ที่สูงแสดงว่ามีความสว่างมาก (L* = 100 มีสีขาว)

a* เป็นค่าแสดงสีเขียวและสีแดง ค่าเป็นบวก=วัตถุเป็นสีแดง ค่าเป็นลบ=

วัตถุดิบสีเขียว

b^* = เป็นค่าแสดงสีน้ำเงินและสีเหลือง ค่าเป็นบวก = วัตถุดิบสีเหลือง ค่าเป็นลบ = วัตถุดิบสีน้ำเงิน

3.7.2 การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

3.7.2.1 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total soluble solids, TSS) และค่าความเป็นกรดต่าง (pH)

นำผลมะม่วงมาปอกเปลือกเอาแต่ส่วนเนื้อ นำตัวอย่างเนื้อมะม่วงมาคั้นน้ำออก แล้วนำมาวัดด้วยเครื่อง Hand refractometer ซึ่งมีสเกลวัดค่าได้ระหว่าง 0-32% โดยใช้ น้ำกลั่นปรับให้อ่านค่าได้ 0 ก่อนใช้วัดตัวอย่างน้ำมะม่วงทุกครั้งและนำตัวอย่างเดียวกันนั้นมาวัดค่า pH ด้วยเครื่อง pH meter

3.7.2.2 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (titratable acidity, TA)

วิเคราะห์ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ทั้งหมดในเนื้อมะม่วง โดยวิธีไทเทรตด้วยสารละลายต่างมาตรฐาน และคำนวณผลในรูปของกรดซิตริกต่อ 100 กรัมเนื้อมะม่วง โดยใช้สูตรดังนี้

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

3.7.3.3 การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซี

วิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีในเนื้อมะม่วงโดยวิธีการไทเทรตด้วย 2,6-dichlorophenol-indophenol

ชั่งตัวอย่างเนื้อมะม่วง 10 กรัม ใส่ในเครื่องปั่น เติมสารละลายกรดออกซาลิกลงไป ปั่นให้เข้ากัน ปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตรในขวดปรับปริมาตร แล้วกรองปิเปตของเหลวที่กรองได้มา 10 มิลลิลิตร ไทเทรตด้วยสารละลายอินโดฟีนอล จนกระทั่งได้สีชมพูอ่อน ซึ่งจะคงตัวนานกว่า 15 วินาที บันทึกปริมาตรของสารละลายอินโดฟีนอลที่ใช้ ทำการทดลองตัวอย่างละ 3 ซ้ำ และนำค่าที่ได้มาคำนวณหาปริมาณวิตามินซีเป็นมิลลิกรัมต่อ 100 กรัมของเนื้อมะม่วง ดังนี้

$$\text{ปริมาณวิตามินซี (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม เนื้อมะม่วง)} = \frac{V \times A \times 1}{V \times B \times W}$$

V_1 คือปริมาตรสารตัวอย่างที่เตรียม (มิลลิลิตร)

V_2 คือปริมาตรสารตัวอย่างที่นำมาไทเทรต (มิลลิลิตร)

A คือปริมาตรของสารละลายอินโดฟีนอลที่ใช้ไทเทรตตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

B คือปริมาตรของสารละลายอินโดฟีนอลที่ใช้ไทเทรตสารละลายวิตามินซีมาตรฐาน (มิลลิลิตร)

W คือน้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)

3.7.3.4 อัตราส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ (TSS/TA)

คำนวณหาอัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) และปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ (TA)

3.7.3 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ให้ผู้ทดสอบจำนวน 15 คน ทำการทดสอบและให้คะแนนความชอบในลักษณะทางประสาทสัมผัสต่างๆ ได้แก่ สี เนื้อสัมผัส กลิ่น รสชาติ และการยอมรับโดยรวม ใช้วิธีทดสอบแบบ 9-point hedonic scale ซึ่งมีระดับการให้คะแนน ดังนี้

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

บทที่ 4

ผลการวิจัย และอภิปรายผล

การเคลือบผิวผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองด้วยสารเคลือบผิวที่บริโภคได้ 3 ชนิดคือ ซิฟต้าแว็กซ์ (ZIVDAR WAX; ZW), คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่มีการใช้กลีเซอรอลร้อยละ 25 เป็นสารเติมแต่งที่ทำให้เกิดการยืดหยุ่น(CMC_{gl} 25%) และ คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่มีการใช้กลีเซอรอลร้อยละ 30 เป็นสารเติมแต่งที่ทำให้เกิดการยืดหยุ่น(CMC_{gl} 30%) แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน สารเคลือบผิวที่บริโภคได้ทั้ง 3 ชนิดมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ทางเคมี ดังต่อไปนี้

4.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

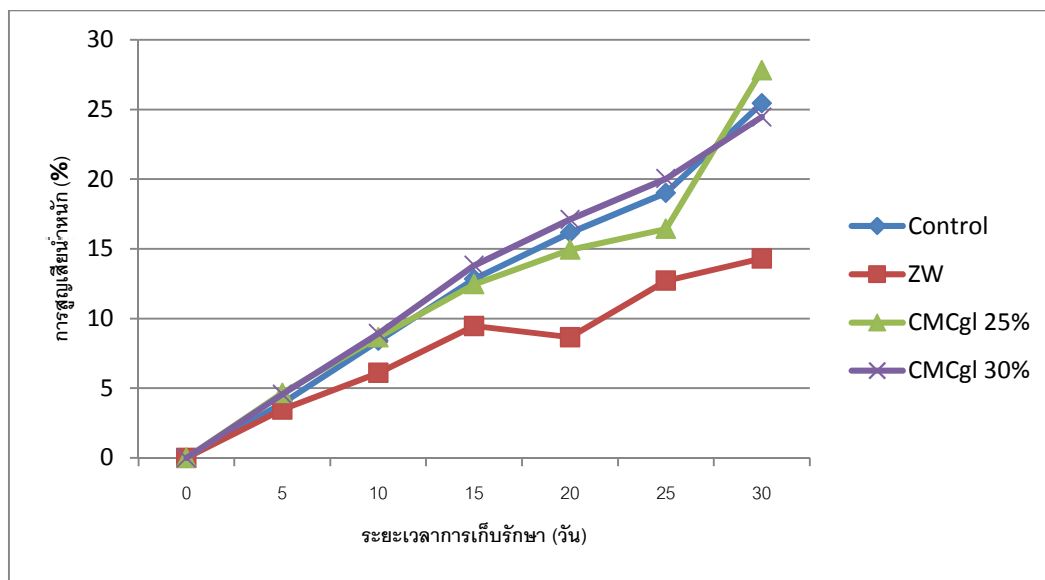
4.1.1 การสูญเสียน้ำหนัก (weight loss)

ผลการวิเคราะห์การสูญเสียน้ำหนักของผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบที่บริโภคได้ 3 ชนิด แสดงในรูปภาพที่ 4.1 ผลการทดลองพบว่า ผลมะม่วงทุกชุดการทดลองมีปริมาณการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มมากขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาการเคลือบผิวผลมะม่วงด้วย ZW CMC_{gl} 25% และ CMC_{gl} 30% ช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักได้ดี โดยเฉพาะ ZW ช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักของผลมะม่วงได้ดีที่สุด

ระหว่างการเก็บรักษา 30 วัน ผลมะม่วงที่เคลือบด้วย ZW มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุดเท่ากับ $14.32 \pm 1.96\%$ รองลงมาคือผลมะม่วงที่เคลือบด้วย CMC_{gl} 25% Control และ CMC_{gl} 30% มีการสูญเสียน้ำหนัก เท่ากับ 16.45 ± 2.89 19.03 ± 2.13 และ 20.05 ± 1.96 ตามลำดับ

การสูญเสียน้ำหนักของผลไม้ส่วนใหญ่เกิดจากการสูญเสียน้ำ เนื่องจากความแตกต่างของความชื้นสัมพัทธ์และความดันไอ (Vapor pressure) ระหว่างน้ำภายในผลไม้กับอากาศที่อยู่รอบๆ ทำให้น้ำเคลื่อนที่ออกจากภายในผลไม้สู่อากาศภายนอกได้ การเคลือบผิวผลมะม่วงด้วยสารเคลือบผิวที่บริโภคได้ จึงสามารถลดการสูญเสียน้ำหนักได้ เนื่องจากการเคลือบด้วยสารเคลือบผิวช่วยไปเคลือบปิดช่องเปิดตามธรรมชาติของผิวผลไม้ รวมถึงบาดแผล และรอย

แผลจากข้าวผลที่ถูกตัด ซึ่งมีการสูญเสียน้ำหนักประมาณ 90% เกิดขึ้นโดยผ่านทางรอยแผลจากข้าวผลที่ถูกตัด จึงส่งผลให้การสูญเสียน้ำหนักของผลไม้ลดลงน้อย และอัตราการสูญเสียน้ำหนักลดลง 30-50% ในสภาพการเก็บรักษาทางการค้าโดยทั่วไป (จริงแท้, 2544)



ภาพที่ 4.1 การสูญเสียน้ำหนักของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการเคลือบผิว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส

4.1.2 การวิเคราะห์สีเปลือกของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง

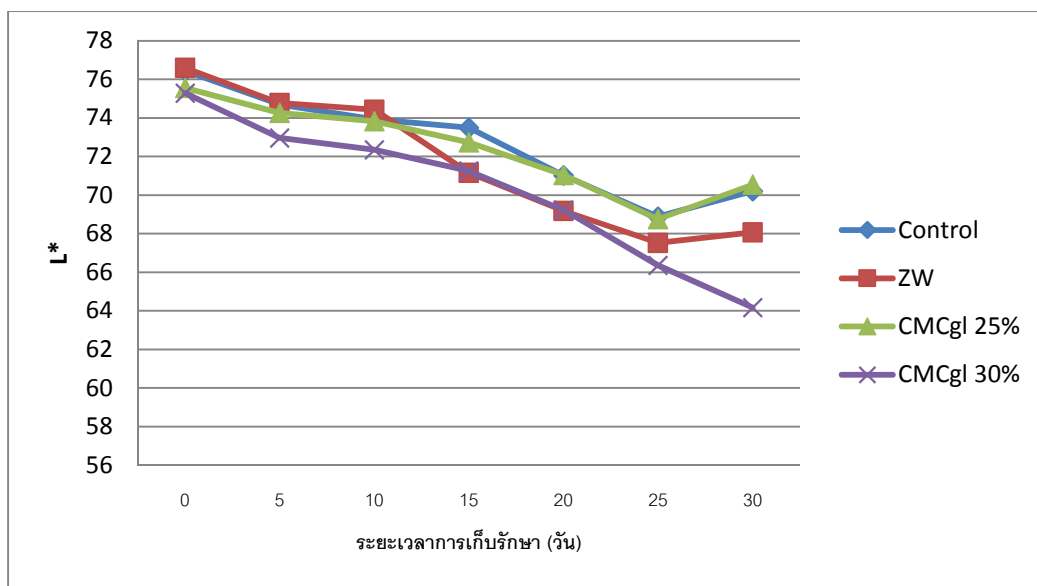
ผลการวิเคราะห์ค่า L^* , a^* , b^* ของเปลือกผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบที่บริโภคได้ 3 ชนิด แสดงอยู่ในรูปที่ 4.2 ถึง 4.4

ผลการทดลองพบว่าในระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 30 วัน ค่า L^* ของเปลือกมะม่วงมีการลดลงอย่างต่อเนื่อง และผลมะม่วงที่เคลือบด้วย CMC_{gl} 30% มีค่า L^* น้อยที่สุด เท่ากับ 64.17 ± 3.20 รองลงมา ได้แก่ ZW control และ CMC_{gl} 25% โดยมีค่า L^* เท่ากับ 68.06 ± 1.88 70.21 ± 1.58 และ 70.55 ± 1.59 ตามลำดับ

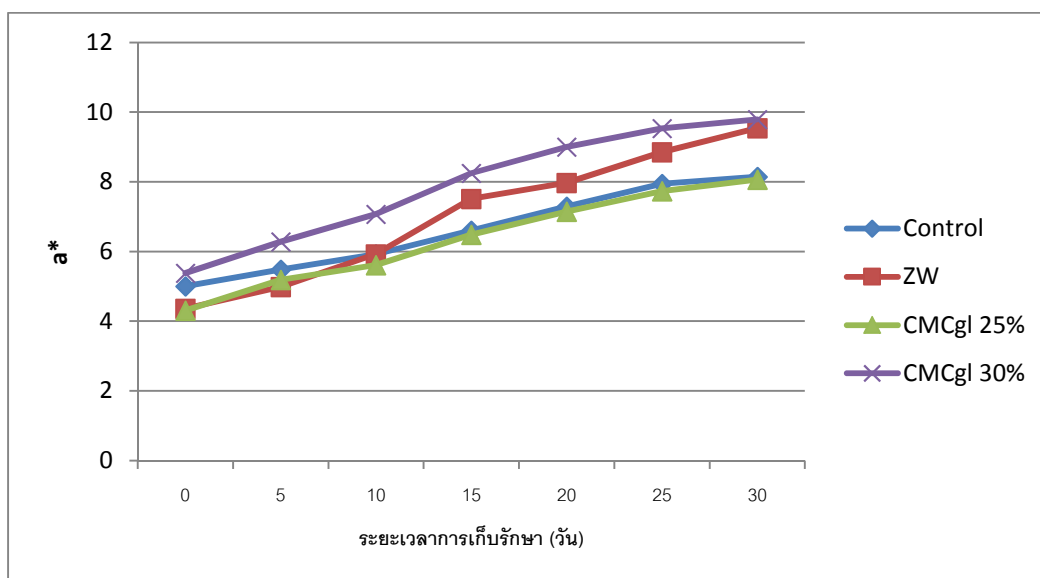
ผลการวิเคราะห์ค่า a^* ของเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานาน 30 วัน ผลมะม่วงที่เคลือบด้วยผิวสารเคลือบ CMC_{gl} 25% มีค่า a^* น้อยที่สุด เท่ากับ 8.06 ± 0.77 รองลงมา ได้แก่ control ZW และ CMC_{gl} 30% โดยมีค่า a^* เท่ากับ 8.15 ± 1.69 9.54 ± 0.60 และ 9.79 ± 1.02 ตามลำดับ แสดงว่ามีแดงเพิ่มขึ้น

ผลการวิเคราะห์ค่า b^* ของเปลือกมะม่วงนำดอกไม้สีทอง ในแต่ละชุดการทดลองมีการเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 30 วัน แสดงว่าเปลือกมีสีเหลืองเพิ่มขึ้น ผลมะม่วงที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว ZW มีค่า b^* มากที่สุดและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) เท่ากับ 46.77 ± 2.77 ในขณะที่ผลมะม่วงนำดอกไม้สีทองที่เคลือบผิวด้วย CMC_{gl} 30% control และ CMC_{gl} 25% ค่า b^* ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$) โดยมีค่า b^* เท่ากับ 43.25 ± 3.52 42.36 ± 2.68 และ 41.76 ± 1.62 ตามลำดับ

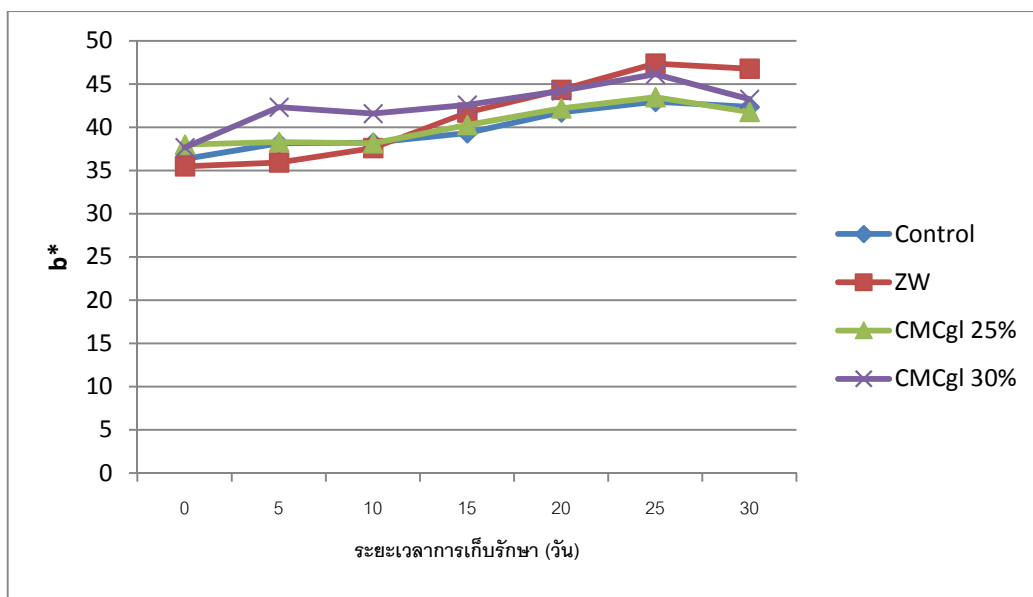
การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกจัดเป็นการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของผลมะม่วงในระหว่างการสุกที่เห็นได้ชัดเจน โดยผลมะม่วงอยู่ในระยะแก่จัดและสุก จะมีการเปลี่ยนแปลงทางสีเปลือกจากสีเขียวไปเป็นสีเหลือง ซึ่งเป็นผลมาจากการสลายโมเลกุลของคลอโรฟิลล์ เปลือกผลมะม่วงจึงเปลี่ยนไปเป็นสีเหลือง (คิวพร, 2539) ส่วนการเคลือบผิวผลมะม่วงด้วยสารเคลือบผิว มีผลทำให้เกิดสภาพดัดแปลงบรรยากาศ มีการแลกเปลี่ยนก๊าซลดน้อยลง ปริมาณก๊าซออกซิเจนในผลมะม่วงจึงลดลงเพราะมีการหายใจ และปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สูงเพิ่มขึ้นจะไปขัดขวางการทำงานของเอทิลินที่เป็นฮอร์โมนเร่งการสุกของผลไม้ (จริงแท้, 2544) และเมื่อผลมะม่วงสุกช้าลงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกลดลงนอกจากนั้นเอทิลินยังสามารถกระตุ้นให้เกิดการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ ดังนั้นการขัดขวางการทำงานของเอทิลินในผลมะม่วงจึงช่วยชะลอการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ด้วย จึงทำให้สีเปลือกยังคงมีสีเขียวและผลมะม่วงไม่ปรากฏสีเหลือง เนื่องจากแคโรทีนอยด์ (Carotenoids) ซึ่งเป็นรงควัตถุสีเหลืองถูกสีเขียวของคลอโรฟิลล์บดบังไว้



ภาพที่ 4.2 ค่าสี L^* ของเปลือกมะม่วงนำดอกไม้สีทองที่ผ่านการเคลือบผิว
เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 4.3 ค่าสี a^* ของเปลือกมะม่วงนำดอกไม้สีทองที่ผ่านการเคลือบผิว
เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 4.4 ค่าสี b^* ของเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการเคลือบผิว
เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส

4.1.3 ผลการวิเคราะห์ค่าสี L^* a^* b^* ของสีเนื้อมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง

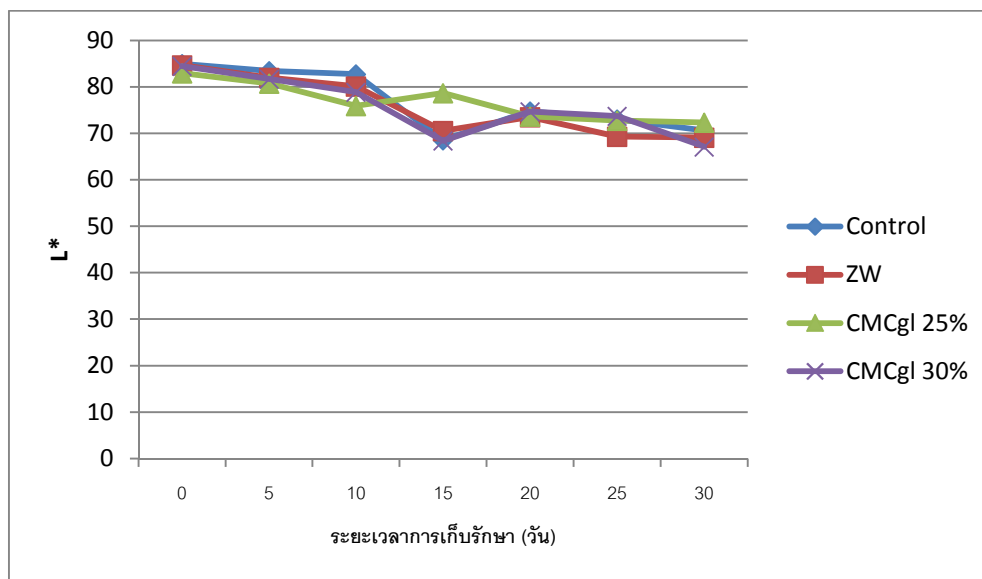
ผลการวิเคราะห์ค่าสี L^* a^* b^* ของสีเนื้อมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบที่บริโภคได้ 3 ชนิด แสดงในรูปที่ 4.5 ถึง 4.7

ผลการทดลองพบว่าค่า L^* ของสีเนื้อมะม่วงระหว่างผลมะม่วงที่เคลือบผิวและผลที่ไม่ได้เคลือบผิวไม่แตกต่างกัน ตลอดอายุการเก็บรักษา ผลมะม่วงที่เคลือบผิวด้วย ZW มีค่า L^* ของเนื้อมะม่วงน้อยที่สุด เท่ากับ 70.29 ± 4.02 รองลงมา ได้แก่ CMC_{gl} 30% control และ CMC_{gl} 25% โดยมีค่า L^* เท่ากับ 70.36 ± 1.49 71.08 ± 2.35 และ 74.31 ± 2.06 ตามลำดับ

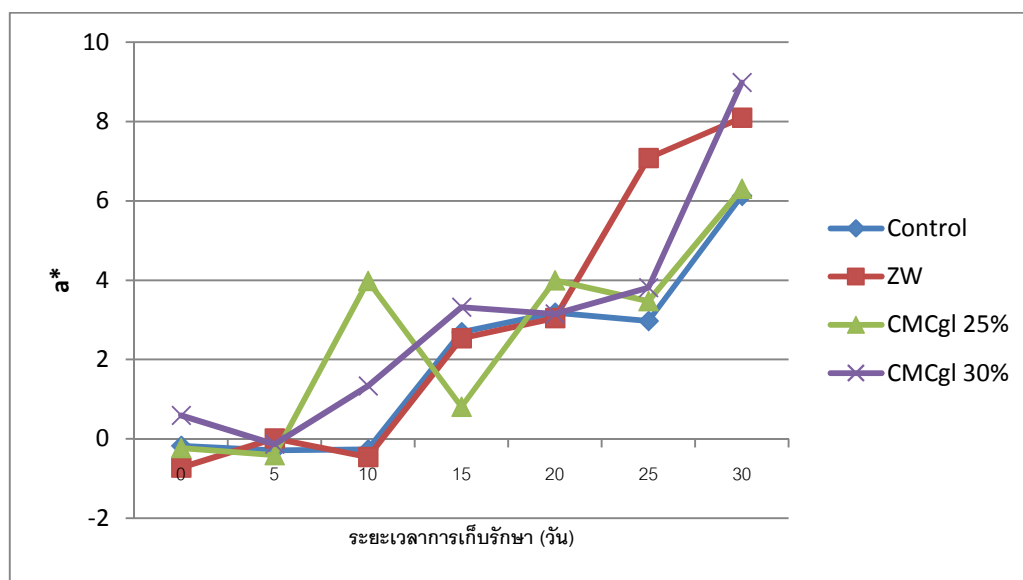
ผลการทดลองพบว่าค่า a^* ของสีเนื้อมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองในแต่ละการทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ผลมะม่วงที่เคลือบผิวด้วย CMC_{gl} 30% มีค่า a^* ของสีเนื้อมะม่วงน้ำดอกไม้มากที่สุด เท่ากับ 8.11 ± 1.08 รองลงมา ได้แก่ ZW CMC_{gl} 25% และ control โดยมีค่า a^* เท่ากับ 6.53 ± 1.33 4.39 ± 0.66 และ 3.94 ± 2.40 ตามลำดับ

ผลการทดลองพบว่าค่า b^* ของสีเนื้อมะม่วงน้ำดอกไม้ในแต่ละการทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ผลมะม่วงที่เคลือบผิวด้วย CMC_{gl} 30% มีค่า

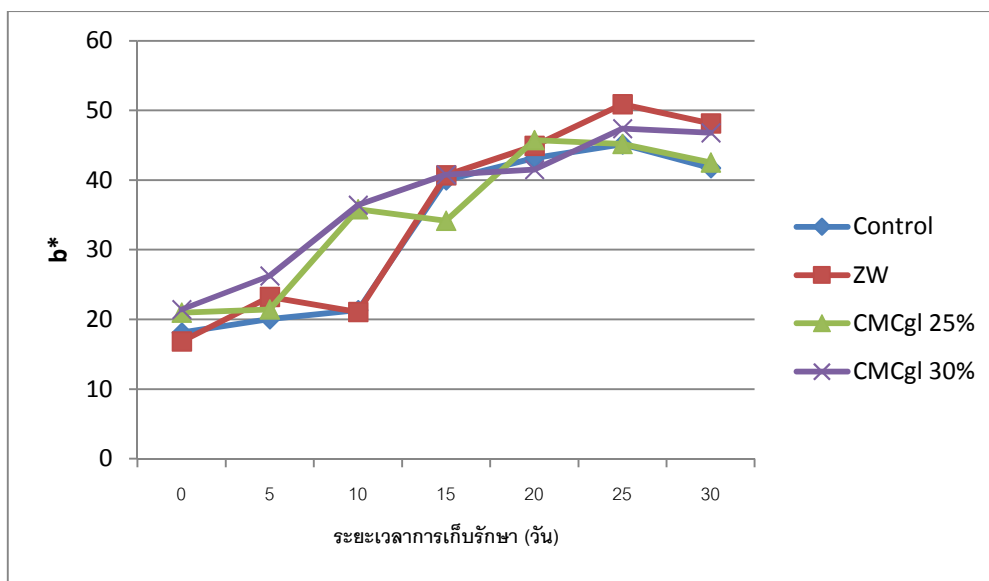
b^* ของเนื้อมะม่วงมากที่สุด เท่ากับ 50.62 ± 1.89 รองลงมา ได้แก่ ZW CMC_{gl} 25% และ control โดยมีค่า b^* เท่ากับ 49.56 ± 2.56 43.37 ± 1.53 และ 41.09 ± 5.08 ตามลำดับ



ภาพที่ 4.5 ค่าสี L^* ของสีเนื้อด้านนอกมะม่วงนำดอกไม้สีทองที่ผ่านการเคลือบผิว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 4.6 ค่าสี a^* ของสีเนื้อด้านนอกมะม่วงนำดอกไม้สีทองที่ผ่านการเคลือบผิว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 4.7 ค่าสี b^* ของสีเนื้อด้านนอกมะม่วงนำดอกไม้สีทองที่ผ่านการเคลือบผิว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส

4.1.4 ผลการวิเคราะห์ค่าสี L^* a^* b^* เนื้อติดเมล็ดของมะม่วงนำดอกไม้สีทอง

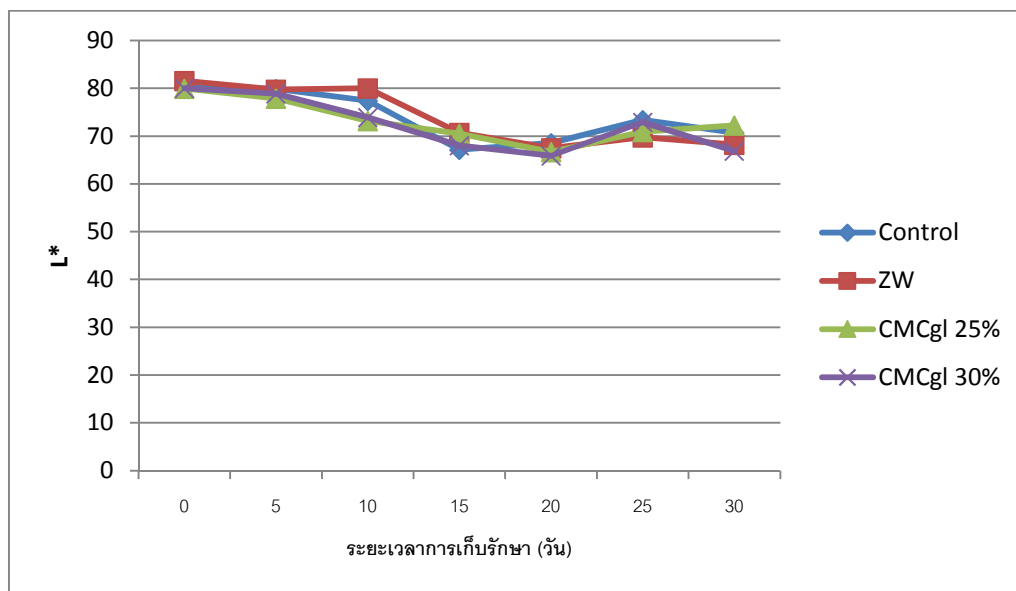
ผลการวิเคราะห์ค่า L^* a^* b^* ของเนื้อติดเมล็ด ของผลมะม่วงนำดอกไม้สีทองที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบที่บริโภคได้ 3 ชนิด แสดงในรูปที่ 4.8 และ 4.10

ผลการทดลองพบว่าค่า L^* ของเนื้อติดเมล็ดลดลงอย่างต่อเนื่อง มะม่วงที่เคลือบด้วย ZW มีค่า L^* น้อยที่สุด เท่ากับ 65.61 ± 1.15 รองลงมา ได้แก่ CMC_{gl} 30% control และ CMC_{gl} 25% โดยมีค่า L^* เท่ากับ 66.25 ± 1.98 71.02 ± 3.28 และ 71.93 ± 2.89 ตามลำดับ

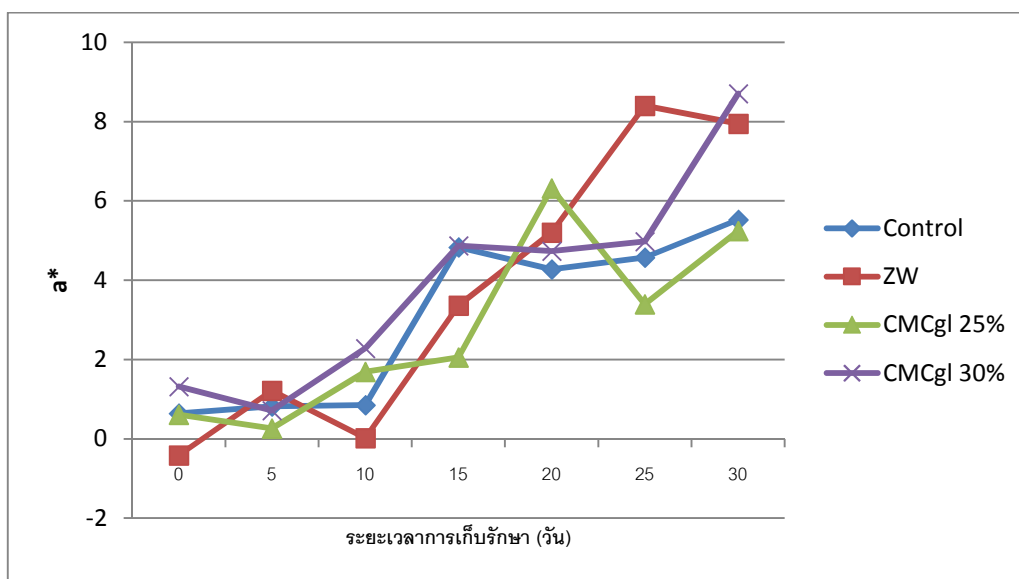
ผลการทดลองพบว่าค่า a^* ของเนื้อที่ติดเมล็ดในแต่ละการทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ค่าสี a^* ของผลมะม่วงที่เคลือบผิวด้วย CMC_{gl} 30% มีค่า a^* มากที่สุด เท่ากับ 8.10 ± 1.42 รองลงมา ได้แก่ ZW control และ CMC_{gl} 25% โดยมีค่า a^* เท่ากับ 7.63 ± 0.94 3.96 ± 2.48 และ 2.95 ± 0.69 ตามลำดับ

ผลการทดลองพบว่าค่า b^* ของเนื้อที่ติดเมล็ดในแต่ละการทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ผลมะม่วงที่เคลือบผิวด้วย CMC_{gl} 30% มีค่า b^* มากที่สุด

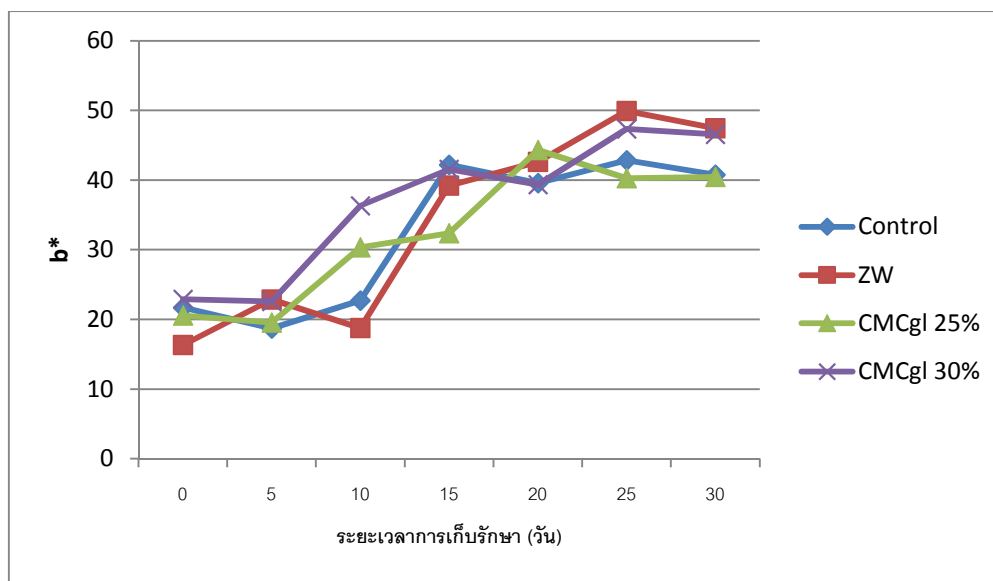
เท่ากับ 46.02 ± 2.51 รองลงมา ได้แก่ ZW control และ CMC_g 25% โดยมีค่า a^* เท่ากับ 45.85 ± 2.56 38.21 ± 4.84 และ 36.00 ± 1.47 ตามลำดับ



ภาพที่ 4.8 ค่าสี L^* ของเนื้อติดเมล็ดมะม่วงนำดอกไม้สีทองที่ผ่านการเคลือบผิว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 4.9 ค่าสี a^* ของเนื้อติดเมล็ดมะม่วงนำดอกไม้สีทองที่ผ่านการเคลือบผิว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 4.10 ค่าสี b^* ของเนื้อติดเมล็ดมะม่วงนำดอกไม้สีทองที่ผ่านการเคลือบผิว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส

4.2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

4.2.1 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด(TSS)

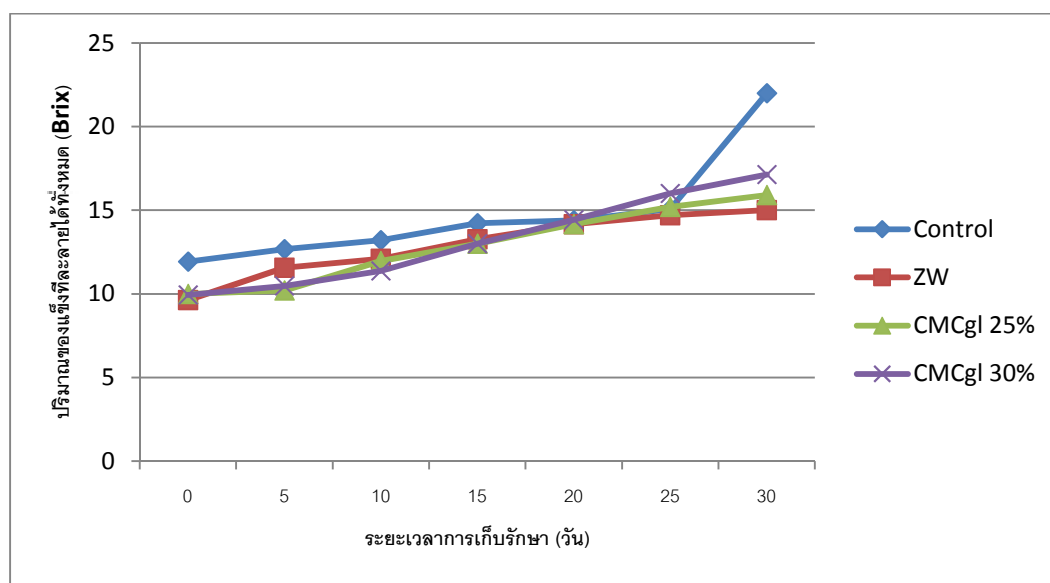
มะม่วงนำดอกไม้มากเก็บเกี่ยวขณะบรรจุน้ำตาลมาก จะมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมากกว่ามะม่วงที่เก็บเกี่ยวขณะที่มีความบรรจุน้ำตาลน้อย เนื่องจากผลที่มีความบรรจุน้ำตาลมากจะมีการสะสมของแป้งขณะอยู่บนต้นมากกว่าผลอายุน้อย เมื่อผลสุกจึงสามารถเปลี่ยนเป็นปริมาณน้ำตาลได้มากกว่า

ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในน้ำคั้นมะม่วง แม้ไม่ได้มีเฉพาะสารประกอบประเภทน้ำตาล แต่น้ำตาลจะเป็นองค์ประกอบหลักที่ถูกบ่งชี้ได้ด้วยค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด

ระหว่างการสุกของผลมะม่วงจะมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมี คือ การเปลี่ยนคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำไม่ได้ประเภทแป้งไปเป็นคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ประเภทน้ำตาล ซึ่งมีผลทางกายภาพคือความแน่นเนื้อลดลงและค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีค่าเพิ่มขึ้น

ผลการทดลองพบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นทำให้ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยและเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 30 วัน นอกจากนี้ยังพบว่า ผลมะม่วงที่ไม่เคลือบผิวมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดค่อนข้างสูงในช่วงการเก็บรักษา 30 วัน ผลมะม่วงที่ไม่เคลือบผิวมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดสูงที่สุด เท่ากับ $22.00 \pm 0.00\%$ รองลงมาได้แก่ ผลที่เคลือบผิวด้วย CMC_{gl} 30% CMC_{gl} 25% และ ZW มีค่าเท่ากับ $17.13 \pm 0.06\%$ $15.90 \pm 0.00\%$ และ $15.00 \pm 0.00\%$ ตามลำดับ แสดงในภาพที่ 4.11

จากผลการทดลอง แสดงว่า การเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวช่วยชะลอการสุกของผลมะม่วงได้ ทำให้การสลายตัวของสตาร์ชที่สะสมไว้ในระหว่างผลมะม่วงเปลี่ยนเป็นน้ำตาลได้ช้าลง ทำให้อัตราการเพิ่มขึ้นของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีค่าต่ำกว่าผลมะม่วงที่ไม่เคลือบผิว ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ศิริชัย (2547) ที่พบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของผลมะม่วงที่เคลือบผิวด้วย Salicylic acid และ Jasmonic acid ที่ความเข้มข้น 0.5mM และ 2mM มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา โดยการเก็บรักษาผลมะม่วงที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเพิ่มมากขึ้นกว่าการเก็บรักษาผลมะม่วงที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส



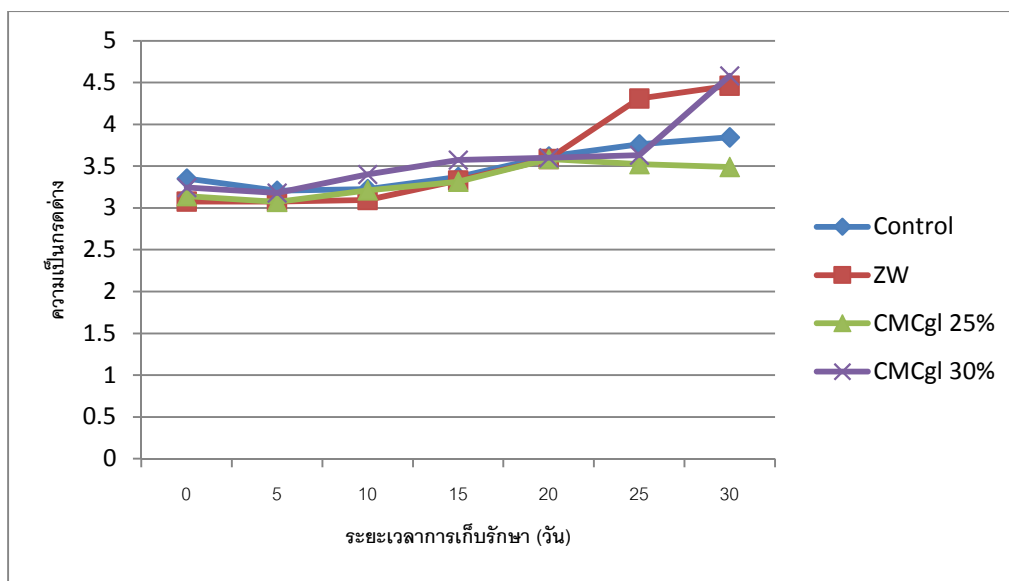
ภาพที่ 4.11 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการเคลือบผิว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส

4.2.2 ค่าความเป็นกรด-ด่าง

ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวที่บริโภคได้ 3 ชนิด แสดงในภาพที่ 4.12

พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในช่วงการเก็บรักษา 30 วัน ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของผลมะม่วงที่เคลือบผิวและไม่เคลือบผิวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) โดยในผลมะม่วงที่เคลือบผิวด้วย CMC_{gl} 30% มีค่าความเป็นกรด-ด่าง มากที่สุด เท่ากับ 4.58 ± 0.00 รองลงมาคือ ZW control และ CMC_{gl} 25% ซึ่งมีค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 4.46 ± 0.02 3.85 ± 0.01 และ 3.49 ± 0.09 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ นพรัตน์ (2533) ที่พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างของผลมะม่วงที่เคลือบด้วย Sta-Fresh 360 ความเข้มข้น 50% และ 100% กับ Sta-Fresh 560 ความเข้มข้น 25% และ 50% มีค่า pH เพิ่มขึ้นยกเว้นในบางกลุ่มที่ลดลงเล็กน้อย แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเก็บรักษาได้ 15 วัน กลุ่มเคลือบผิวด้วย 50% S-F 560 มีค่า pH ต่ำกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มเคลือบผิวอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นกลุ่มเคลือบผิวด้วย 50% S-F 360 แต่เมื่อเก็บรักษาได้ 18 วัน กลุ่มเคลือบผิวด้วย 50% S-F 560 กลับมีค่า pH เพิ่มขึ้นอย่างมากและมีค่ามากกว่ากลุ่มอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นกลุ่มเคลือบผิวด้วย 50% S-F 560 นี้มีค่า pH สูงกว่าทุกกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญ

การที่ค่า pH ของกลุ่มเคลือบผิวด้วย 50% S-F 560 ที่ระยะ 15 วันแรกมีค่าต่ำนั้น คาดว่า เนื่องจากมะม่วงกลุ่มนี้ยังไม่สุก ยังคงมีปริมาณกรดอยู่มาก ค่า pH จึงต่ำ แสดงว่าการเคลือบผิวกลุ่มนี้สามารถชะลอการสุกได้ในระยะเวลา 15 วันของการเก็บรักษา แต่ในช่วง 15-18 วัน ค่า pH จะเพิ่มอย่างมากซึ่งเกิดจากการลดปริมาณกรดอย่างมากในช่วงนี้

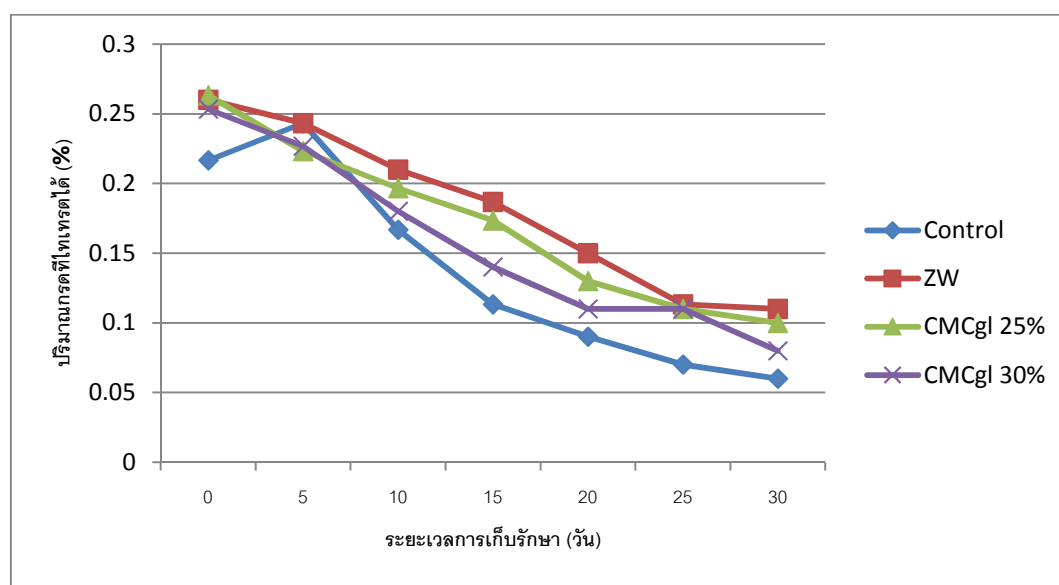


ภาพที่ 4.12 ความเป็นกรด-ด่างของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการเคลือบผิว
เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส

4.2.3 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้

ผลการทดลองพบว่า การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ในผลมะม่วงแต่ละการทดลองมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อการเก็บรักษานานขึ้น โดยในวันที่ 30 ของการเก็บรักษา ผลมะม่วงที่เคลือบผิวมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้มากกว่าผลมะม่วงที่ไม่เคลือบผิวและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) โดยผลมะม่วงที่เคลือบด้วย ZW มีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้มากที่สุด เท่ากับ $0.11 \pm 0.00\%$ รองลงมาคือ ผลมะม่วงที่เคลือบด้วย CMC_{gl} 25% CMC_{gl} 30% และ control มีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เท่ากับ $0.1 \pm 0.00\%$ $0.08 \pm 0.00\%$ และ $0.06 \pm 0.00\%$ ตามลำดับ แสดงในรูปที่ 4.13 ผลการทดลองที่ได้แสดงให้เห็นว่าเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น มะม่วงมีค่าความเป็นกรด-ด่างเพิ่มขึ้น และสัมพันธ์กับปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ที่ลดลง โดยขณะที่ผลมะม่วงดิบมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้สูงและมีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำ เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นผลมะม่วงเริ่มสุกปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ก็จะมีค่าลดลง ส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่างเพิ่มสูงขึ้น เมื่อจำนวนวันการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น มะม่วงสุกเพิ่มขึ้น กรดอินทรีย์ของมะม่วงถูกใช้ในวัฏจักรเครบส์ (Kreb's cycle) ของการหายใจ (respiration) ทำให้ปริมาณกรดค่อยๆ ลดลงไปพร้อมกับกรดของคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ละลายน้ำ และการเพิ่มขึ้นของน้ำตาล แสดงว่าการเคลือบผิวผลมะม่วงมีผลชะลออัตราการหายใจให้ช้าลงทำ

ให้มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ลดลงอย่างต่อเนื่อง ส่วนผลมะม่วงที่ไม่เคลือบผิวซึ่งมีอัตราการหายใจค่อนข้างสูง ผลมะม่วงสุกเร็วขึ้น จึงทำให้ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ลดลงต่ำกว่าผลมะม่วงที่เคลือบผิว ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ อนุธิดา (2548) ได้ทำการเคลือบผิวมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ด้วยสารเคลือบผิวที่บริโภคได้ทั้ง 3 ชนิดคือ ไคโตซาน ความเข้มข้น 0.5% คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส ความเข้มข้น 1% และอิมัลชันของเนยจืดตอน้ำ (อัตราส่วน 4:1) แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส พบว่า ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ในผลมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ที่เคลือบผิวด้วย อิมัลชันของเนยจืดตอน้ำ (อัตราส่วน 4:1) มีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้มากที่สุดรองลงมาคือผลมะม่วงที่เคลือบด้วยไคโตซาน ความเข้มข้น 0.5% CMC ความเข้มข้น 1% และผลที่ไม่เคลือบผิว ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 21 วัน



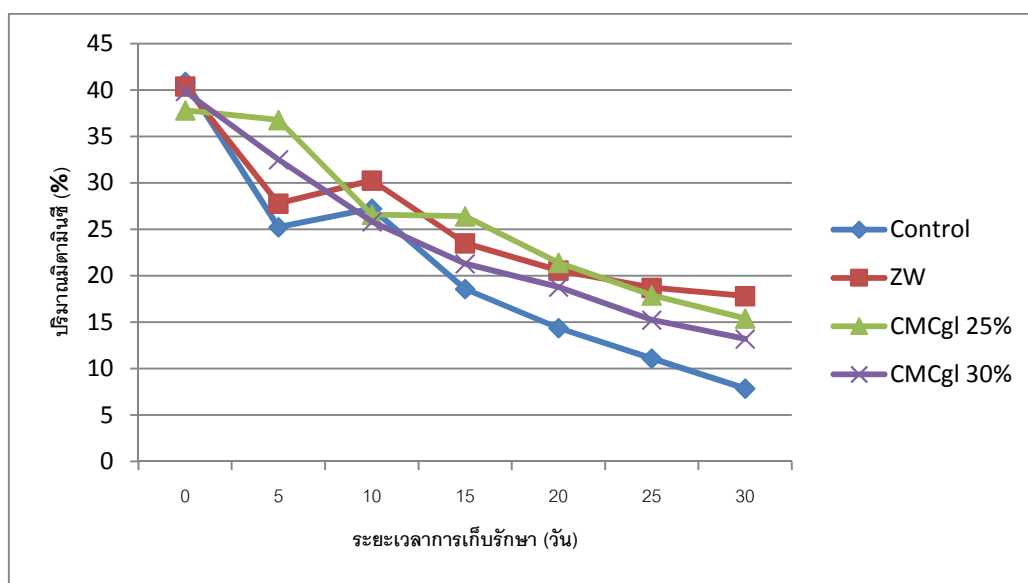
ภาพที่ 4.13 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการเคลือบผิว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส

4.2.4 ปริมาณวิตามินซี

ปริมาณวิตามินซีของผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองในทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องในระหว่างการเก็บรักษา โดยหลังวันที่ 10 ของการเก็บรักษา ผลมะม่วงที่เคลือบผิวมีปริมาณวิตามินซีมากกว่าผลมะม่วงที่ไม่เคลือบผิวและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่

ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) โดยผลมะม่วงที่เคลือบด้วย ZW มีปริมาณวิตามินซีมากที่สุด เท่ากับ $17.83 \pm 0.46\%$ รองลงมาคือ ผลมะม่วงที่เคลือบด้วย CMC_{gl} 25% CMC_{gl} 30% และ control มีปริมาณวิตามินซี เท่ากับ $15.41 \pm 0.45\%$ $13.22 \pm 0.44\%$ และ $7.87 \pm 0.09\%$ ตามลำดับ แสดงในรูปที่ 4.14

จากผลการทดลอง แสดงให้เห็นว่า การเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวช่วยชะลอการสูญเสียปริมาณวิตามินซี ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซีลดลงอย่างต่อเนื่อง ส่วนผลมะม่วงที่ไม่เคลือบผิวจะเกิดการสุกเร็วขึ้นทำให้สูญเสียวิตามินซีได้มากกว่าผลมะม่วงที่เคลือบผิว ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ พิมพิไล (2548) ที่พบว่าปริมาณวิตามินซีของผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 72 ที่เคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 2.0% แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง 4 วันมีค่ามากกว่าผลสตรอเบอรี่ที่ไม่ได้เคลือบผิว



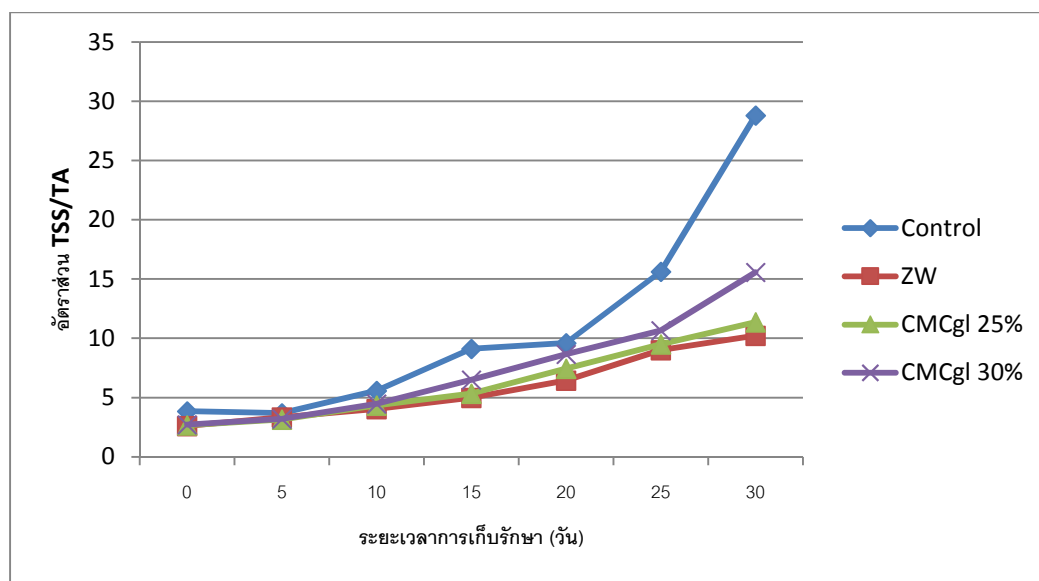
ภาพที่ 4.14 ปริมาณวิตามินซีของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการเคลือบผิว

เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส

4.2.5 อัตราส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ (TSS/TA)

ผลการวิเคราะห์อัตราส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง แสดงในรูปที่ 4.15 ผลการทดลองพบว่า อัตราส่วนของ TSS/TA ของผล

มะม่วงแต่ละการทดลองเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา ซึ่งแสดงว่าผลมะม่วงมีรสหวานเพิ่มขึ้น อัตราส่วนของTSS/TA จะแสดงรสชาติของผลมะม่วง ซึ่งเป็นผลมาจากปริมาณกรดทั้งหมดที่ลดลงพร้อมกับการเพิ่มของปริมาณน้ำตาล ซึ่งจากผลการทดลองมะม่วงที่ไม่เคลือบผิวมีอัตราส่วนของ TSS/TA เพิ่มขึ้นมากที่สุด รองลงมาได้แก่ ผลมะม่วงที่เคลือบผิวด้วย CMC_{gI} 30% CMC_{gI} 25% และ ZW โดยมีค่าอัตราส่วนของ TSS/TA มีค่าเท่ากับ 28.81 ± 2.27 15.58 ± 0.05 11.36 ± 0.00 และ 10.24 ± 0.41 ตามลำดับ



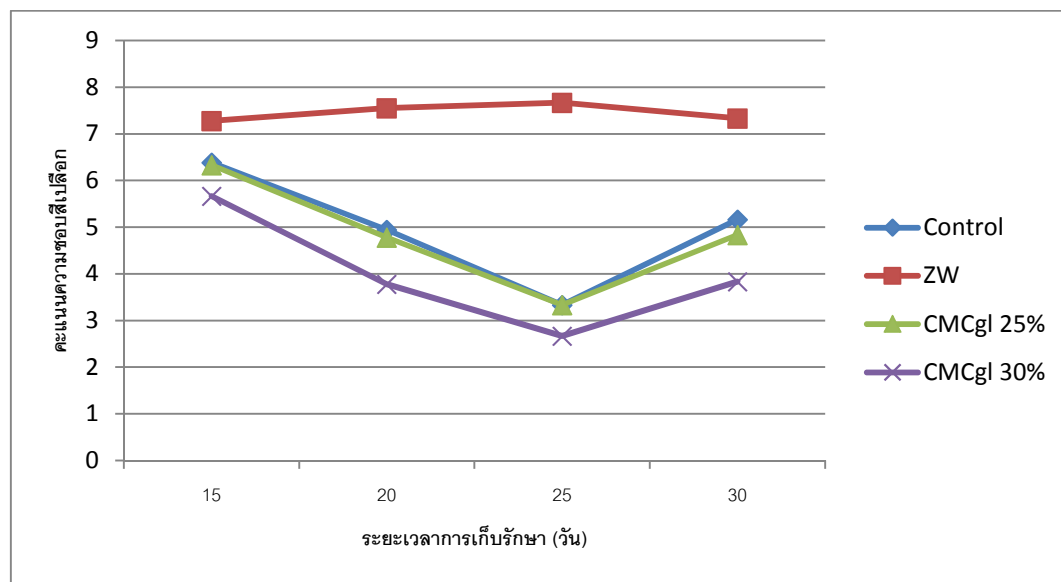
ภาพที่ 4.15 อัตราส่วนTSS/TA ของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการเคลือบผิว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส

4.3 การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

4.3.1 สีเปลือก

ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนสีเปลือกของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวที่บริโภคได้ทั้ง 3 ชนิด ในวันที่ 15-30 ของการเก็บรักษา แสดงดังภาพที่ 4.16 พบว่า ในวันที่ 30 ของการเก็บรักษา ผลมะม่วงที่เคลือบด้วย CMC_{gI} 30% ได้คะแนนต่ำสุด เท่ากับ 3.83 ± 2.14 รองลงมา ได้แก่ CMC_{gI} 25% control และ ZW โดยมีค่าสีเปลือกเท่ากับ 4.83 ± 2.04 5.17 ± 1.14 และ 7.33 ± 0.82 ตามลำดับ ซึ่งในวันที่ 25 ของการเก็บรักษาได้คะแนนต่ำกว่าของวันที่ 30 ของการ

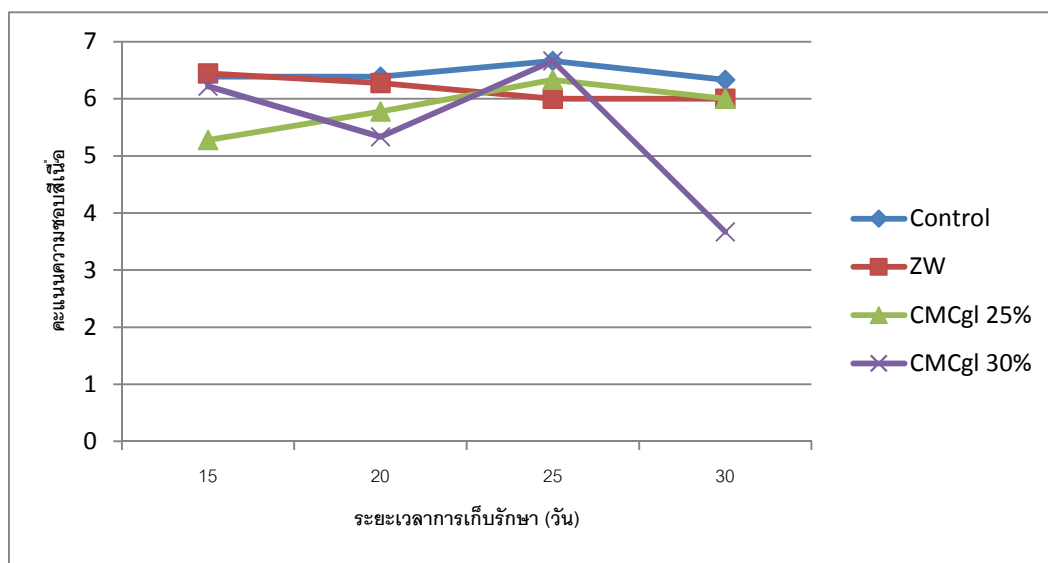
เก็บรักษา ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสใช้ผู้ทดสอบในแต่ละครั้งแตกต่างกันและปริมาณผู้ทดสอบน้อย



ภาพที่ 4.16 คะแนนความชอบด้านสีเปลือกของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการเคลือบผิว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส

4.3.2 สีเนื้อ

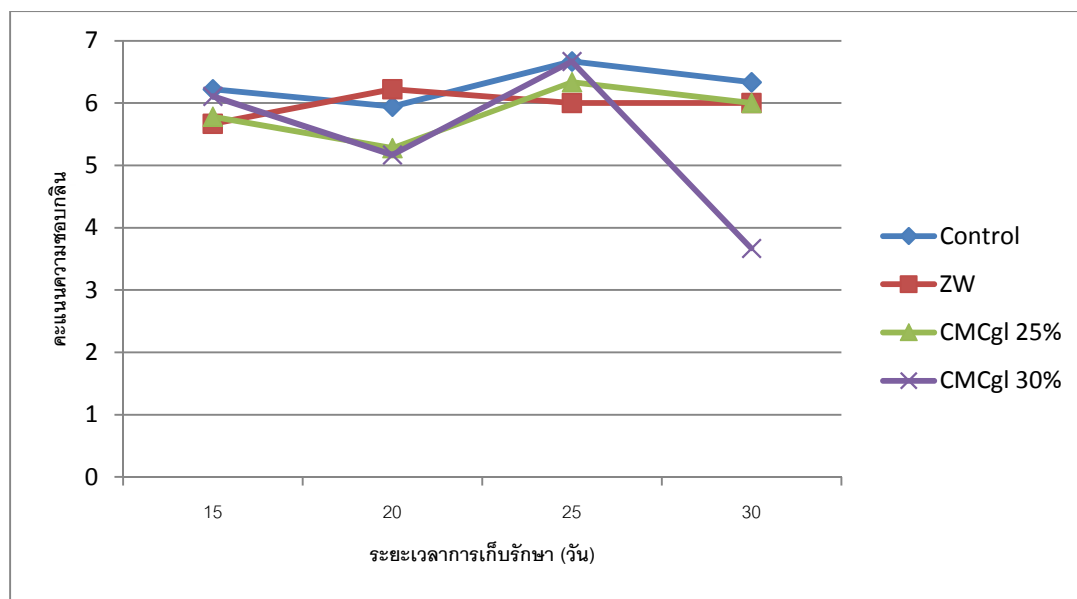
ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนสีเนื้อของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวที่บริโภคได้ทั้ง 3 ชนิด ในวันที่ 15-30 ของการเก็บรักษา แสดงดังภาพที่ 4.17 ในวันที่ 30 ของการเก็บรักษา ผลมะม่วงที่เคลือบด้วย CMC_g 30% ได้คะแนนต่ำสุด เท่ากับ 4.33 ± 1.51 รองลงมา ได้แก่ CMC_g 25% ZW และ control โดยมีค่าสีเนื้อ เท่ากับ 6.00 ± 1.41 6.33 ± 2.42 และ 6.50 ± 1.87 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการทดสอบทางกายภาพของค่าสี b^* ของสีเนื้อด้านนอกของมะม่วงที่เคลือบด้วย CMC_g 30% มีค่ามากที่สุดแสดงว่าเนื้อมะม่วงมีสีเหลืองมากกว่าสีการทดลองอื่นๆ



ภาพที่ 4.17 คะแนนความชอบด้านสีเนื้อของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการเคลือบผิว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส

4.3.3 กลิ่น

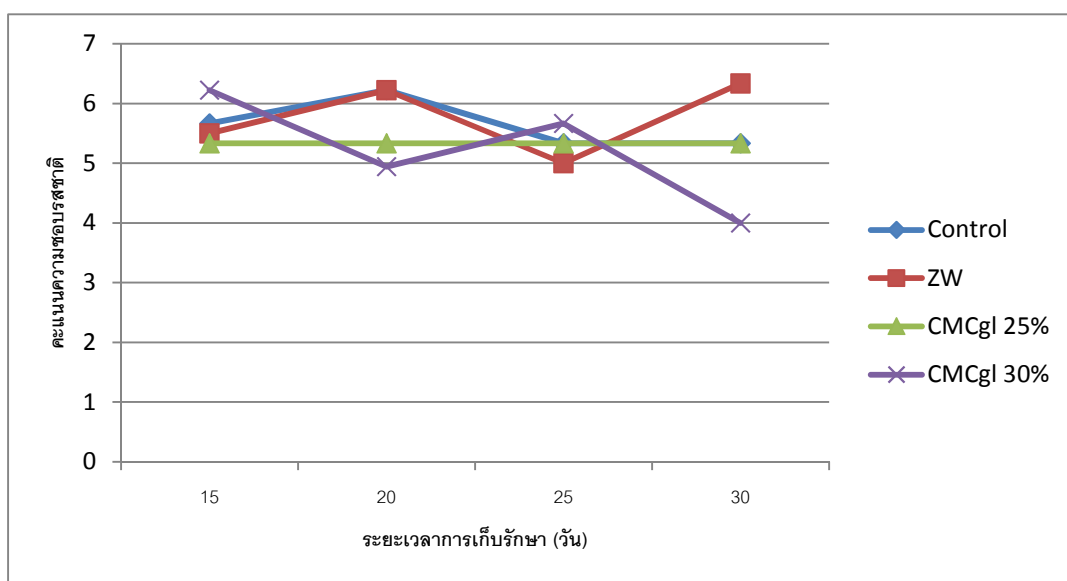
ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนด้านกลิ่นของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวที่บริโภคได้ทั้ง 3 ชนิด ในวันที่ 15-30 ของการเก็บรักษา แสดงดังภาพที่ 4.18 พบว่า ในวันที่ 30 ของการเก็บรักษาผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบกลิ่นของเนื้อมะม่วงระหว่างผลมะม่วงที่ไม่เคลือบผิวและที่เคลือบผิวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) โดยผลมะม่วงที่เคลือบผิวด้วย CMC_{gI} 30% ในวันที่ 30 ของการเก็บรักษา ได้คะแนนในด้านของกลิ่นน้อยที่สุด



ภาพที่ 4.18 คะแนนความชอบด้านกลีบของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการเคลือบผิว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส

4.3.4 รสชาติ

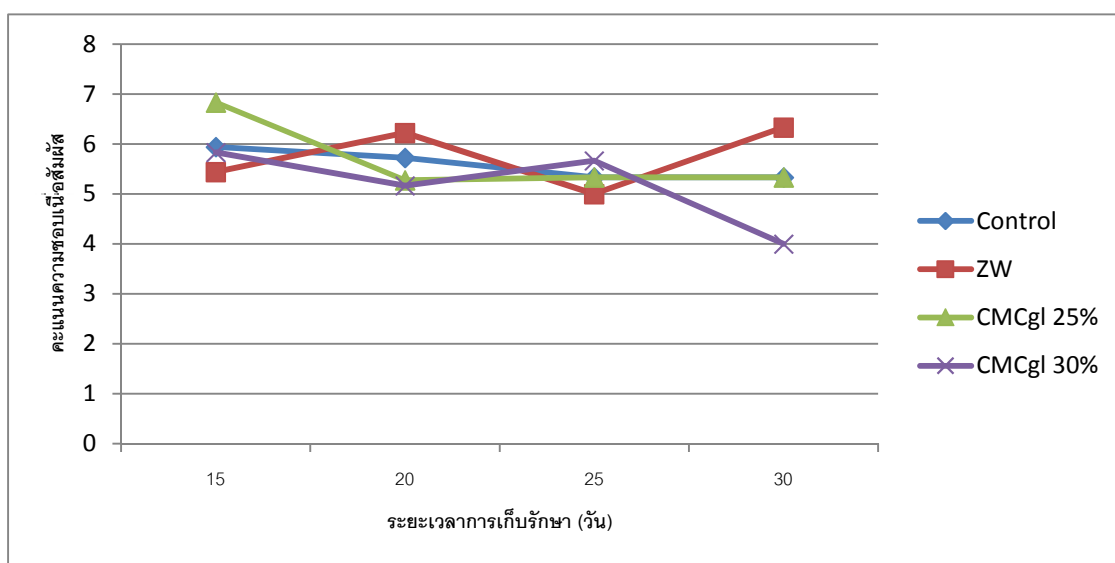
ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนสีเปลือกของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวที่บริโภคได้ทั้ง 3 ชนิด ในวันที่ 15-30 ของการเก็บรักษา แสดงดังภาพที่ 4.19 พบว่า ในวันที่ 30 ของการเก็บรักษาผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบรสชาติของเนื้อมะม่วง ผลมะม่วงที่เคลือบผิวด้วย ZW ได้คะแนนด้านรสชาติมากที่สุด ส่วนผลมะม่วงที่เคลือบด้วย CMC_{gl} 30% ได้คะแนนต่ำที่สุด



ภาพที่ 4.19 คะแนนความชอบด้านรสชาติของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการเคลือบผิว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส

4.3.5 เนื้อสัมผัส

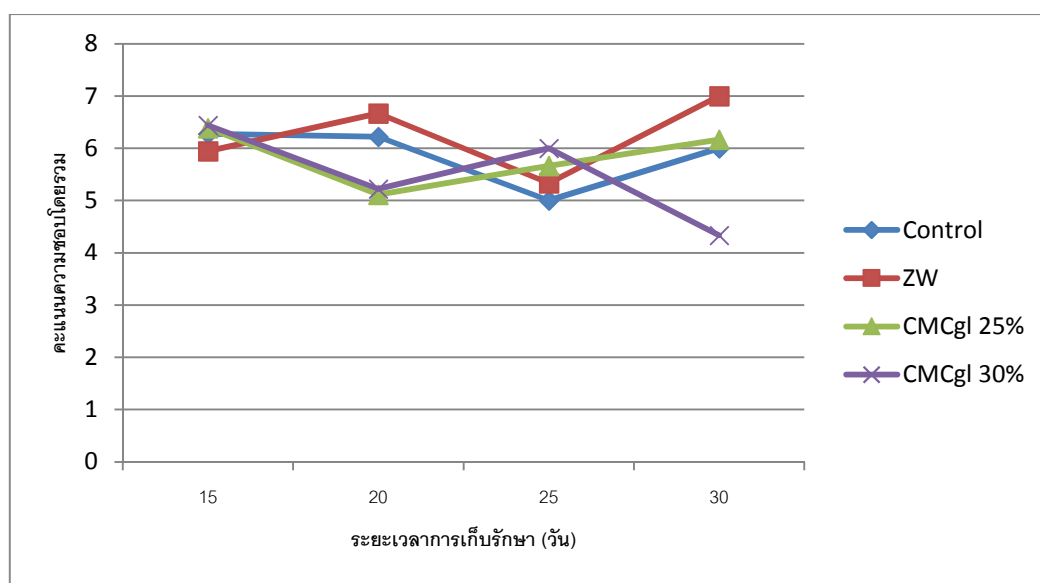
ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนการประเมินลักษณะเนื้อสัมผัสของผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง ดังแสดงในรูปภาพที่ 4.20 พบว่า ในวันที่ 30 ของการเก็บรักษาผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบ ลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อมะม่วงที่เคลือบผิวด้วย ZW มากที่สุด และผลมะม่วงที่เคลือบด้วย CMC_{gl} 30% ได้คะแนนต่ำที่สุด



ภาพที่ 4.20 คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการเคลือบผิว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส

4.3.6 ความชอบโดยรวม

ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนสีเปลือกของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวที่บริโภคได้ทั้ง 3 ชนิด ในวันที่ 15-30 ของการเก็บรักษา แสดงดังภาพที่ 4.21 พบว่า ในวันที่ 30 ของการเก็บรักษาผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบโดยรวมของเนื้อมะม่วง ผลมะม่วงที่เคลือบด้วย ZW มีค่าความชอบโดยรวมมากที่สุด เท่ากับ 7.00 ± 1.10 แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$) กับมะม่วงที่เคลือบผิวด้วย CMC_{gl} 25%, control แต่มะม่วงน้ำดอกไม้ที่เคลือบผิวด้วย CMC_{gl} 30% มีความแตกต่างจากชุดการทดลองอื่นๆ โดยมีคะแนนความชอบโดยรวม เท่ากับ 6.17 ± 0.75 6.00 ± 1.55 และ 4.33 ± 1.21 ตามลำดับ



ภาพที่ 4.21 คะแนนความชอบโดยรวมของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการเคลือบผิว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่มีการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 3 ชนิด คือ ZW CMC_g 25% และ CMC_g 30% พบว่ามะม่วงที่เคลือบผิวด้วย ZW ช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนัก ทำให้ผลมะม่วงสุกช้าลง ยังสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงทางเคมี ได้แก่ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (TSS) ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA) อัตราส่วน TSS/TA ปริมาณวิตามินซี และยังได้ค่าการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านของสีเปลือก รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมมากกว่าทุกชุดการทดลองอื่นๆ ส่วนการเคลือบผิวผลมะม่วงด้วยฟิล์มคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจากเปลือกข้าวโพด CMC_g 25% สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงทางเคมีได้ดีรองจาก ZW ได้แก่ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (TSS) ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA) อัตราส่วน TSS/TA และค่าความชอบโดยรวม ได้มากกว่า CMC_g 30% และผลที่ไม่ได้เคลือบผิว ซึ่งลักษณะปรากฏภายนอกของ ZW และ CMC_g 25% ให้ผลที่ดีกว่า ผลมะม่วงที่เคลือบผิวด้วย CMC_g 30% และผลที่ไม่ได้เคลือบผิว ดังนั้นควรมีการพัฒนาฟิล์มคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจากเปลือกข้าวโพดที่เติมกลีเซอรอล ความเข้มข้น 25%

ข้อเสนอแนะ

ควรมีการพัฒนาสารเคลือบผิว CMC จากเปลือกข้าวโพด ให้มีการยึดเกาะกับผิวผลไม้ให้มากขึ้น เป็นสารละลายที่เป็นเนื้อเดียวกัน ไม่เกาะกันเป็นก้อนเวลานำมาเคลือบ

มะม่วงเป็นผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร ทำให้มีความแปรปรวนมาก การคัดเลือกวัตถุดิบที่มีความสม่ำเสมอใกล้เคียงกันจึงมีความสำคัญมาก เพื่อให้ผลการทดลองมีความผิดพลาดน้อยที่สุด

บรรณานุกรม

- จริงแท้ ศิริพานิช. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2544.
- จรรยา หิรัญวัฒนากุล. แวกซ์สำหรับงานเคลือบผิวผักและผลไม้. Plastic bi-weekly news. ฉบับที่ 48 (พฤษภาคม 2555).
- ณัฐชยา ใจดี และคณะ. ผลของคลอรีน กรดแอสคอร์บิก และไคโทซานต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาลิ้นจี่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา. 2556.
- เบญจวรรณ ธรรมธนาภิรักษ์ พรพรรณ เฟื่องพลูเดช และอุบลพันธ์ รอดสุวรรณ. คุณภาพของฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมโปรตีนไฮโดรไลเซตจากแมงกะพรุน. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 43(สิงหาคม 2555) : 437-440.
- ปรางค์ทอง กวานห้อง และเบญจมาศ รัตนชินกร. ผลของไคโตซานความเข้มข้นต่ำต่อคุณภาพการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์ทองสามสี. วารสารแก่นเกษตร. 42(กรกฎาคม 2557): 180-185.
- พิมพ์ใจ สีหะนาม. ผลของการเคลือบผิวด้วยไคโตซานต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลสดรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 72. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2548.
- รัชดาภรณ์ แก้วขนา. ผลของสารเคลือบผิวที่รับประทานได้ต่ออายุการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้. ผลงานวิจัยโครงการพัฒนาดัชนีคัดเลือกและวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว. เครือข่ายข้อมูลวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว 31 มกราคม 2546, หน้า 613-629.
- วรรณมณฑน์ ชาญจารุจิตร อนุวัตร แจ่มชัด และกมลวรรณ แจ่มชัด. ผลของสารเคลือบผิวต่อคุณภาพการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้. เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ : สาขาอุตสาหกรรมเกษตร. 47(มีนาคม 2552) : 801-808.

บรรณานุกรม (ต่อ)

- วิทวัส ศาสนันทน์. ผลของน้ำร้อนและไคโตแซนต่อคุณภาพหังการเก็บเกี่ยวและอายุการวางจำหน่ายมะม่วงพันธุ์มหาชนก. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต สถานีวิจัยการหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2545.
- ศักยะ สมบัติไพรัตน์. การศึกษาการชะลอการสุกของมะม่วงน้ำดอกไม้ด้วยถ่านกัมมันต์. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยสุรนารี, 2555.
- ศิริกานต์ ศรีธีรรัตน์ เบญจมาศ รัตนชินกร และคมจันทร์ สรวงจันทร์. ผลของสารเคลือบผิวบางชนิดต่อคุณภาพของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ระหว่างการเก็บรักษา. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 43(สิงหาคม 2555) : 101-104.
- ศิวพร จินตนาวงศ์. มาตรฐานพันธุ์พืชสวน. กรุงเทพฯ : กรมวิชาการเกษตร, 2539.
- สุนทร ตรีนันทวัน. แวกซ์ผลไม้...อันตรายหรือไม่. [online]. งานเทคโนโลยีทางการศึกษา สสวท. 2557. แหล่งที่เข้าถึง <http://edtech.ipst.ac.th/index.php/2011-07-29-04-02-00/19-2011-08-09-06-29-18/1604-2013-12-04-07-56-21.html> (15 ตุลาคม 2559)
- ผลของสารเคลือบผิวที่บริโภคได้ต่อคุณภาพของมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ระหว่างการเก็บรักษา. 2548.
2558. สารเคลือบบริโภคได้ที่มีส่วนผสมของคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจากเปลือกทุเรียนสำหรับเคลือบเนื้อทุเรียน. Postharvest Newsletter. 14(2558) : 1-8.
- 10(2555) : 196-203.

- Biale, J.B. Postharvest Physiology and Biochemistry of Fruits. *Plant physio* 1(1950) :183-206.
- Johnson, G. I., Sharp, J.L., Milne, D.L. and Oosthuysen, S.A. *Postharvest Technology and Quarantine Treatment*. University Press, Cambridge, 1997.
- Wills, R., McGlasson, B., Graham, D. and Joyce, D. *Postharvest : an introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals*. 4th ed. Australia : Hyde Park Press, 1998.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

1. การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000)

1.1 อุปกรณ์

1.1.2 ตู้อบไฟฟ้า

1.1.3 ภาชนะหาความชื้น

1.1.4 โถดูดความชื้น

1.1.5 เครื่องชั่งไฟฟ้า

1.2 วิธีทำ

1.2.1 อบภาชนะสำหรับหาความชื้นในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบใส่ไว้ในโถดูดความชื้น ปล่อยให้เย็นแล้วชั่งน้ำหนัก

1.2.2 ทำซ้ำเช่น ข้อ 1.2.1 จนได้ผลต่างของน้ำหนัก ที่ซึ่งทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

1.2.3 ชั่งตัวอย่างอาหารที่ต้องการหาความชื้น ให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน ประมาณ 1-2 กรัม ใส่ลงในภาชนะหาความชื้น ซึ่งทราบน้ำหนักแล้ว

1.2.4 นำไปอบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5-6 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบใส่ไว้ในโถดูดความชื้น ปล่อยให้เย็นแล้วชั่งน้ำหนักภาชนะพร้อมตัวอย่างนั้น จากนั้นนำกลับไปเข้าตู้อบอีก

1.2.5 ทำซ้ำเช่น ข้อที่ 1.2.4 จนได้ผลต่างของน้ำหนัก ที่ซึ่งทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

1.3 การคำนวณ

ปริมาณความชื้น (ร้อยละโดยน้ำหนัก) = $\frac{(W_1 - W_2)}{W_1} \times 100$

W_1

กำหนดให้ W_1 = น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)

W_2 = น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

2. การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (AOAC, 2000)

2.1 อุปกรณ์

2.1.1 ชุดเตาย่อย

2.1.2 ชุดกลั่นโปรตีน

2.1.3 บิวเรต ขนาด 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร

2.1.4 ปีเปต ขนาด 10 มิลลิลิตร

2.1.5 ฟลาสค์ ขนาด 250 มิลลิลิตร

2.1.6 กระจกตวง ขนาด 100 มิลลิลิตร

2.1.7 ขวดปรับปริมาตร ขนาด 100 มิลลิลิตร

2.2 สารเคมี

2.2.1 คอปเปอร์ซัลเฟต

2.2.2 โพแทสเซียมซัลเฟต

2.2.3 กรดซัลฟิวริก

2.2.4 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

2.2.5 กรดบอริก

2.2.6 เมธิลเรดอินดิเคเตอร์

2.3 การเตรียมสาร

2.3.1 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 40 วิธีการเตรียม คือ ชั่งสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 40 กรัม แล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นในขวดปรับปริมาตร

2.3.2 กรดบอริก ความเข้มข้นร้อยละ 4 วิธีการเตรียม คือ ชั่งกรดบอริก 4 กรัมแล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นในขวดปรับปริมาตร

2.3.3 อินดิเคเตอร์ วิธีการเตรียม คือ ชั่งเมธิลลีนบลู 0.2 กรัม ละลายในเอทานอล 200 มิลลิลิตร และชั่งเมธิลเรด 0.05 กรัม ละลายในเอทานอล 50 มิลลิลิตร นำมาผสมในอัตราส่วน stock solution 1 ส่วน : เอทานอล 1 ส่วน : น้ำกลั่น 2 ส่วน

2.3.4 สารละลายคอปเปอร์ซัลเฟต 0.2 กรัม

2.3.5 สารละลายโพแทสเซียมซัลเฟต 0.5 กรัม

2.3.6 กรดซัลฟิวริก 20 มิลลิลิตร

2.4 วิธีทำ

2.4.1 ชั่งตัวอย่าง 1-2 กรัม ใส่ในขวดย่อยโปรตีน

2.4.2 เติมสารละลายคอปเปอร์ซัลเฟต 0.2 กรัม สารละลายโพแทสเซียมซัลเฟต 0.5 กรัม กรดซัลฟิวริก 20 มิลลิลิตร

2.4.3 นำไปย่อยบนเตาให้ความร้อนในตู้ดูดควันจนกระทั่งสารละลายใส ปล่อยให้เย็น

2.4.4 เติมน้ำกลั่น ลงไปล้างบริเวณคอขวดให้ทั่ว และให้ความร้อนต่อจนเกิดควันของซัลฟิวริก ปล่อยให้เย็น

2.4.5 เทลงในขวดปรับปริมาตร ขนาด 100 มิลลิลิตร ใช้ น้ำกลั่นล้างขวดย่อยโปรตีน แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตร

2.4.6 จัดชุดกลั่น

2.4.7 นำขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมกรดบอริกความเข้มข้นร้อยละ 4 ลงไป 5 มิลลิลิตร ผสมน้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร และเติมอินดิเคเตอร์ 2 หยด แล้วนำไปรองรับของเหลวที่จะกลั่น โดยให้ส่วนปลายของอุปกรณ์ควบแน่นจุ่มลงในสารละลายกรด

2.4.8 ดูดสารละลายตัวอย่างด้วยปิเปต ขนาด 10 มิลลิลิตร ใส่ลงในช่องใส่ตัวอย่าง แล้วเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 40 ลงไป 20 มิลลิลิตร

2.4.9 กลั่นประมาณ 10 นาที ล้างปลายอุปกรณ์ควบแน่นด้วยน้ำกลั่นลงในขวดรองรับ

2.4.10 ไทเทรตสารละลายที่กลั่นได้กับสารละลายกรดเกลือที่มีความเข้มข้น 0.02 นอร์มัล จะได้จุดยุติเป็นสีชมพูอ่อนออกม่วง

2.4.11 ทำ blank ด้วยวิธีการเช่นเดียวกันตั้งแต่ ข้อ 2-10

2.5 การคำนวณ

$$\text{ปริมาณโปรตีน (ร้อยละ)} = \frac{(a-b) \times N \times 14 \times \text{factor}}{W}$$

W

กำหนดให้ a = ปริมาณของสารละลายกรดเกลือที่ใช้เป็นมิลลิลิตร

b = ปริมาณของสารละลายกรดเกลือที่ใช้กับ blank เป็นมิลลิลิตร

N = ความเข้มข้นของสารละลายกรดเกลือเป็น นอร์มัล

W = น้ำหนักตัวอย่างเป็นกรัม

Factor = ตัวเลขที่เหมาะสม 6.25

3. การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (AOAC, 2000)

3.1 อุปกรณ์

3.1.1 อุปกรณ์ชุดสกัดไขมัน (Soxhlet apparatus) ประกอบด้วย ขวดกั่นกลมสำหรับใส่ตัวอย่างทำละลาย ซอคเลต (soxhlet) เครื่องควบแน่น (condenser) และเตาให้ความร้อน (heating mantle)

3.1.2 ทิมเบิล

3.1.3 สำลี

3.1.4 ตู้อบไฟฟ้า

3.1.5 โถดูดความชื้น

3.1.6 เครื่องชั่งไฟฟ้า

3.2 วิธีทำ

3.2.1 ชั่งตัวอย่างอาหารแห้ง ประมาณ 1-2 กรัม (ทราบน้ำหนักที่แน่นอน) ใส่ลงในทิมเบิล ที่ใช้สกัดผ่านการอบแห้ง ปิดปากทิมเบิลด้วยสำลี

3.2.2 ชั่งน้ำหนักพลาสติกที่ผ่านการอบแห้งแล้ว

3.2.3 เติมนิโตรเจนเหลวลงในพลาสติก แล้วต่อชุดสกัดไขมันเข้าด้วยกัน ซึ่งประกอบด้วย พลาสติก Soxhlet และคอนเดนเซอร์

3.2.4 สกัดลิพิดใน Soxhlet apparatus ด้วยอัตรา 5-6 หยดต่อวินาที เป็นเวลา 4 ชั่วโมง หรือที่ 2-3 หยดต่อวินาที เป็นเวลา 6 ชั่วโมง โดยให้ความร้อนแก่ฟลาสค์

3.2.5 ภายหลังการสกัดลิพิดเสร็จแล้ว ปล่อยให้ตัวทำละลายออกจากสารละลาย โดยอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที

3.2.6 ปล่อยให้ฟลาสค์ให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนักของลิพิดที่สกัดได้

3.3 การคำนวณ

$$\text{ปริมาณไขมัน (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักของลิพิด}}{\text{น้ำหนักของตัวอย่าง}} \times 100$$

4. การวิเคราะห์ปริมาณเส้นใย

4.1 อุปกรณ์

4.1.1 ชุดวิเคราะห์ปริมาณเส้นใย

4.1.2 Hot Plate

4.1.3 โถดูดความชื้น

4.1.4 เครื่องชั่งไฟฟ้า

4.1.5 Hot Oven

4.1.6 เตาเผาอุณหภูมิสูง

4.2 สารเคมี

4.2.1 บีโตรเลียมอีเทอร์

4.2.2 เอทิลแอลกอฮอล์ หรือเอทานอล

4.2.3 โซเดียมไฮดรอกไซด์

4.2.4 กรดไฮโดรคลอริก

4.2.5 ไดเอทิลอีเทอร์

4.2.6 กรดซัลฟิวริก

4.3 การเตรียมสาร

4.3.1 สารละลายไซเตียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.313 โมลาร์ วิธีการเตรียม คือ ไซเตียมไฮดรอกไซด์ 1.25 กรัม ละลายในน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

4.3.2 สารละลายกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้นร้อยละ 1 (ปริมาตรต่อปริมาตร) วิธีการเตรียม คือ เจือจางกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น จำนวน 10 มิลลิลิตร ให้ได้ปริมาตร 1 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น

4.3.3 เอทิลแอลกอฮอล์ หรือเอทานอล ความเข้มข้นร้อยละ 95 (ปริมาตรต่อปริมาตร)

4.3.4 สารละลายกรดซัลฟิวริก ความเข้มข้น 0.1275 โมลาร์ (0.255 นอร์มัล) วิธีการเตรียม คือ เจือจางกรดซัลฟิวริก เข้มข้น จำนวน 1.25 ให้ได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น

4.3.5 ปีโตรเลียมอีเทอร์

4.3.6 ไดเอทิลอีเทอร์

4.4 วิธีทำ

4.4.1 ชั่งตัวอย่างอาหาร 1-2 กรัม

4.4.2 เติมสารละลายซัลฟิวริก ความเข้มข้น 1.25 ปริมาตร 200 มิลลิลิตร ลงในปีกเกอร์ ไปต้มเดือดนาน 30 นาที ขณะต้มควรปิดปากฟลาสค์ด้วยกระจกนาฬิกา สังเกตไม่ให้ปริมาตรของสารละลายลดลง หากลดลงให้ปรับปริมาตรโดยใช้น้ำร้อน ขณะต้มควรเขย่าฟลาสค์เป็นครั้งคราว เพื่อให้ตัวอย่างผสมกันอย่างทั่วถึง

4.4.3 นำสารละลายที่ต้มกับตัวอย่าง วางทิ้งไว้ประมาณ 1 นาที

4.4.4 กรองตัวอย่างที่ถูกละลายด้วย Buchner funnel ที่รองด้วยกระดาษกรอง กรองกากทั้งหมดให้เสร็จภายใน 10 นาที ล้างกากด้วยน้ำร้อนจนหมดกรด

4.4.5 นำกระดาษกรองพร้อมกาก ใส่ลงในปีกเกอร์ใบเดิม ล้างกากออกจากกระดาษกรองด้วยสารละลายไซเตียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 1.25 ปริมาตร 200 มิลลิลิตร ใส่ลงในปีกเกอร์ ต้มเดือด เป็นเวลา 30 นาที

4.4.6 กรองตัวอย่างที่ถูกละลายด้วย Buchner funnel ที่รองด้วยกระดาษกรอง กรองกากทั้งหมดให้เสร็จภายใน 10 นาที ล้างกากด้วยน้ำร้อนจนหมดต่าง

4.4.7 นำกระดาษกรองพร้อมกาก ใส่ลงในบีกเกอร์ใบเดิม ล้างกากด้วยสารละลายกรด ไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ แล้วตามด้วยน้ำร้อน จนแน่ใจว่าไม่เหลือกรดอยู่

4.4.8 ล้างกากที่ได้ด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ 2 ครั้ง ตามด้วยไดเอทิลอีเทอร์ 3 ครั้ง

4.4.9 นำกากสารละลายเทใส่ถ้วยกระเบื้องที่ทราบน้ำหนักแน่นอน ไประเหยบนอ่างน้ำ

4.4.10 นำถ้วยกระเบื้องที่ระเหยแห้ง แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบใส่ไว้ในโถดูดความชื้น ปล่อยให้เย็นแล้วชั่งน้ำหนักจนได้น้ำหนักที่แน่นอน

4.4.11 นำกากที่ได้ไปเผาต่อในเตาเผา ที่อุณหภูมิ 500-550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วลดอุณหภูมิเตาเผาลง ครั้งละ 50 องศาเซลเซียส ทุกๆ 30 นาที จนเหลืออุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส

4.4.12 ชั่งให้เย็นในโถดูดความชื้น และชั่งน้ำหนัก

4.5 การคำนวณ

$$\text{ปริมาณเส้นใยหยาบ (\%)} = \frac{W_2 - W_1}{W_3} \times 100$$

กำหนดให้

W_1 = น้ำหนักของถ้วยเปล่า (กรัม)

W_2 = น้ำหนักของถ้วยเผาที่รวมเส้นใย (กรัม)

W_3 = น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)

5. การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า (AOAC, 2000)

5.1 อุปกรณ์

5.1.1 เตาเผา

5.1.2 ถ้วยกระเบื้องเคลือบ

5.1.3 โถดูดความชื้น

5.1.4 เครื่องชั่งไฟฟ้า

5.2 วิธีทำ

5.2.1 เฝากล้วยกระปิ๋องเคลือบในเตาเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วลดอุณหภูมิเตาเผาลง

5.2.2 ปิดเตาแล้วจึงนำกล้วยกระปิ๋องใส่ในโถดูดความชื้น ปล่อยให้เย็นจนกระทั่งอุณหภูมิของกล้วยกระปิ๋องเคลือบลดลงเท่ากับอุณหภูมิห้องแล้วชั่งน้ำหนัก

5.2.3 ทำซ้ำเช่น ข้อ 5.2.1 จนได้ผลต่างของน้ำหนักทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

5.2.4 ชั่งตัวอย่างอาหารให้ได้น้ำหนักแน่นอนประมาณ 1-2 กรัม ใส่ในกล้วยกระปิ๋องเคลือบที่ทราบน้ำหนักแน่นอน แล้วนำไปเผาในตู้อบควันจนหมดควันก่อน

5.2.5 นำกล้วยกระปิ๋องเคลือบที่ใส่ตัวอย่างอาหารเข้าเตาเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส

5.2.6 ทำซ้ำเช่น ข้อ 5.2.1-5.2.2

5.3 การคำนวณ

$$\text{ปริมาณเถ้า (ร้อยละโดยน้ำหนัก)} = \frac{(W_2 - W_1)}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$$

$$\text{กำหนดให้ } W_1 = \text{น้ำหนักถ้วย}$$

$$W_2 = \text{น้ำหนักถ้วย} + \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา}$$

6. การวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรต

ในการวิเคราะห์ส่วนประกอบโดยรวมประมาณ (proximate analysis) ของตัวอย่างอาหาร จะต้องวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ไขมันหรือลิพิด โปรตีน และเถ้า สำหรับปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด คือ ส่วนที่เหลือโดยผลต่างจึงหาปริมาณคาร์โบไฮเดรตในอาหาร โดยวิธีคำนวณดังนี้

6.1 การคำนวณ

$$\text{คาร์โบไฮเดรต (\%)} = 100 - (\% \text{ ความชื้น} + \% \text{ ลิพิด} + \% \text{ โปรตีน} + \% \text{ เถ้า})$$

ภาคผนวก ข

แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

ชื่อผู้ทดสอบ.....วันที่.....ชุดที่.....

คำแนะนำ : กรุณาทดสอบตัวอย่างที่เสนอให้ตามลำดับของรหัสจากซ้ายไปขวา แล้วให้คะแนนแต่ละคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ ที่ใกล้เคียงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด โดยกำหนดให้

- | | | |
|---------------------|--------------|------------------|
| 1= ไม่ชอบมากที่สุด | 2= ไม่ชอบมาก | 3= ไม่ชอบปานกลาง |
| 4= ไม่ชอบน้อยที่สุด | 5= เฉยๆ | 6= ชอบน้อยที่สุด |
| 7= ชอบปานกลาง | 8= ชอบมมาก | 9= ชอบมากที่สุด |

คุณลักษณะ	คะแนนความชอบ			
	รหัส	รหัส	รหัส	รหัส
สีเปลือกด้านนอก				
สีเนื้อ				
กลิ่น				
รสชาติ				
เนื้อสัมผัส				
ความชอบโดยรวม				

ข้อเสนอแนะ:

.....

.....

.....

ภาคผนวก ค
ภาพการทำวิจัย

ขั้นตอนการเตรียมมะม่วง



มะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง



ตัดชิ้นผลมะม่วง



ล้างทำความสะอาดด้วยสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ ความเข้มข้น 200 ppm





ผึ่งให้แห้ง



เคลือบผิว



ZW



CMC_{gl} 25%



CMC_{gl} 30%



ผึ่งให้แห้ง



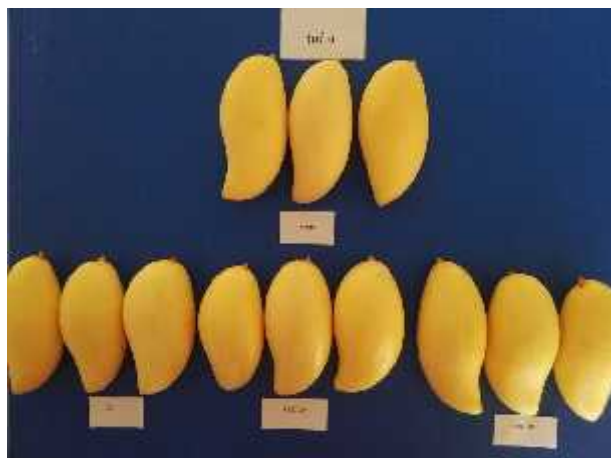


ใส่ตาข่ายกันกระแทกแล้วบรรจุลงในกล่อง



เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส

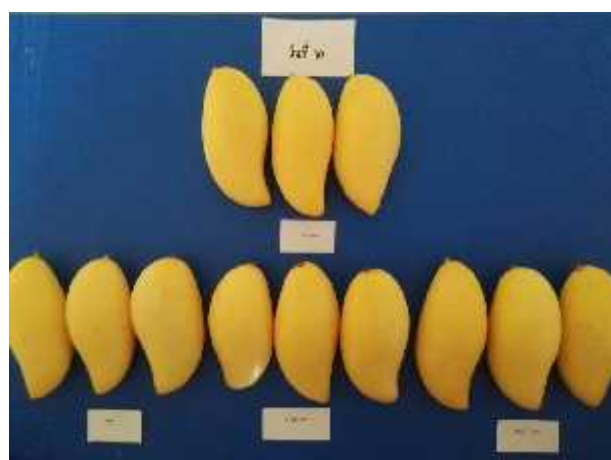
ภาพ ค1 ขั้นตอนการเตรียมและเคลือบผิวมะม่วง



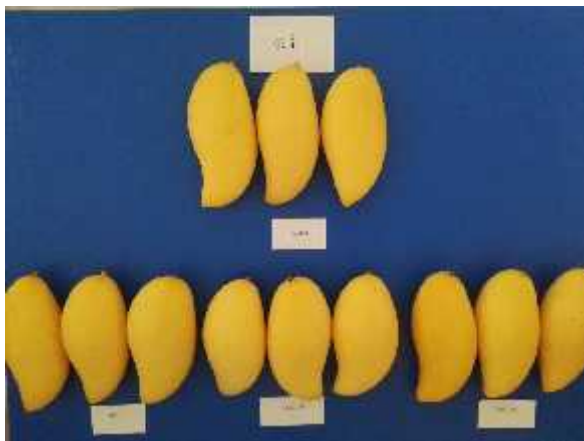
ภาพ ค2 ผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการเคลือบผิวที่อายุการเก็บ 0 วัน



ภาพ ค3 ผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการเคลือบผิวที่อายุการเก็บ 5 วัน



ภาพ ค4 ผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการเคลือบผิวที่อายุการเก็บ 10 วัน



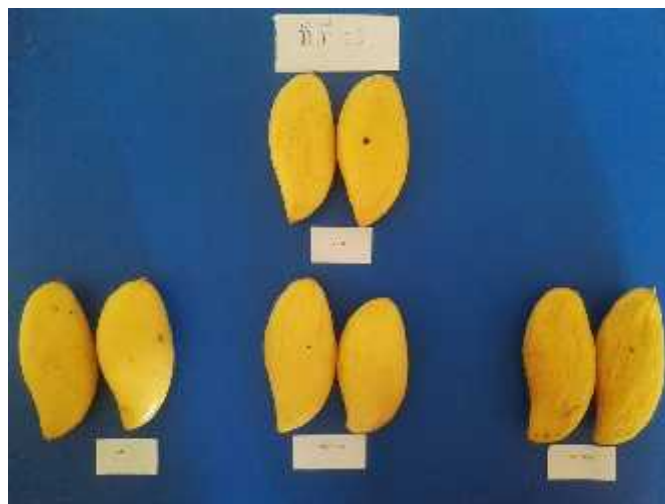
ภาพ ค5 ผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการเคลือบผิวที่อายุการเก็บ 15 วัน



ภาพ ค6 ผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการเคลือบผิวที่อายุการเก็บ 20 วัน



ภาพ ค7 ผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการเคลือบผิวที่อายุการเก็บ 25 วัน



ภาพ ค8 ผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการเคลือบผิวที่อายุการเก็บ 30 วัน