



รายงานการวิจัย

การศึกษาและพัฒนาสารเคลือบผิวมะม่วงน้ำดอกไม้ด้วยไคโตซาน

The Study and Development Skin Coating in Mango

CV. NAM DOK MAI by Chitosan

ชนากานต์ วิญญกุล

สาขาเคมี คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ประจำปีงบประมาณ 2558

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การศึกษาและพัฒนาสารเคลือบผิวมะม่วงน้ำดอกไม้ด้วยไคโตซาน

The Study and Development Skin Coating in Mango

CV. NAM DOK MAI by Chitosan

ชนากานต์ วิญญกุล

สาขาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ทุนอุดหนุนโดย

งบประมาณแผ่นดินที่พิจารณาจากโดยผ่านความเห็นชอบ

จากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

ประจำปีงบประมาณ 2558

(ก)

ชื่องานวิจัย การศึกษาและพัฒนาสารเคลือบผิวมะม่วงน้ำดอกไม้ด้วยไคโตซาน

The Study and Development Skin Coating in Mango

cv. NAM DOK MAI by Chitosan

ผู้วิจัย ชนาگانต์ วิญญกุล

สาขาวิชา เคมี

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ 2559

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณไคโตซานจากเปลือกหรือกระดองของสัตว์ที่ไม่มีกระดูกสันหลังบางชนิด และเพื่อพัฒนาสารเคลือบผิวมะม่วงน้ำดอกไม้ ที่จะส่งผลในการยืดอายุการเก็บรักษาผลผลิตของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง ซึ่งผลการศึกษากการสกัดไคโตซานจากเปลือกกุ้ง ปูนา และหอยเชอรี่ พบว่าได้ผลผลิตไคตินและไคโตซานมีค่าอยู่ในช่วง 51.85 – 65.68% และ 46.34 – 61.85% ตามลำดับ โดยเปลือกกุ้ง และเปลือกหอยเชอรี่ สามารถนำไปสกัดเป็นไคติน และไคโตซาน ได้สูงกว่าเปลือกปูนา จากการศึกษาพัฒนาสารเคลือบผิวมะม่วงน้ำดอกไม้จากไคโตซานและศึกษาประสิทธิภาพของการเคลือบผิว โดยแบ่งชุดการทดลองเป็นเคลือบผลมะม่วงด้วยสารละลายไคโตซานอย่างเดียวกเข้มข้น 0.5%, 1%, 1.5% และ 2% (w/v) ตามลำดับ และเคลือบด้วยสารละลายไคโตซานเข้มข้น 2.0% w/v ผสมกับกลีเซอรอล ไซฟี่ และ tween 80 ตามลำดับ และเคลือบด้วยคาร์บูนาเข้มข้น 0.5%, 1%, 1.5% และ 2% (w/v) ตามลำดับ เปรียบเทียบกับผลที่ไม่ได้ผ่านการเคลือบ (control) เก็บรักษาในกล่องที่อุณหภูมิ 25 ± 3 °C เป็นเวลา 15 วัน ทำการวิเคราะห์ทางกายภาพและทางเคมี คือ ค่าสีเปลือก (L^* , a^* , b^*) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA) ปริมาณวิตามินซี และการสูญเสียน้ำหนัก ทำการวิเคราะห์ทุกๆ 5 วันของการเก็บรักษา พบว่าสารเคลือบผิวสามารถช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนัก การสุก และการเกิดโรคของมะม่วงได้ มะม่วงที่ผ่านการเคลือบผิวพบการเกิดแอนแทรกคโนสเมื่อเก็บรักษานาน 15 วัน ในขณะที่มะม่วงที่ไม่ผ่านการเคลือบผิวเกิดแอนแทรกคโนสเมื่อเก็บรักษานาน 10 วัน โดยชุดการเคลือบผิวไคโตซานเข้มข้น 0.5% w/v ให้ประสิทธิภาพในการเคลือบผิวและเก็บรักษามะม่วงดีที่สุด และให้ประสิทธิภาพดีกว่าสารเคลือบคาร์บูนาที่ใช้เคลือบผิวผลไม้ทั่วไป และเมื่อเปรียบเทียบการเคลือบผิวมะม่วงด้วยสารละลายไคโตซาน 2.0% w/v ผสมกับสารอิมัลชัน พบว่า มะม่วงที่เคลือบด้วยสารละลายไคโตซานผสมกับกลีเซอรอล ให้

(ข)

ประสิทธิภาพดีกว่าสารอิมัลชันอื่นๆ แต่ให้ประสิทธิภาพได้ไม่ดีเท่ามะม่วงที่ผ่านการเคลือบด้วย
สารละลายไคโตซานเพียงอย่างเดียว

คำสำคัญ : มะม่วงน้ำดอกไม้, สารเคลือบผิว, ไคโตซาน

Research Title The Study and Development Skin Coating in Mango
CV. NAM DOK MAI by Chitosan

Name Chanakan Winyakul

Department Chemistry
Phetchabun Rajabhat University 2016

Abstract

This research aimed to study the quantitative of chitosan from shell or carapace of invertebrate species and to develop the NAM DOK MAI mango skin coating that affected to extend the shelf life of product. The result of the extraction of chitosan from shrimp, rice field crab and golden apple snail founded that have chitin and chitosan between 51.85 – 65.68% and 46.34 – 61.85% respectively. The shrimp and golden apple snail were extracted to chitin and chitosan much more than rice field crab. The development of NAM DOK MAI mango skin coating from chitosan and study the effective of coating by separate the experiment as the coating with chitosan only in concentration 0.5%, 1%, 1.5% and 2% (w/v) , respectively and the coating with chitosan 2.0% (w/v) mixed with glycerol bee wax and tween 80, respectively and the coating with carnauba wax in concentration 0.5%, 1%, 1.5% and 2.0% (w/v), respectively that were compared with control. The mangoes were stored in the boxes at 25 ± 3 °C for 15 days, analyzed the physical and chemical properties, such as color of peels, total soluble solids, titratable acidity, vitamin c and weight loss, analyzed every 5 days of storage. It was found that the skin coating could reduced the weight loss, ripening delay and decay of mangoes. The mangoes were coated found antracnose when storage in 15 days while control found antracnose in 10 days of storage. The mangoes were coated with chitosan 0.5% (w/v) gave a good effective and ripening delay more than carnauba that used to coat in general peel of fruits. The mangoes were coated with chitosan 2.0% (w/v)

mixed with glycerol have good effective more than the mangoes were coating with chitosan mixed other emulsions but not effective better than pure chitosan.

Keywords : NAM DOK MAI, Skin Coating, Chitosan

(จ)

กิตติกรรมประกาศ

เอกสารเล่มนี้เป็นเอกสารงานวิจัย เรื่อง การศึกษาและพัฒนาสารเคลือบผิวมะม่วงน้ำดอกไม้ด้วยไคโตซาน โครงการวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เพราะผู้วิจัยได้รับคำแนะนำ และความช่วยเหลือจากบุคคลหลายฝ่าย ทั้งนักศึกษา เจ้าหน้าที่ และอาจารย์ หลักสูตรสาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์ในการทำวิจัย เพื่ออำนวยความสะดวกด้านอุปกรณ์ เครื่องมือ และสถานที่ที่ใช้ในงานวิจัย รวมทั้งขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ที่ได้ให้ทุนอุดหนุนการวิจัย

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ คุณไตรรัตน์ เปียถนอม และผู้รู้ทุกท่านเป็นอย่างสูง ที่ได้ให้ความกรุณาให้คำปรึกษาแนะนำ ชี้แนะแนวทาง ให้แก่ผู้วิจัย และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะเป็นประโยชน์ในการนำไปใช้เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาอันจะส่งผลต่อการพัฒนาคุณภาพการวิจัยและการส่งออกของมะม่วงน้ำดอกไม้ต่อไป ผู้ทำการวิจัยจึงขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ชนากานต์ วิญญกุล

29 มีนาคม 2559

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ค
กิตติกรรมประกาศ.....	จ
สารบัญตาราง.....	ซ
สารบัญภาพ.....	ฅ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 สมมุติฐาน	2
1.4 ขอบเขตการวิจัย.....	2
1.5 ประโยชน์ของการวิจัย	3
บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 มะม่วงน้ำดอกไม้.....	4
2.2 สารเคลือบผิวผลไม้	7
2.3 ไคโตซาน.....	8
2.4 มาตรฐานคุณภาพมะม่วง การส่งออก และวิธีการส่งออก	15
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	18
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	22
3.1 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง	22
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	23
3.3 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	23
บทที่ 4 ผลการวิจัย.....	34
4.1 การสกัดไคตินและไคโตซานจากเปลือกหรือกระดอง ของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังบางชนิด	34
4.2 ผลการศึกษาประสิทธิภาพของการเคลือบผิวที่มีต่ออายุการเก็บรักษาและการ เปลี่ยนแปลงคุณภาพของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองภายหลังการเก็บเกี่ยว ...	36

(ข)

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ	66
บรรณานุกรม	69
ภาคผนวก.....	74
ภาคผนวก ก ภาพงานวิจัย	74
ภาคผนวก ข ค่าจัดระดับทางสถิติ	80
ประวัติคณะผู้วิจัย	88

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2-1 ขนาดคำหนิของมะม่วงคุณภาพชั้นหนึ่ง.....	16
2-2 ขนาดคำหนิของมะม่วงคุณภาพชั้นสอง.....	17
3-1 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง.....	22
3-2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	23
4-1 ผลผลิตไคตินและไคโดซาน (เทียบจากน้ำหนักไคติน) จากเปลือกหรือกระดอง ของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังบางชนิด	34
4-2 การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการ เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เปรียบเทียบกับผล ที่ไม่ได้ผ่านการเคลือบผิว(control)	64
5-1 ผลสรุปดัชนีการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการเก็บรักษาคุณภาพมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ สีทองภายหลังการเก็บเกี่ยว โดยวิธีการเคลือบผิวด้วยสารละลายชนิดต่างๆ.....	67
ผข 1 ค่าการจัดระดับทางสถิติของเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ สีทองที่เคลือบด้วยสารละลายชนิดต่างๆ.....	81
ผข 2 ค่าการจัดระดับทางสถิติของค่าการวัดสีของค่า L^* ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง ที่เคลือบด้วยสารละลายชนิดต่างๆ.....	82
ผข 3 ค่าการจัดระดับทางสถิติของค่าการวัดสีของค่า a^* ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง ที่เคลือบด้วยสารละลายชนิดต่างๆ.....	83
ผข 4 ค่าการจัดระดับทางสถิติของค่าการวัดสีของค่า b^* ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง ที่เคลือบด้วยสารละลายชนิดต่างๆ.....	84
ผข 5 ค่าการจัดระดับทางสถิติของค่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของ มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง ที่เคลือบด้วยสารละลายชนิดต่างๆ.....	85
ผข 6 ค่าการจัดระดับทางสถิติของค่าปริมาณวิตามินซีของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง ที่เคลือบด้วยสารละลายชนิดต่างๆ.....	86
ผข 7 ค่าการจัดระดับทางสถิติของค่าปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของมะม่วงพันธุ์ น้ำดอกไม้สีทอง ที่เคลือบด้วยสารละลายชนิดต่างๆ.....	87

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2-1 ลักษณะของผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง	4
2-2 โครงสร้าง เซลลูโลส (a), ไคติน (b) และไคโตซาน (c)	9
2-3 ลักษณะของไคติน (a) และ ไคโตซาน (b) จากเปลือกกุ้ง.....	9
2-4 ปริมาณการส่งออกมะม่วงสดไปจำหน่ายยังต่างประเทศ ปี พ.ศ. 2555-2558	17
4-1 ไคตินและไคโตซานที่ได้จากการสกัดจากเปลือกหรือกระดูกของสัตว์ชนิดต่างๆ ...	35
4-2 เพอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซาน ที่ความเข้มข้น 0.5%, 1%, 1.5% และ 2% (w/v) ตามลำดับ และมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว (Control).....	36
4-3 เพอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบผิวด้วยสารละลายคาร์บูนาที่ความเข้มข้น 0.5%, 1%, 1.5% และ 2% (w/v) ตามลำดับ และมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว (Control).....	37
4-4 เพอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซานเข้มข้น 0.5%, 1%, 1.5% และ 2% (w/v) ผสมกลีเซอรอล และมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว (Control).....	38
4-5 เพอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซานเข้มข้น 2% (w/v) ผสมกับโซฟีน Tween80 และกลีเซอรอล และมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว(Control).....	39
4-6 การศึกษาการวัดค่าสีของค่า L* ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซาน ที่ความเข้มข้น 0.5%, 1%, 1.5% และ 2% (w/v) ตามลำดับ และมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว (Control).....	40
4-7 การศึกษาการวัดค่าสีของค่า L* ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบผิวด้วยสารละลายคาร์บูนาที่ความเข้มข้น 0.5%, 1%, 1.5% และ 2% (w/v) ตามลำดับ และมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว (Control).....	41
4-8 การศึกษาการวัดค่าสีของค่า L* ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซานเข้มข้น 0.5%, 1%, 1.5% และ 2% (w/v) ผสมกลีเซอรอล และมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว (Control).....	42

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4-9 การศึกษาการวัดค่าสีของค่า L^* ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซานเข้มข้น 2% (w/v) ผสมกับไขมัน Tween80 และกลีเซอรอล และมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว(Control).....	43
4-10 การศึกษาการวัดค่าสีของค่า a^* ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซาน ที่ความเข้มข้น 0.5%, 1%, 1.5% และ 2% (w/v) ตามลำดับ และมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว (Control).....	44
4-11 การศึกษาการวัดค่าสีของค่า a^* ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบผิวด้วยสารละลายคาร์บูนาที่ความเข้มข้น 0.5%, 1%, 1.5% และ 2% (w/v) ตามลำดับ และมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว (Control).....	45
4-12 การศึกษาการวัดค่าสีของค่า a^* ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซานเข้มข้น 0.5%, 1%, 1.5% และ 2% (w/v) ผสมกลีเซอรอล และมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว (Control).....	46
4-13 การศึกษาการวัดค่าสีของค่า a^* ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซานเข้มข้น 2% (w/v) ผสมกับไขมัน Tween80 และกลีเซอรอล และมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว(Control).....	47
4-14 การศึกษาการวัดค่าสีของค่า b^* ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซาน ที่ความเข้มข้น 0.5%, 1%, 1.5% และ 2% (w/v) ตามลำดับ และมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว (Control).....	48
4-15 การศึกษาการวัดค่าสีของค่า b^* ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบผิวด้วยสารละลายคาร์บูนาที่ความเข้มข้น 0.5%, 1%, 1.5% และ 2% (w/v) ตามลำดับ และมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว (Control).....	49
4-16 การศึกษาการวัดค่าสีของค่า b^* ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซานเข้มข้น 0.5%, 1%, 1.5% และ 2% (w/v) ผสมกลีเซอรอล และมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว (Control).....	50

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4-17 การศึกษาการวัดค่าสีของค่า b^* ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซานเข้มข้น 2% (w/v) ผสมกับไขมัน Tween80 และกลีเซอรอล และมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว(Control).....	51
4-18 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซาน ที่ความเข้มข้น 0.5%, 1%, 1.5% และ 2% (w/v) ตามลำดับ และมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว (Control).....	52
4-19 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบผิวด้วยสารละลายคาร์บูนาที่ความเข้มข้น 0.5%, 1%, 1.5% และ 2% (w/v) ตามลำดับ และมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว (Control).....	53
4-20 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซานเข้มข้น 0.5%, 1%, 1.5% และ 2% (w/v) ผสมกลีเซอรอล และมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว (Control).....	54
4-21 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซานเข้มข้น 2% (w/v) ผสมกับไขมัน Tween80 และกลีเซอรอล และมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว(Control).....	55
4-22 การศึกษาการวัดปริมาณหาวิตามินซีของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซาน ที่ความเข้มข้น 0.5%, 1%, 1.5% และ 2% (w/v) ตามลำดับ และมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว (Control).....	56
4-23 การศึกษาการวัดปริมาณหาวิตามินซีของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบผิวด้วยสารละลายคาร์บูนาที่ความเข้มข้น 0.5%, 1%, 1.5% และ 2% (w/v) ตามลำดับ และมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว (Control).....	57
4-24 การศึกษาการวัดปริมาณหาวิตามินซีของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซานเข้มข้น 0.5%, 1%, 1.5% และ 2% (w/v) ผสมกลีเซอรอล และมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว (Control).....	58
4-25 การศึกษาการวัดปริมาณหาวิตามินซีของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซานเข้มข้น 2% (w/v) ผสมกับไขมัน Tween80 และกลีเซอรอล และมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว(Control).....	59

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4-26 การศึกษาปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซาน ที่ความเข้มข้น 0.5%, 1%, 1.5% และ 2% (w/v) ตามลำดับ และมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว (Control).....	60
4-27 การศึกษาปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบผิวด้วยสารละลายคาร์บูนาที่ความเข้มข้น 0.5%, 1%, 1.5% และ 2% (w/v) ตามลำดับ และมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว (Control).....	61
4-28 การศึกษาปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซานเข้มข้น 0.5%, 1%, 1.5% และ 2% (w/v) ผสมกลีเซอรอล และมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว (Control).....	62
4-29 การศึกษาปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซานเข้มข้น 2% (w/v) ผสมกับไข่ผง Tween80 และกลีเซอรอล และมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว(Control).....	63
ผก 1 เครื่องวัดสี ยี่ห้อ Hunter lab	75
ผก 2 ตู้บยี่ห้อ MEMMERT รุ่น D 06061 model 500.....	75
ผก 3 เครื่องชั่งหยาบทศนิยม 2 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Sartorius รุ่น RP 210 S.....	75
ผก 4 เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ SARTORIUS.....	75
ผก 5 แสดงเครื่องวัด Hand refractometer ยี่ห้อ ATAGO® PAL-1 (N 10-32)	75
ผก 6 เครื่องปั่นผลไม้.....	75
ผก 7 ตะแกรงกรอง.....	76
ผก 8 Stirring hot plate ยี่ห้อ JENWAY รุ่น 1203.....	76
ผก 9 โกร่งบดสาร	76
ผก 10 เปลือกกุ้งบดละเอียด	76
ผก 11 เปลือกปูบดละเอียด.....	76
ผก 12 เปลือกหอยเชอร์รี่บดละเอียด	76
ผก 13 การกำจัดแร่ธาตุ	77

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
ผล 14 การกำจัดโปรตีน	77
ผล 15 การกำจัดสี	77
ผล 16 การกำจัดหมู่อะซิติล	77
ผล 17 ไคติน – ไคโตซาน	77
ผล 18 ตัดขั้วมะม่วง แล้วล้างทำความสะอาด	77
ผล 19 จุ่มน้ำร้อน ที่อุณหภูมิ 55 ± 2 °C	78
ผล 20 ผึ่งมะม่วงให้แห้ง	78
ผล 21 เตรียมสารเคลือบไคโตซานผสมกลีเซอรอล	78
ผล 22 เคลือบมะม่วงโดยจุ่มลงในสารละลาย เป็นเวลา 2 นาที	78
ผล 23 วัดความแน่นเนื้อของมะม่วง	78
ผล 24 ชั่งเนื้อมะม่วง	78
ผล 25 ปั่นเนื้อมะม่วง	79
ผล 26 กรองน้ำมะม่วง	79
ผล 27 ไพเทรตหาปริมาณกรดทั้งหมด	79
ผล 28 วัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS)	79
ผล 29 อุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการทดลอง	79
ผล 30 มะม่วงที่ผ่านการเคลือบเทียบกับ ชุดควบคุม เมื่อเวลาผ่านไป 5 วัน	79

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

มะม่วงน้ำดอกไม้ เป็นมะม่วงที่นิยมรับประทานผลสุก รสชาติหวานไม่จัด มีกลิ่นหอม เนื้อฟรุตหนาและแน่น มีเมล็ดบาง ผิวเปลือกเมื่อสุกจะมีสีเหลืองอมเขียวจนถึงเหลืองทอง มะม่วงน้ำดอกไม้เป็นพันธุ์ที่มีเปลือกค่อนข้างบาง และบอบช้ำง่าย หลังจากการเก็บเกี่ยวมะม่วงมาจากต้นแล้ว ผลของมะม่วงจะถูกตัดขาดจากแหล่งน้ำและอาหาร ทำให้เกิดการสูญเสียน้ำ ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของตัวผลิตภัณฑ์ ได้แก่ รสชาติ น้ำหนัก และเนื้อสัมผัสที่อาจบอบช้ำเป็นสีน้ำตาล อีกทั้งการเข้าทำลายของเชื้อโรคก็อาจเกิดได้ง่าย ซึ่งสิ่งเหล่านี้เป็นปัจจัยที่มีผลต่อราคาของผลิตภัณฑ์ อีกทั้งประเทศไทยสามารถส่งออกผลผลิตทางการเกษตรได้ปีละหลายหมื่นล้านบาท หนึ่งในผลไม้สดที่เป็นชื่อเสียงของประเทศไทยคือมะม่วงน้ำดอกไม้ แต่การขนส่งไปยังต่างประเทศต้องใช้ระยะเวลา ประกอบกับผลผลิตทางการเกษตรมีการสุกและเสียหายไปเรื่อยๆ การขนส่งทางเรือบินทำให้มีค่าใช้จ่ายที่สูง ทำให้เฉพาะประเทศที่ให้ค่าตอบแทนสูง เช่น ญี่ปุ่น แต่สำหรับญี่ปุ่นไม่มีความจำเป็นต้องชะลอการสุก เพราะต้องการให้สุกทันทีที่ลงขาย ส่วนการขายในตลาดอนาคตที่อยู่ห่างไกลและมีค่าครองชีพต่ำ จึงจำเป็นต้องหาทางชะลอการสุกเพื่อให้สามารถขนส่งไปยังประเทศดังกล่าวได้และมีต้นทุนต่ำที่สุด

เพื่อชะลอการหายใจที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดการสูญเสียน้ำของผลมะม่วง และเพื่อเป็นการช่วยให้ผลมะม่วงมีความสวยงาม น่าซื้อ น่ารับประทาน และยืดอายุการวางจำหน่ายให้นานขึ้น ไม่เพียง vậy จึงมีการนำสารเคลือบผิวผลไม้มาทำการเคลือบก่อนบรรจุลงกล่องเพื่อส่งต่อไปยังผู้บริโภค สารเคลือบผิวจะไปเคลือบปกคลุม ทับ ทดแทนไขหรือเปลือกที่เคยมีอยู่บนผิวของผลไม้ ที่ถูกชะล้างไปจากกระบวนการล้างทำความสะอาดผลผลิต ตลอดจนปิดช่องทางที่ก่อให้เกิดการสูญเสียน้ำจากการหายใจเกิดการแลกเปลี่ยนก๊าซให้ลดน้อยลง นั่นคือลดปริมาณก๊าซออกซิเจนที่ผลจะใช้ในการหายใจ ทำให้ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งจะส่งผลในการยับยั้งการสร้างและการทำงานของก๊าซเอทิลีนซึ่งเป็นฮอร์โมนที่พืชผลิตขึ้นมาเพื่อเร่งการสุกและการเสื่อมสภาพของผลผลิต จะทำให้ความเข้มข้นของก๊าซเอทิลีนภายในผลไม้ต่ำกว่าปกติ ด้วยเหตุนี้การเคลือบผิวของผลไม้จึงเป็นที่นิยม สารเคลือบผิวผลไม้ได้จากการสังเคราะห์จากผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมซึ่งสามารถกินได้ นอกจากนี้ยังมีสารเคลือบผิวผลไม้ทั้งที่ได้จากธรรมชาติมีหลายชนิด เช่น เซลลูลอส เป็นสารเคลือบผิวที่ได้จากเรซินธรรมชาติ จีฟีน แวกซ์ที่ได้จากต้นปาล์มคาร์นาวาลา ไฟโบรอินจากรังไหม ไคโตซานจากเปลือกหรือกระดูกของสัตว์ที่ไม่มีกระดูกสันหลัง เช่น กุ้ง ปู หอย เป็นต้น ซึ่งในแต่ละปีประเทศไทยมีการส่งออก นำเข้าและบริโภคกุ้ง ปูและปลาหมึกเป็นจำนวนมากซึ่งจากสถิติในช่วงปี พ.ศ. 2536 -2543

พบว่าประเทศไทยมีปริมาณมวลรวมของการส่งออกนำเข้า และบริโภคในประเทศสำหรับกุ้ง ปู และ ปลาหมึก ประมาณ 57,000 และ 190,000 ตันต่อปี ตามลำดับ เป็นดัชนีแสดงถึงปริมาณการบริโภคที่เกิดขึ้นจะมากตามไปด้วย

งานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาไคโตซานจากเปลือกหรือกระดองของสัตว์ที่ไม่มีกระดูกสันหลัง ซึ่งหาง่ายและมีต้นทุนในการผลิตต่ำ อีกทั้งยังเป็นการลดเศษขยะจากการแปรรูปอาหาร เพื่อนำมาพัฒนาเป็นสารเคลือบผิวของผลไม้สดน้ำดอกไม้ว ทำให้เกิดความสวยงาม น่ารับประทาน และสามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลผลิตก่อนส่งต่อไปยังผู้บริโภค และเป็นการเพิ่มมูลค่าของผลผลิตอีกด้วย อีกทั้งยังสามารถทำให้ประสิทธิภาพการส่งออกในระยะไกลมีมากขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาปริมาณไคโตซานจากเปลือกหรือกระดองของสัตว์ที่ไม่มีกระดูกสันหลังบางชนิด
2. เพื่อพัฒนาสารเคลือบผิวผลไม้สดน้ำดอกไม้ว ที่จะส่งผลในการยืดอายุการเก็บรักษาผลผลิต ให้มีคุณภาพเพื่อการส่งออก

1.3 สมมติฐาน

1. สกัดไคโตซานได้จากเปลือกหรือกระดองของสัตว์ที่ไม่มีกระดูกสันหลังบางชนิด
2. สารไคโตซานที่สกัดได้สามารถนำไปพัฒนาเป็นสารเคลือบผิวผลไม้สดน้ำดอกไม้ว แล้วสามารถนำส่งออกได้

1.4 ขอบเขตการวิจัย

1. กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ว จากเกษตรกรตำบลคงมูลเหล็ก จังหวัดเพชรบูรณ์
2. ตัวแปรที่ศึกษา
 - 2.1 ตัวแปรอิสระ (Independent Variables) ได้แก่ วิธีการสกัดไคโตซานจากเปลือกและกระดองของสัตว์ที่ไม่มีกระดูกสันหลังบางชนิด และการพัฒนาเป็นสารเคลือบผิวของผลไม้สด
 - 2.2 ตัวแปรตาม (Dependent Variables) ได้แก่
 - 2.2.1 ปริมาณไคโตซานที่สกัดได้

2.2.2. ระยะเวลาการเก็บรักษาผลมะม่วงหลังการเคลือบผิวของผลมะม่วงด้วยไคโตซาน

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ

1. สารไคโตซานที่ได้จากการสกัดสามารถนำไปพัฒนาเป็นสารเคลือบผิวผลไม้ที่มีต้นทุนการผลิตต่ำ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ
2. ผลมะม่วงที่ได้ผ่านการเคลือบผิวด้วยไคโตซานมีระยะเวลาการเก็บรักษาไว้ได้นานกว่าผลที่ไม่ได้ผ่านการเคลือบผิว ทำให้สามารถเพิ่มพื้นที่การส่งออกไปยังผู้บริโภคในประเทศต่างๆ ได้
3. เกษตรกรในชุมชน ตำบลงมูลเหล็ก มีรายได้เพิ่มขึ้นจากการส่งออกมะม่วงน้ำดอกไม้ที่มีคุณภาพ
4. สามารถลดขยะจากการแปรรูปอาหารสัตว์ที่ไม่มีกระดูกสันหลังบางชนิด

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 มะม่วงน้ำดอกไม้

มะม่วง เป็นไม้ผลที่มีทรงพุ่มขนาดกลาง ใบโต ยาว ปลายแหลม ขอบใบเรียบ ใบอ่อนสีแดง ออกดอกเป็นช่อตามปลายกิ่ง มีดอกขนาดเล็ก สีขาว ผลอ่อนสีเขียว ผลแก่สีเหลือง เมล็ดแบน มีเปลือกหุ้มเมล็ดแข็ง มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Mangifera indica* และเป็นไม้ยืนต้นในตระกูล *Mangifera* เป็นพืชที่มีถิ่นกำเนิดในประเทศอินเดีย

ลักษณะประจำพันธุ์

มะม่วงน้ำดอกไม้เป็นมะม่วงที่นิยมรับประทานสุก เป็นไม้พุ่มยืนต้น สูงประมาณ 10 - 15 ม. ลำต้นตรง เรือนยอดกลม ทึบ ใบเดี่ยว การเกาะติดของใบบนกิ่งแบบเวียน ใบรูปหอกยาวแกมขอบขนาน ปลายเรียวแหลม โคนมนแหลม ออกดอกเดือนธันวาคม ถึง มกราคม ดอกออกเป็นช่อที่ปลายกิ่ง ในช่อดอกหนึ่งๆ จะมีช่อย่อยหลายช่อ ดอกย่อยขนาดเล็กสีเหลืองอ่อน ก้านดอกสั้น ผลสุกเดือนพฤษภาคม ถึง มิถุนายน (กรมส่งเสริมวิชาการเกษตร., 2554)

ผล มีลักษณะผลใหญ่ ก่อนข้างยาว รูปทรงอูมรี น้ำหนักขนาด 3 ผลต่อกิโลกรัม ผิวเมื่อดิบจะมีสีเขียวจนเวลามีรสชาติเปรี้ยว เมื่อสุกจะมีรสหวาน มะม่วงน้ำดอกไม้แบ่งสายพันธุ์ย่อยๆ ได้แก่ มะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์สี่ ลักษณะเด่นคือ ผลมีขนาดกลางถึงใหญ่ ผลอูมรี หัวใหญ่ปลายแหลม ผลค่อนข้างยาว ผิวเปลือกบาง เปราะ เมื่อผลดิบผิวเปลือกมีสีเขียวจน เนื้อแน่น หนา สีขาว รสเปรี้ยวจัด เมื่อสุกผิวเปลือกมีสีเหลืองจนเหลืองทอง เนื้อสีเหลืองมีกลิ่นหอม เนื้อละเอียด ไม่มีเส้นใย รสหวานเย็น อีกสายพันธุ์หนึ่งได้แก่ มะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง ผลมีลักษณะทรงอูมรี มีขนาดใหญ่ ผิวเมื่อดิบมีสีเขียวจนเวลามีรสชาติเปรี้ยว เมื่อสุกมีสีเหลืองอมส้มสวย เปลือกหนากว่ามะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์สี่เล็กน้อย เนื้อละเอียด มีเส้นใยเล็กน้อย มีรสชาติดหวาน



ภาพที่ 2-1 แสดงลักษณะของผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง

การสุก บทบาทของเอทิลีน และการชะลอการสุก

การสุกของมะม่วง (ripe) เกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่ประกอบไปด้วยการเปลี่ยนแปลงเป็นน้ำตาล การลดลงของปริมาณกรด การเปลี่ยนสีของผิวและเนื้อ การอ่อนนุ่มของเนื้อ การสังเคราะห์สารชนิดไฮโดรคาร์บอนที่ทำให้เกิดกลิ่นและรสชาติเฉพาะของมะม่วง (Wilson et al., 1990) ซึ่งการสุกสามารถสังเกตได้จากลักษณะกายภาพภายนอกคือ การเปลี่ยนแปลงของสี กลิ่น เนื้อสัมผัสและรสชาติ

เอทิลีน (ethylene) เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนประเภทแอลคีน ที่มีชื่อเรียกตามระบบ IUPAC ว่า อีเทน (ethane) เป็นแก๊สที่ไม่มีสี มีกลิ่นเล็กน้อย สามารถติดไฟได้ สูตรโมเลกุลประกอบไปด้วยธาตุคาร์บอนจำนวน 2 อะตอมเชื่อมต่อกันด้วยพันธะโคเวเลนต์ประเภทพันธะคู่ และมีอะตอมของไฮโดรเจนที่สร้างพันธะอยู่กับคาร์บอนแต่ละอะตอมรวมทั้งหมด 4 อะตอม เอทิลีนความเข้มข้นเพียงเล็กน้อยประมาณ 0.1 ppm ก็สามารถกระตุ้นให้เกิดการสุกของผลไม้ได้ ซึ่งปริมาณความเข้มข้นของเอทิลีนในผลไม้มีความสัมพันธ์กับการหายใจ การหายใจของพืชแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ climacteric และ non-climacteric ในประเภทแรกจะมีการผลิตและความเข้มข้นของเอทิลีนภายในผลระหว่างการเจริญเติบโตค่อนข้างต่ำ เมื่อผลไม้เริ่มสุกการผลิตเอทิลีนจะเพิ่มสูงขึ้น ทำให้ความเข้มข้นของเอทิลีนภายในสูงขึ้นด้วย ในประเภทที่สอง ในระหว่างที่ผลไม้สุกจะมีอัตราการหายใจลดลงส่งผลให้ความเข้มข้นของเอทิลีนลดลงด้วย เพราะเหตุที่เอทิลีนสามารถทำให้ผลไม้สุกก่อนส่งถึงตลาดปลายทาง ดังนั้นการควบคุมการผลิตเอทิลีนจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นภายหลังการเก็บเกี่ยว ในมะม่วงมีอัตราการผลิตเอทิลีน 1.0-10.0 $\mu\text{L/kg}\cdot\text{hr}$ ที่ 20°C (สายชล เกตุษา, 2528; เจือจันทร์ ตั้งเดิมทอง, 2541; Kader, 1985) ซึ่งนอกจากก๊าซเอทิลีนเองแล้วก๊าซบางชนิดมีโครงสร้างของสารคล้ายเอทิลีน สามารถกระตุ้นให้ผลไม้ผลิตเอทิลีนได้ แต่ความเข้มข้นต้องสูงกว่ามาก

วิธีที่ง่ายที่สุดในการกำจัดเอทิลีนได้แก่ การระบายอากาศจากห้องเก็บรักษาให้ได้ปริมาณเท่ากับ 1 ห้องในทุก ๆ 1 ชั่วโมง จะสามารถช่วยลดปริมาณเอทิลีนลงได้ (จริงแท้ ศิริพานิช, 2549) แต่การระบายอากาศโดยนำอากาศใหม่เข้าแล้วระบายอากาศเก่าออกสำหรับห้องเย็นปริมาตร 1 ห้อง/ ชั่วโมง จะต้องใช้พลังงานในการทำ ความเย็นที่สูงและต่อเนื่องตลอดเวลา

การเก็บเกี่ยวเมื่อผลยังไม่สมบูรณ์เต็มที่ ผลไม้ที่มีอายุน้อยจะใช้เวลาในการสุกมากกว่าผลที่มีความสมบูรณ์มากกว่า ซึ่งก่อนที่ผลไม้ climacteric จะสุก เอทิลีนต้องมีการสะสมความเข้มข้นถึงจุดๆหนึ่งก่อน (threshold concentration) (Rhodes, 1980)

การใช้อุณหภูมิต่ำก็ทำให้กระบวนการหายใจของผลไม้เกิดช้าลง รวมถึงการเปลี่ยนแปลงทางเคมีอื่นๆด้วย (สายชล เกตุษา, 2528) การเก็บรักษามะม่วงโดยทั่วไปจะเก็บที่อุณหภูมิ $10-13^{\circ}\text{C}$ ถ้าเก็บที่อุณหภูมิต่ำกว่านี้กระบวนการทางสรีรวิทยาเกือบทั้งหมดของผลไม้ จะได้รับ

อันตรายที่อุณหภูมิต่ำเหนือจุดเยือกแข็งทำให้เกิดอาการผิดปกติที่เรียกว่า chilling injury หรืออาการ สะท้านหนาว (สายชล เกตุษา, 2530)

การ heat treatment เป็นการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว เพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของ เชื้อจุลินทรีย์ และแมลงต่างๆ การ heat treatment ก่อนการเก็บรักษาช่วยรักษาคุณภาพของผลไม้ ภายหลังการเก็บเกี่ยวซึ่งจะทำให้อัตราการหายใจของผลไม้ต่ำลง ส่งผลให้ปริมาณเอทิลีนต่ำลงด้วย (Santer et al., 1994) ศิริชัย กัลยาณรัตน์ (2546) พบว่ามะม่วงน้ำดอกไม้ที่ผ่านการทำ heat treatment ที่ อุณหภูมิสูงร่วมกับระยะเวลาที่นานจะมีอัตราการหายใจต่ำกว่าการทำ heat treatment ที่อุณหภูมิและ ระยะเวลาต่ำกว่าแต่ยังคงมีขีดจำกัดเพราะความร้อนที่สูงเกินไปจะทำลายเนื้อเยื่อผลไม้ การ heat treatment สามารถลดการเกิดโรคได้เล็กน้อย แต่สาเหตุหลักมาจากใช้สารละลาย 200 ppm sodium hypochloride ในขั้นตอนทำความสะอาดผลก่อน heat treatment และการใช้ 500 ppm benomyl 5 นาที หรือ 250 ppm prochloraz 3 นาที เพื่อควบคุมการเกิดโรคที่ใช้จุ่มหลังการ heat treatment

การฉายรังสีแกมมา การเจรจาระหว่างรัฐบาลไทย และสหรัฐอเมริกาในปี 2550 กำหนดให้ต้องมีการฉายรังสีแกมมาที่ระดับไม่ต่ำกว่า 400 Gy (400-1,000 Gy แต่ระดับทางการค้าจะ ใช้ 440- 960 Gy) เป็นระเบียบปฏิบัติการส่งออกมะม่วงที่จะขายให้แก่ ประเทศสหรัฐอเมริกา (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ , 2550) เพื่อควบคุมแมลงศัตรูพืชในผล แต่มี ผลกระทบทำให้การพัฒนาสีเปลือกช้า เนื้อผลเป็นสีน้ำตาล รสชาติ

การลดปริมาณ O_2 และเพิ่มปริมาณ CO_2 ด้วยการใช้บรรยากาศดัดแปลง การใช้ฟิล์ม เลือกลูกผ่านก๊าซ หรือการใช้สารเคลือบการทำให้ O_2 น้อยลงหรือไม่เพียงพอ ทำให้การเปลี่ยน 1-aminocyclopropene-1-carboxylic acid (ACC) ไปเป็นเอทิลีนเกิดได้ยากขึ้น ขณะที่ CO_2 เดิมที่มี สมมติฐานว่าเป็น competitive inhibitor แย่งที่จับของเอทิลีนบริเวณ active site ภายในโมเลกุลของ ethylene receptor (Beyer, 1978) ทำให้ เอทิลีนจับกับ receptor ไม่ได้ กระบวนการสุกจึงถูกขัดขวาง แต่ปัจจุบันได้มีการพิสูจน์ว่าปริมาณ CO_2 ที่เพิ่มขึ้นช่วยชะลอการสุกได้ เกิดจากการชะลอ กระบวนการหายใจ ไม่ใช่เพราะ CO_2 เป็น competitive inhibitor (จริงแท้ ศิริพานิช, 2549) แต่การให้ CO_2 ที่สูงเกินไป หรือเคลือบผิวหนาเกินไป (ในผลที่ถูกเคลือบ ผลไม้มีการหายใจทำให้ ปริมาณ O_2 ลดลงและ CO_2 มีการสะสมเพิ่มสูงขึ้น) ทำให้เกิดความผิดปกติทางสรีรวิ ทยา มีการเกิดกลิ่นหมักจาก การหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic respiration) ในผลไม้บางชนิด ขณะที่เนื้อภายในหมัก และเน่าเสียไปเปลือกยังคงเป็นสีเขียวโดยไม่ผ่านการเปลี่ยนเป็นสีเหลือง (ศักยะ, 2555)

การใช้สารเคลือบผิว ผลไม้ตามธรรมชาติจะมีสารเคลือบผิวปกคลุม โดยมีประโยชน์ คือป้องกันการสูญเสียน้ำ แต่สารเคลือบผิวตามธรรมชาติจะถูกชะล้างออกไปในกระบวนการเตรียม ผลผลิตก่อนจำหน่าย ทำให้เกิดความเสียหายกับผลผลิต ทั้งในแง่ความทนทานต่อสภาพการเก็บรักษา

และความสวยงามในการวางจำหน่าย จึงต้องมีการประยุกต์ใช้สารเคลือบผิวที่มนุษย์ผลิตขึ้นเพื่อให้มีอายุการเก็บรักษาผลไม้ได้นานขึ้น

2.2 สารเคลือบผิวผลไม้

สารเคลือบผิวผลไม้ได้มาจากไข (wax) ทั้งที่เป็นไขจากแหล่งตามธรรมชาติและที่สังเคราะห์ขึ้นแต่การนำไปใช้ต้องผ่านการควบคุมและตรวจสอบเพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภคการเคลือบผิวช่วยปิดบังริ้วรอยขีดข่วนที่ผิวผลไม้ซึ่งเกิดขึ้นได้ระหว่างการเก็บเกี่ยวทดแทนไขธรรมชาติที่หลุดออกระหว่างการทำความสะอาดและช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของผลไม้ให้ยาวนานขึ้น การเคลือบยังทำให้ผู้บริโภค ส่วนใหญ่ตัดสินใจซื้อสินค้าจากรูปภายนอกเพราะความเงางามสีส้มแวววาว นอกจากนั้นสารเคลือบจะช่วยปกป้องการสูญเสียน้ำ เนื่องจากผักและผลไม้ส่วนใหญ่จะมีน้ำเป็นองค์ประกอบและเกิดการสูญเสียได้ง่าย การสูญเสียน้ำมากๆจะทำให้ผลไม้เหี่ยวเฉา และเน่าเสียไปตามธรรมชาติ (อภิธา บุญศิริ และคณะ, 2554) ด้วยเหตุนี้นักวิทยาศาสตร์จึงพยายามคิดค้นเทคโนโลยีการจัดการผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยว ซึ่งกระบวนการเคลือบผิวผลไม้เพื่อชะลอการคายน้ำ หรือการเคลือบผิวผลไม้ด้วยสารที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค เพื่อยืดอายุผลผลิตหลังเก็บเกี่ยว

ประโยชน์สารเคลือบผิวผลไม้ ได้แก่ การลดการสูญเสีย น้ำ ลดการคายก๊าซ ปรับปรุงลักษณะผิวเนื้อให้ดูน่ารับประทาน พยุงโครงสร้างของผลไม้ที่มีลักษณะปริแตกง่ายให้คงรูป ลดอัตราการหายใจ และการสูญเสียความชุ่มชื้นของผลไม้ รวมไปถึงสาระสำคัญต่างๆ เช่น วิตามิน และแร่ธาตุในผลไม้ รวมถึงการรักษาคุณภาพ สี กลิ่น รส ของผลไม้ นั้นๆ และการป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ไม่ให้เข้าทำลายเพื่อสามารถยืดอายุการเก็บรักษาไว้ได้นานขึ้น

สารเคลือบแบ่งได้ 2 ประเภท คือ

1. แวกซ์ ให้ความเงางาม ใช้สำหรับเคลือบผิวทำให้ผิวมันและลดการระเหย และลดการหายใจของผลไม้
2. สารเคลือบที่สามารถกินได้ให้ความเงางามน้อยกว่าชนิดแรก แต่ยืดอายุคุณภาพผลไม้ได้ ยาวนานกว่า ผู้บริโภคสามารถรับประทานได้ทั้งเปลือกไม่เป็นอันตรายต่อร่างกาย ฝ่ายโภชนาการและโภชนาการบำบัด โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ให้ข้อมูลดังนี้ สารเคลือบผลไม้ส่วนใหญ่จะเห็นชัดเจนบนผิวแอปเปิ้ลหรือ ส้มเขียวหวาน เรียกชื่อเต็มว่า Wax Soluble มีคุณสมบัติละลายในน้ำ ปกติได้ถ้ากินเข้าบ้างก็ไม่เป็นอันตรายเพราะไตสามารถขับออกได้ แต่ไม่ขอแนะนำ ฉะนั้นควรล้างทำความสะอาดหรือเช็ดออกให้สะอาดทุกครั้งที่จะรับประทาน ส่วนสารที่มีคุณสมบัติให้ความเงางาม เหมือน Wax Soluble ที่นิยมใช้คืออย่างคือ “ไขเทียนที่ไม่ใส่สี” ซึ่งยังต้องทำความสะอาดออกให้มาก เพราะเป็นสารที่ไม่มีคุณสมบัติละลายน้ำ เมื่ออยู่ในร่างกาย(สาริน คลินิก, 2549)

ปัจจุบันสารเคลือบผิวผลไม้ทั้งจากสารสกัดจากธรรมชาติ และสารสังเคราะห์ ทั้งนี้ต้องได้รับการรับรองจากองค์กรที่มีความน่าเชื่อถือด้านการเป็นวัสดุและสารเคมีที่สามารถใช้ได้กับอาหาร เช่น ในประเทศไทยควรได้รับการรับรองจากสำนักคณะกรรมการอาหารและยา (อย.) ในประเทศสหรัฐอเมริกาควรได้รับการรับรองจากองค์การอาหารและยาแห่งสหรัฐอเมริกา (US Food and Drug Administration, USFDA) ทั้งนี้สารเคลือบผิวที่พัฒนาขึ้นต้องมีหลักฐานการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ที่พิสูจน์ได้ว่ามีความปลอดภัยต่อการบริโภค และสามารถเติมลงไปในอาหารได้ (โสรญา, 2557)

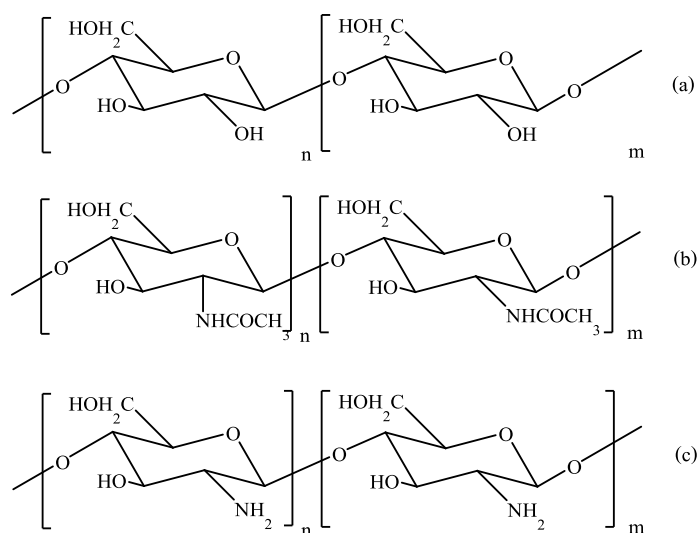
สารเคลือบผิวที่ยอมรับว่าเป็นสารที่สามารถบริโภคได้ (Edible Coating Film) ต้องได้รับการรับรองว่าปลอดภัยต่อผู้บริโภค ซึ่งอาจเป็นสารที่ประกอบไปด้วยโปรตีนเป็นหลัก เช่น คอลลาเจน หรือเคซีน หรือพอลิเมอร์ เช่น กรดไขมัน หรือสารประเภทคาร์โบไฮเดรต เช่น แป้ง เซลลูโลส ไคโตซาน ทั้งนี้สารเคลือบผิวดังกล่าวต้องเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เพื่อเป็นการลดสารพิษตกค้างที่จะทำลายสิ่งแวดล้อม ทั้งแหล่งน้ำ อากาศ และดินที่ใช้ในการเพาะปลูก ซึ่งเป็นการลดอันตรายต่อผู้ผลิตและผู้บริโภค การเลือกสารเคลือบสำหรับการเคลือบผัก ผลไม้ต้องพิจารณาชนิดของผักและผลไม้เป็นสำคัญ เนื่องจากผักและผลไม้แต่ละชนิดมีอัตราการหายใจ และคายน้ำที่แตกต่างกัน ซึ่งสารเคลือบชนิดเดียวกัน อาจให้ผลต่างกันผลไม้แต่ละประเภท (โสรญา, 2557)

2.3 ไคโตซาน

สารไคติน (chitin) เป็นพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharide) และเป็นโพลิเมอร์ชีวภาพ (biopolymers) มีมากในโลกเป็นอันดับสองรองจากเซลลูโลส (cellulose) มีโครงสร้างทางเคมีคล้ายเซลลูโลส แตกต่างกันที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 2 ของสารไคตินจะมีหมู่ acetamide group (NH-CO-CH_3) เกาะอยู่ แต่เซลลูโลสจะเป็นหมู่ Hydroxyl group (-OH) ชื่อทางเคมีของสารไคติน คือ poly β -(1-4)-2-acetamido-2-deoxy-D-glucose ส่วนไคโตซาน (chitosan) คือสารไคตินในรูปที่มีปริมาณหมู่อะมิโนต่ำ ที่เกิดจากปฏิกิริยากำจัดหมู่อะมิโน (degree of deacetylation, DD) ของสารไคตินด้วยด่างเข้มข้น เมื่อมีการกำจัดหมู่อะมิโนประมาณ 60% จะสามารถละลายในกรดเจือจางได้ การกำจัดหมู่อะมิโนจะใช้วิธีทางเคมี ทำให้โครงสร้างทางเคมีของสารไคตินเปลี่ยนไป โดยหมู่อะเซตามิด (NH-CO-CH_3) เปลี่ยนเป็นหมู่อะมิโน (-NH_2) ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 2 ดังนั้นสารไคโตซานคือโพลิเมอร์ของ D-glucosamine (2-amino-deoxy-D-glucose) (Win *et al.*, 2007)

ไคโตซาน (Chitosan) เป็นอนุพันธ์ (derivative) ชนิดหนึ่งของไคตินที่ได้จากการทำปฏิกิริยาคืออะซิไทเลชัน (deacetylation) ของไคตินในสารละลายด่างเข้มข้น สารไคตินและไคโตซานเป็นพอลิเมอร์ธรรมชาติ สามารถแตกสลายได้ทางชีวภาพ (biodegradable) ไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม

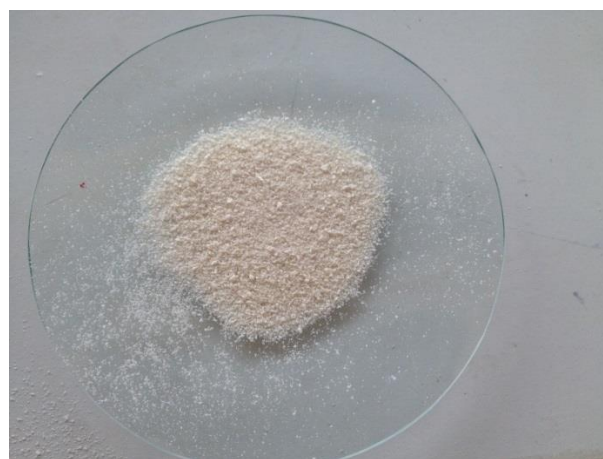
ไม่เกิดการแพ้ ไม้ไวไฟและไม่เป็นพิษ (non-phytotoxic) แหล่งวัตถุดิบที่สำคัญในการผลิตสารไคติน และสารไคโตซานในปัจจุบัน ได้แก่ เปลือกกุ้ง กระจดองปู และแกนปลาหมึก ซึ่งเป็นของเสียจากอุตสาหกรรมอาหารทะเลแช่แข็ง ซึ่งเปลือกกุ้งและกระจดองปูมีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ ไคติน (20-30%) โปรตีน (30-40%) และแคลเซียมคาร์บอเนต (30-50%) โดยสารไคตินและไคโตซานมีลักษณะเป็นของแข็ง สีขาว (นวลใจ และคณะ, 2555)



ภาพที่ 2-2 แสดงโครงสร้าง เซลลูโลส (a), ไคติน (b) และไคโตซาน (c) (สุวนัญ จิราญชัย, 2544)



(a)



(b)

ภาพที่ 2-3 แสดงลักษณะของไคติน (a) และ ไคโตซาน (b) จากเปลือกกุ้ง

สมบัติทางเคมี และกายภาพของไคตินและไคโตซาน

ไคตินและไคโตซานที่ผลิตจากวัตถุดิบที่แตกต่างกัน ย่อมส่งผลทำให้มีสมบัติทางเคมี และกายภาพที่ไม่เหมือนกัน ดังนั้นการตรวจสอบสมบัติทางเคมี และกายภาพของไคตินและไคโตซานจึงสามารถบ่งบอกถึงคุณภาพของไคตินและไคโตซานได้ โดยสามารถสรุปคุณสมบัติทางเคมี และกายภาพของไคตินและไคโตซานได้ดังนี้

1. การละลาย (Solubility) ไคตินและไคโตซานสามารถละลายได้ดีในกรดเข้มข้นจากพวกกรดไฮโดรคลอริก กรดซัลฟูริก กรดฟอสฟอริก และกรดฟอร์มิก แต่ไม่สามารถละลายในตัวทำละลายทั่วไป เช่น น้ำ กรดเจือจาง ค้างที่เจือจางหรือเข้มข้น แอลกอฮอล์ และตัวทำละลายอินทรีย์อื่น ๆ (พัฒน์นัท, 2545)

2. ระดับการกำจัดหมู่อะซีทิล (Degree of Deacetylation, %DD) เป็นปัจจัยพื้นฐานทาง

โครงสร้างที่มีความสำคัญต่อสมบัติของไคโตซาน เช่น การละลาย ความหนืด และการดูดความชื้น (นันทิยา, 2548) ซึ่งมีผลต่อการนำไปประยุกต์ใช้ เนื่องจากไคตินและไคโตซานเป็นโพลิเมอร์ระหว่างสองโมโนเมอร์ของ *N*-Acetyl-D-Glucosamine และ D-Glucosamine ภาวดี และคณะ (2543) กล่าวว่า ระดับการกำจัดหมู่อะซีทิลจึงเป็นตัวบ่งชี้ความเป็นไคตินและไคโตซาน ถ้าสัดส่วนที่อยู่ร่วมกันของโมโนเมอร์แรกมากกว่า คือมีค่าระดับการกำจัดหมู่อะซีทิลที่จะแสดง สมบัติเด่นของไคติน แต่ถ้าสัดส่วนของโมโนเมอร์ที่สองมีมากกว่า คือมีระดับการกำจัดหมู่อะซีทิลสูงจะแสดงสมบัติเด่นของไคโตซาน

3. ความหนืด (Viscosity) การไหลของโพลิเมอร์สามารถใช้เป็นตัวชี้วัดขนาดของสายโซ่โพลิเมอร์ได้เป็นอย่างดี เนื่องจากหากสายโซ่โพลิเมอร์มีความยาวมากจะแสดงสมบัติการไหลที่ช้า โดยค่าของความหนืดจะผันแปรไปตามมวลโมเลกุลของโพลิเมอร์ชนิดนั้น ๆ ค่าความหนืดของสารละลายไคโตซานขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น สภาวะการกำจัดหมู่อะซีทิล มวลโมเลกุล ความเข้มข้น ความเป็นกรดด่าง และอุณหภูมิ (สุนัยวัสดุชีวิภาพไคตินไคโตซาน, 2548) โดยทั่วไปแล้วความหนืดของสารละลายโพลิเมอร์จะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น นอกจากนี้ชนิดของกรดที่ใช้ในการปรับค่า pH ยังส่งผลต่อความหนืดที่แตกต่างกันด้วย เช่น ความหนืดของไคโตซานในกรดอะซิติกจะเพิ่มขึ้นเมื่อสารละลายมีค่า pH ลดลง ในขณะที่ความหนืดของไคโตซานในกรดไฮโดรคลอริกจะเพิ่มขึ้นเมื่อ pH สูงขึ้น (สุวบุญ และคณะ, 2544)

การใช้ประโยชน์จากไคโตซาน

ปัจจุบันได้มีการนำสารไคโตซานไปใช้ประโยชน์กันอย่างแพร่หลาย เช่น ในอุตสาหกรรมอาหาร ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง การบำบัดน้ำ วัสดุทางการแพทย์ ฯลฯ โดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านเกษตร เนื่องจากไคโตซานมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ ไนโตรเจนจะถูกปลดปล่อยออกจากโมเลกุลอย่างช้าๆ รวมทั้งช่วยตรึงไนโตรเจนจากอากาศและดิน ช่วยกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันของพืช และกระตุ้นการนำแร่ธาตุไปใช้ สารไคตินและไคโตซานเป็นสารธรรมชาติที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการเกษตรได้อย่างมากมาย ได้แก่

1. สารเร่งการเจริญเติบโต

ไคโตซานถูกใช้เป็นสารเร่งการเจริญเติบโต ให้ผลเช่นเดียวกับฮอร์โมนเร่งราก ใช้กระตุ้นการงอกของกิ่งชำ ไม้ดอกและไม้ประดับต่างๆ โดยนำส่วนของพืชที่ต้องการชำแช่ในสารละลายเจือจางของไคโตซานประมาณ 2 ชั่วโมง ก่อนนำไปปักชำในวัสดุเพาะชำ มีการศึกษาของ Chandkrachang (2002) พบว่า การฉีดพ่นไคโตซานความเข้มข้น 10-15 ppm ในนาข้าวส่งผลให้ผลผลิตข้าวมีปริมาณเพิ่มขึ้น 41.7 – 91.5% โดยขึ้นอยู่กับพื้นที่ที่ทำการเพาะปลูก และการใช้ไคโตซานความเข้มข้น 10 ppm ฉีดพ่นกล้วยไม้ซึ่งมีผลเร่งการเจริญเติบโตของใบใหม่ ในขณะที่ Siri-Upathum (2002) พบว่า เมื่อนำ oligochitosan ที่เตรียมขึ้นโดยวิธีอบรังสีมาเติมลงในอาหารสำหรับเพาะกล้วยไม้ด้วยความเข้มข้น 50-75 ppm สามารถช่วยเร่งอัตราการเจริญเติบโตของกล้วยไม้ได้ดี สำหรับการศึกษากับต้นเขยบิระา Wanichapongpan *et al.* (2001) พบว่า ปริมาณไคโตซานที่เหมาะสมต่อการเพิ่มจำนวนดอกและกระตุ้นการเจริญเติบโตของใบ คือ 60 ppm และ 20-40 ppm ตามลำดับ

2. การเคลือบเมล็ดพันธุ์พืช (Seed Coating)

การเคลือบเมล็ดพันธุ์พืชมีประโยชน์หลายประการ เช่น ป้องกันการปลอมปนพันธุ์ (โดยใช้สีเคลือบเป็นเอกลักษณ์) ป้องกันเมล็ดพันธุ์จากโรคและแมลงศัตรูพืช และยืดอายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ เป็นต้น Sharathchandra *et al.*, (2004) ทำการศึกษา การนำสารละลายไคโตซาน 0.05% มาเคลือบเมล็ด pearl, ฉีดพ่นทางใบ และเคลือบเมล็ดร่วมกับฉีดพ่นทางใบ เพื่อต้านทานการเกิดโรคน้ำค้างที่เกิดจากเชื้อรา *Sclerospora graminicola* พบว่ากรรมวิธีที่เคลือบเมล็ดสามารถลดการเกิดโรคได้ 42.5% และป้องกันการเกิดโรค 38% กรรมวิธีฉีดพ่นทางใบสามารถลดการเกิดโรคได้ 67% และป้องกันการเกิดโรค 25% และกรรมวิธีเคลือบเมล็ดร่วมกับการฉีดพ่นทางใบ

สามารถลดการเกิดโรคได้ 69% และป้องกันการเกิดโรค 23% ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสารไคโตซานสามารถชักนำให้เกิดระบบต้านทานในพืช

3. สารยับยั้งเชื้อรา แบคทีเรีย และเชื้อไวรัสบางชนิด

อนุพันธ์ของไคตินและไคโตซาน มีผลต่อการต้านทานและกำจัดเชื้อราและแบคทีเรียบางประเภทที่ก่อโรคให้กับพืช เช่น โรครากเน่า โคนเน่า ราน้ำค้าง ราข้าว โรคแคงเกอร์ โรคใบดก โรคใบจุด โรคใบส้มในนาข้าวและอื่นๆ ซึ่งเกิดจากโครงสร้างทางประจุ และสร้างเอนไซม์ซึ่งทำให้ย่อยสลายทำลายเชื้อราโรคพืชได้อย่างดีและยังพบว่าไคโตซานสามารถเข้าสู่เซลล์เชื้อราและทำให้เกิดการยับยั้งการสร้างและสะสมของ RNA จึงทำให้เชื้อราถูกยับยั้งการเจริญเติบโต (นวลใจ และคณะ, 2555) โดย Xu *et al.* (2005) ได้ทำการศึกษาพบว่าสารไคโตซานสามารถควบคุมราสีเทา (gray mold) ที่เกิดจากเชื้อ *Botrytis cinerea* ในองุ่นและแอปเปิ้ลได้ และจากการศึกษาของ Prapagdee *et al.* (2007) พบว่าไคโตซาน 1% สามารถยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อรา *F. solani* f.sp. *glycine* และยับยั้งการเกิดโรค sudden death syndrome (SDS) ของถั่วเหลือง แต่ในเชื้อราบางประเภทและแบคทีเรียบางชนิดที่มีประโยชน์จะมีการเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็วเมื่อใช้อนุพันธ์ของไคตินและไคโตซาน นอกจากนี้ยังมีรายงานของ Beauséjour *et al.* (2003) พบว่าการใช้เชื้อ *Streptomyces melanosporofaciens* strain EF-76 และไคโตซานร่วมกันในการควบคุมโรคตกสะเก็ด (scab) ของมันฝรั่งทั้งในโรงเรือนและในแปลงทดลอง ซึ่งสามารถลดการเกิดโรคได้ถึง 44% และเพิ่มผลผลิตอีกด้วย

4. ปุ๋ยธรรมชาติ (Fertilizers / Soil Stabilizers)

ปุ๋ยน้ำในรูปของปุ๋ยเข้มข้นนอกจากมีประโยชน์มากมายแล้วแต่ก็มีข้อเสียหลายประการ เช่น แห้งเร็วเกินกว่าที่สารอาหารจะซึมผ่านเข้าทางใบ เป็นพิษต่อพืชและง่ายต่อการถูกชะล้างด้วยน้ำฝน ไคโตซานทั้งในรูปมาตรฐานหรือในรูป microcrystalline ถูกใช้ผสมในปุ๋ยน้ำสำหรับพืชไม่ดอก มีข้อดีหลายประการ เช่นสามารถยึดติดกับผิวของพืช ผิวดินได้ดี ทนต่อการถูกชะล้าง ลดการระเหยของน้ำ สามารถเป็นตัวควบคุมการปลดปล่อยสารอาหารและยาให้กับพืชได้ ทำให้การแพร่กระจายตัวของปุ๋ยน้ำดีขึ้นและมีความคงตัวสูง

อนุพันธ์ไคตินและไคโตซานนำมาใช้ในการปรับดินที่มีส่วนประกอบของที่มีดินเหนียวมาก โดยจะเพิ่มความพรุนในดิน การดูดซับน้ำ การอุ้มน้ำ และการควบคุมอัตราการชะล้าง (erosion) ของดินรวมทั้งยังเป็นตัวพา (carrier) สำหรับเชื้อจุลินทรีย์ โดยปลดปล่อยสารดังกล่าวอย่างช้าๆ ให้ผลต่อเนื่องได้นานและอัตราคงที่ ตามอัตราการย่อยสลายของอนุพันธ์ไคตินและไคโตซาน

ลดปัญหาการใช้สารเกินความจำเป็น ซึ่งมีผลต่อพืชและสภาพดิน (นวลใจ และคณะ, 2555) มีการศึกษาของ Poulsen *et al.* (2008) ได้ทำการศึกษาโดยการใส่ไคตินผสมกับปุ๋ยหมักจากใบไม้และไคตินผสมกับปุ๋ยหมักที่ได้จากเศษขยะในบ้านเรือน พบว่าปุ๋ยทั้ง 2 ชนิดที่ผสมไคตินชักนำให้เกิดเชื้อราและเชื้อแบคทีเรียเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยหมักที่ไม่ผสมไคติน นอกจากนี้ยังทำให้กระบวนการ N – mineralization ทำงานได้ดีขึ้น

5. อาหารสัตว์ (Animal Feeds)

ไคโตซานถูกใช้เป็นตัวรวมตะกอน (flocculant) ซึ่งสามารถจับโปรตีนจากน้ำเสียและโปรตีนที่ได้นี้สามารถนำกลับมาใช้เป็นอาหารสัตว์ หรือเป็นส่วนผสมในอาหารสัตว์ เช่น ปลา วัว ควาย อีกทั้งอาหารที่ได้ยังมีความปลอดภัยและประหยัด สามารถถูกย่อยและดูดซึมได้ง่าย นอกจากนี้ไคโตซานยังเป็นเส้นใยอาหาร (food fiber) ของสัตว์ปีกจำพวกไก่ และเป็ด Chandkrachang (2002) ได้มีการศึกษาการเสริมไคโตซานในอาหารซึ่งเป็นสารเร่งการเจริญเติบโตของสุกร พบว่าสามารถปรับปรุงประสิทธิภาพการเปลี่ยนเป็นเนื้อให้ดีขึ้น คุณภาพซากดีขึ้น สุกรโตเร็ว ได้น้ำหนักดี ทำให้ลดต้นทุนค่าอาหารและปริมาณการใช้ยาปฏิชีวนะลงได้มาก และยังมีมีการศึกษานำไคโตซานมาใช้เลี้ยงกุ้ง พบว่าประสิทธิภาพการใช้อาหาร และการเจริญเติบโตดีขึ้น มีอัตราการรอดสูง และได้กุ้งที่มีน้ำหนักรวมสูงสุด เนื่องจากได้รับไคโตซานซึ่งอยู่ในสภาพที่กุ้งสามารถดูดซึมนำไปใช้ได้ทันที ทำให้กุ้งกินอาหารได้มากขึ้น อาหารถูกเปลี่ยนเป็นเนื้อเร็วขึ้นทำให้กุ้งมีสุขภาพแข็งแรงและโตเร็ว

6. การเก็บรักษาผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยว

6.1 การยืดอายุผลผลิต

ไคโตซานมีประสิทธิภาพในการลดอัตราการเจริญเติบโตของราบางชนิด ซึ่งจะยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราโดยตรง และกระตุ้นกระบวนการต่างๆ ในเนื้อเยื่อพืชให้เกิดภูมิต้านทานต่อเชื้อราบางชนิด ดังนั้นจึงได้มีการนำไคโตซานมาใช้ในการเคลือบผลผลิตทางการเกษตร ซึ่งมีประสิทธิภาพดีกว่ายาฆ่าเชื้อราบางชนิด และยังปลอดภัยมากกว่า Shahida *et al.* (1999) ได้ทดลองใช้ไคโตซานเคลือบผิวส้มด้วยความหนาประมาณ 30-35 ไมครอน พบว่าสามารถเก็บรักษาส้มได้ถึง 35-40 วัน โดยคุณภาพ เช่น สีของเปลือกนอกไม่เปลี่ยนแปลง และใช้ไคโตซานเคลือบผลไม้อื่นๆ เช่น ลูกพีท ลูกแพร์ กีวี และสตอเบอรี่เพื่อยืดอายุและควบคุมการเน่าเสียได้ดีขึ้น

นอกจากผลไม้แล้ว ได้มีการทดลองใช้ไคโตซานในการเคลือบผิวของผักจำพวกมะเขือเทศ แดงกวา และพริกหยวก พบว่าสามารถลดอัตราการหายใจ ลดการสูญเสียน้ำจาก

การคายน้ำ และลดอัตราการผลิตก๊าซเอธิลีนที่ทำให้ผลไม้สุกเร็ว นอกจากนี้ไคโตซานฟิล์มยังเป็นตัวกั้นการไหลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้ผักผลไม้คงความกรอบ ผิวไม่เหี่ยวยุบ สีผิวไม่เปลี่ยนแปลง นอกจากนี้ยังมีการนำไคโตซานเคลือบผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยวพบว่า มีผลชะลอการแก่สุกโดยป้องกันการระเหยของก๊าซในผลผลิต ลดการเสื่อม และกระตุ้นกลไกการป้องกันต่างๆ ในเนื้อเยื่อพืช โดยมีการทดลองใช้ไคโตซานเคลือบผลไม้เชือกเทศ แตงกวา พริกหวาน และสตรอเบอรี่ เพื่อลดอัตราการหายใจ การสูญเสียน้ำ และยืดอายุผลผลิตเมื่อมีการขนส่ง (El Ghaouth *et al.*, 2004) และมีการศึกษาของ Win *et al.* (2007) ใช้ไคโตซานชะลอการสุกแก่ของสีเปลือก ความแข็งแรง และลดความรุนแรงของโรคโคนเน่าของกล้วย ที่เกิดจากเชื้อ *Colletotrichum chummusae*, *Fusarium* spp. และ *Lasiodiplodia theobromae* และสามารถนำไคโตซานเคลือบบนเครื่องเทศ เพื่อรักษาและป้องกันการสูญเสียกลิ่นของเครื่องเทศ จากการสเตอริไรส์ด้วยไอน้ำ นอกจากนี้มีการนำไคโตซานมาใช้เคลือบบนผิวไข่ในลักษณะฟิล์ม เพื่อเก็บรักษาความสดของไข่ให้ยาวนานขึ้น โดยที่คุณภาพ เช่น ลักษณะของไข่แดง ความหนาของไข่ขาว และรสชาติของไข่ไม่เปลี่ยนแปลง นอกจากนี้ไคโตซานที่เคลือบบนผิวไข่ยังมีผลให้เปลือกไข่มีความแข็งแรงขึ้นป้องกันการแตกและสะดวกต่อการขนส่ง

6.2 การควบคุมการเกิด enzymatic browning

ในระหว่างการขนย้ายหรือในกระบวนการผลิตหลังการเก็บเกี่ยว บางครั้งทำให้ผลผลิตเกิดรอยช้ำ/รอยแผล ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดเป็นรอยช้ำสีน้ำตาลขึ้น ทำให้สูญเสียทั้งคุณภาพและมูลค่าของผลผลิตอย่างยิ่ง สาเหตุของการเกิดรอยสีน้ำตาลนี้เนื่องมาจากการทำงานของเอนไซม์ polyphenol oxidase (PPO) กับสารประกอบพวกฟีนอล เป็นผลให้เกิดสีเข้มของ O-quinones ที่เป็นผลิตภัณฑ์ของปฏิกิริยานี้อีกด้วย นอกจากนี้สีแล้วยังมีผลกระทบต่อรสชาติและคุณค่าทางอาหารของผักและผลไม้อีกด้วย ในอดีตได้มีการใช้สารซัลไฟต์ (sulphite) ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล แต่พบว่าการใช้สารนี้อาจทำให้เกิดผลต่อสุขภาพของผู้บริโภคคุณภาพและมูลค่าของผลผลิตอย่างยิ่ง ดังนั้นไคโตซานจึงเป็นทางเลือกใหม่สำหรับการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลในผักและผลไม้ (นวลใจ และคณะ, 2555) Shahida *et al.* (1999) ได้ทำการทดลองใช้แผ่นฟิล์มไคโตซานเคลือบลิ้นจี่ เพื่อป้องกันการเกิด enzymatic browning และพบว่า การเคลือบด้วยไคโตซานทำให้การเปลี่ยนแปลงปริมาณของ anthocyanin, flavonoids และ phenolics ลดลง และยังทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของเอนไซม์ polyphenol oxidase ลดลงอีกด้วย

2.4 มาตรฐานคุณภาพมะม่วง การส่งออก และวิธีการส่งออก

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตร และอาหารแห่งชาติ (2559) (มกษ. 5-2558) ได้กำหนดมาตรฐานด้านคุณภาพของผลมะม่วงดังนี้

1. ข้อกำหนดขั้นต่ำ

1.1 มะม่วงทุกชั้นคุณภาพต้องเป็นไปตามข้อกำหนดดังต่อไปนี้ เว้นแต่จะมีข้อกำหนดเฉพาะของแต่ละชั้นคุณภาพและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ตามที่ระบุไว้

(1) เป็นมะม่วงทั้งผล มีข้อผลหรือไม่มีข้อผลติดอยู่ ถ้ามีข้อผลต้องมีความยาวไม่เกิน 1.5 เซนติเมตร

(2) ตรงตามพันธุ์

(3) สด

(4) สภาพดี ไม่มีรอยชำหรือไม่เน่าเสียที่ทำให้ไม่เหมาะสมกับการบริโภค

(5) สะอาด ปราศจากสิ่งแปลกปลอมที่มองเห็นได้

(6) ไม่มีรอยแตก

(7) ไม่มีศัตรูพืชที่มีผลกระทบต่อรูปลักษณะทั่วไป

(8) ไม่มีความเสียหายจากศัตรูพืชที่มีผลกระทบต่อคุณภาพของเนื้อมะม่วง

(9) ไม่มีความชื้นที่ผิดปกติจากภายนอก ทั้งนี้ไม่รวมถึงหยดน้ำที่เกิดหลังจากนำมะม่วงออกจากห้องเย็น

(10) ไม่มีความเสียหายเนื่องจากอุณหภูมิต่ำ และ/หรืออุณหภูมิสูง

(11) ไม่มีกลิ่น และ/หรือรสชาติที่ผิดปกติ

(2) มะม่วงต้องมีอายุการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับพันธุ์ ฤดูกาล แหล่งที่ปลูก และ/หรือ ความต้องการของตลาดหรือตามข้อกำหนดของกลุ่มค้า และอยู่ในสภาพที่ยอมรับได้เมื่อถึงปลายทาง

1.2 การแบ่งชั้นคุณภาพ

มะม่วงตามมาตรฐานสินค้าเกษตรนี้ แบ่งเป็น 3 ชั้นคุณภาพ ดังนี้

1.2.1 ชั้นพิเศษ (Extra class) มะม่วงในชั้นนี้ต้องมีคุณภาพดีที่สุด ไม่มีความผิดปกติด้านรูปทรง ไม่มีตำหนิที่ผิว ในกรณีที่มีความผิดปกติหรือตำหนิต้องมองเห็นได้ไม่ชัดเจน และไม่มีผลกระทบต่อรูปลักษณะทั่วไป คุณภาพของเนื้อ มะม่วง คุณภาพระหว่างการเก็บรักษา และการจัดเรียงเสนอในภาชนะบรรจุ

1.2.2 ชั้นหนึ่ง (Class I) มะม่วงในชั้นนี้ต้องมีคุณภาพดี อาจมีความผิดปกติหรือตำหนิได้เล็กน้อย ทั้งนี้ความผิดปกติหรือตำหนิ ดังกล่าวจะต้องไม่มีผลกระทบต่อรูปลักษณะทั่วไป

คุณภาพของเนื้อมะม่วง คุณภาพระหว่างการเก็บรักษา และการจัดเรียงเสนอในภาชนะบรรจุ ดังต่อไปนี้

(1) ความผิดปกติเล็กน้อยด้านรูปทรง

(2) ตำหนิเล็กน้อยที่ผิวที่เกิดจากการเสียดสี (rubbing) หรือแดดเผา (sunburn) คราบหรือรอยดำที่เกิด จากยางของมะม่วง (suberized stains due to resin exudation) โดยขนาดของตำหนิที่ผิวโดยรวมต้อง ไม่เกินที่กำหนดในตารางที่ 2-1 ดังนี้

ตารางที่ 2-1 ขนาดตำหนิของมะม่วงคุณภาพชั้นหนึ่ง

รหัสขนาด	ขนาดของตำหนิที่ผิวโดยรวม (ตารางเซนติเมตร)
1	5
2	4
3	3
4	2
5	1

(3) มีจุดกระสีน้ำตาลประปราย (suberized rusty lenticels) เนื่องจากความแก่ของมะม่วง และ/หรือ พันธุ์มะม่วงที่มีผิวสีเขียว (green variety) เปลี่ยนเป็นสีเหลือง เนื่องจากได้รับแสงแดดจัด ไม่เกิน 30% ของ พื้นที่ผิวของมะม่วง แต่ต้องไม่มีรอยแผลเป็น (necrosis)

1.2.3 ชั้นสอง (Class II) มะม่วงในชั้นนี้รวมมะม่วงที่มีคุณภาพไม่เข้าชั้นที่สูงกว่า แต่มีคุณภาพตามข้อกำหนดขั้นต่ำที่กำหนดใน ข้อ 1. มะม่วงในชั้นนี้มีความผิดปกติหรือตำหนิได้ทั้งนี้ความผิดปกติหรือตำหนิจะต้องไม่มีผลกระทบต่อ รูปลักษณะทั่วไป คุณภาพของเนื้อมะม่วง คุณภาพระหว่างการเก็บรักษา และการจัดเรียงเสนอในภาชนะ บรรจุดังต่อไปนี้

(1) ความผิดปกติด้านรูปทรง

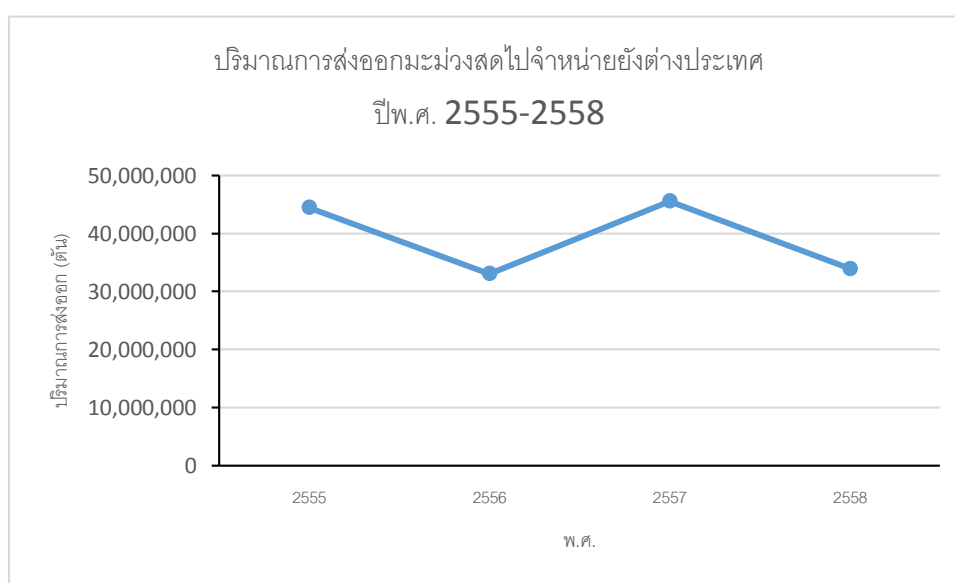
(2) ตำหนิที่ผิวที่เกิดจากการเสียดสีหรือแดดเผา คราบหรือรอยดำที่เกิดจากยางของมะม่วง โดยขนาด ของตำหนิที่ผิวโดยรวมต้องไม่เกินที่กำหนดในตารางที่ 2-2 ดังนี้

ตารางที่ 2-2 ขนาดตำหนิของมะม่วงคุณภาพชั้นสอง

รหัสขนาด	ขนาดของตำหนิที่ผิวโดยรวม (ตารางเซนติเมตร)
1	7
2	6
3	5
4	4
5	3

(3) มีจุดกระสีน้ำตาลประปราย เนื่องจากความแก่ของมะม่วง และ/หรือ พันธุ์มะม่วงที่มีผิวสีเขียวเปลี่ยนเป็น สีเหลือง เนื่องจากได้รับแสงแดดจัด ไม่เกิน 40% ของพื้นที่ผิวของมะม่วง แต่ต้องไม่มีรอยแผลเป็น

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2559) ได้ รายงานปริมาณการส่งออกมะม่วงสด ไปจำหน่ายยังต่างประเทศในปี 2557 เป็นจำนวน 45,544,160 ตันคิดเป็นมูลค่า 1,264.7 ล้านบาท และลดลงในปี 2558 ถึง 33,902,657 ตันคิดเป็นมูลค่า 1,211.0 ล้านบาท (ตารางที่ 2-3) ส่วนใหญ่ส่งออกไปยังประเทศ ญี่ปุ่น มาเลเซีย และสหรัฐอเมริกา



ภาพที่ 2-4 แสดงปริมาณการส่งออกมะม่วงสดไปจำหน่ายยังต่างประเทศ ปี พ.ศ. 2555-2558

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นิธิยา รัตนูปนันท และคณะ (2547) ศึกษาความเข้มข้นของสารเคลือบผิวที่มีส่วนประกอบของคาร์บูนาเว็กซ์และสารเคลือบไคโตซานต่อการยืดอายุมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ โดยใช้มะม่วงที่ผ่านการทำ hot water treatment ที่อุณหภูมิ 52 °C นาน 10 นาที มาเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวที่มีส่วนประกอบของคาร์บูนาเว็กซ์และสารเคลือบไคโตซาน ที่ความเข้มข้น 1 1.5 2 และ 3 % เปรียบเทียบกับ control ที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ ห้อง แล้วยับที่ทุกผล ทุกๆ 5 วัน พบว่า สารเคลือบผิวสามารถช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนัก การสุก และการเกิดโรคของมะม่วงได้ โดยสารเคลือบผิวคาร์บูนาเว็กซ์ ความเข้มข้น 2 และ 3% สามารถยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงได้นาน 20 วัน และเมื่อย้ายมาเก็บที่อุณหภูมิห้อง (25 °C) มะม่วงสามารถสุกได้ปกติ กลิ่นและรสชาติเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

ดวงใจ น้อยวัน และคณะ (2549) ศึกษาผลของสารเคลือบผิวในการยืดอายุการเก็บรักษาผลมะม่วงพันธุ์มหาชนก โดยทำการเคลือบผิวผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกด้วยไคโตซานที่ความเข้มข้น 1.0, 1.5 % และอิมัลชันของน้ำมันเมล็ดทานตะวันความเข้มข้น 10 % เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C และ 13 °C พบว่าที่อุณหภูมิ 25 °C ผลมะม่วงที่เคลือบด้วยไคโตซานเข้มข้น 1.0 % สามารถชะลอการสุกได้นานกว่าผลที่ไม่ได้เคลือบผิว ส่วนผลมะม่วงที่เคลือบด้วยไคโตซานความเข้มข้น 1.5 % และอิมัลชันของน้ำมันเมล็ดทานตะวันความเข้มข้น 10 % สีส้มไม่สามารถเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลืองทั่วผลและเกิดกลิ่นหมักในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา สำหรับผลมะม่วงที่ผ่านการเคลือบผิวด้วย ไคโตซานความเข้มข้น 1.0, 1.5 % และอิมัลชันของน้ำมันเมล็ดทานตะวันเข้มข้น 10 % แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 13 °C สามารถชะลอการสุกได้นานกว่าชุดที่ไม่ได้เคลือบผลและมีอายุการเก็บรักษานาน 36, 37, 37 ตามลำดับ ในขณะที่ชุดที่ไม่ได้เคลือบผลมีอายุการเก็บรักษานาน 34 วัน ทั้งนี้ทุกชุดมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้และของแข็งที่ละลายน้ำได้ไม่แตกต่างกัน

มงคล อินทะหลุก และคณะ (2549) ได้ศึกษาผลของการเคลือบผิวที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ โดยเคลือบผิวผลมะม่วงอายุ 110 วันหลังดอกบานด้วยไฮคาร์บูนา ความเข้มข้น 4% ไคโตซาน ความเข้มข้น 1% หรือ วุ้นวุ้นหาง จระเข้ความเข้มข้น 20% และเคลือบผิวผลด้วยสารแบบผสมของไฮคาร์บูนา 4% ร่วมกับไคโตซาน 1% ไฮคาร์บูนา 4% ร่วมกับ วุ้นวุ้นหางจระเข้ 20% ไคโตซาน 1% ร่วมกับวุ้นวุ้นหางจระเข้ 20% และไฮคาร์บูนา 4% ไคโตซาน 1% ร่วมกับวุ้นวุ้นหาง จระเข้ 20% เปรียบเทียบกับผลที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว แล้วนำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 76% และ 13 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90% จากการทดลองพบว่า ผลมะม่วงที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวทุกชนิดสุกช้า กว่าผลที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ผลที่เคลือบผิวด้วยไคโตซาน 1% ร่วมกับวุ้นวุ้นหางจระเข้ 20% ของทั้งสอง อุณหภูมิที่เก็บรักษา สามารถลดการสูญเสียน้ำหนักและการเกิดโรคได้ดีกว่าชุดการ

ทดลองอื่นๆ และผลสามารถเก็บรักษาไว้ที่ อุณหภูมิ 25 และ 13 องศาเซลเซียสได้นาน 12 และ 28 วัน โดยสามารถสุกได้ตามปกติในขณะที่ผลที่ไม่ผ่านการเคลือบผิวมี อายุการเก็บรักษาเพียง 6 และ 20 วัน ตามลำดับ

ศุนนารี และคณะ (2550) ได้ศึกษาผลของเซลล์และไฮคาร์บูนาต่อคุณภาพของสารเคลือบ โดยใช้แผนการทดลองแบบ Central composite design สร้างแบบจำลองและ contour plot เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆเพื่อช่วยในการหาสูตรที่เหมาะสม (optimization) ของสารเคลือบ จากการศึกษาผลของเซลล์และไฮคาร์บูนา พบว่า ปัจจัยทั้งสองมีอิทธิพลต่อค่าการเกาะติด พื้นผิววัสดุ ความหนืด ความมันวาว และร้อยละของการสูญเสียน้ำหนักของส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่างร้อยละ 9.03-9.76 และพบว่า สิ่งทดลองที่มีปริมาณเซลล์ร้อยละ 9.27 และไฮคาร์บูนา ร้อยละ 1.3 ให้ค่าความมันวาวสูงที่สุด ดังนั้น ในการเลือกสูตรที่เหมาะสมจึงพิจารณาเลือกสิ่งทดลองดังกล่าวไปใช้ประโยชน์ใน การเคลือบผิว ส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้งต่อไป และจากการทดลองเคลือบส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้งในระดับ นำร่องพบว่า ให้ผลสอดคล้องกับการศึกษาข้างต้น ทั้งนี้ต้นทุนสารเคลือบเฉพาะวัตถุดิบราคา 112 บาทต่อลิตร

จันทิมา ชั่งศิริพร และคณะ (2553) ได้ทำการศึกษาการผลิตไคโตซานจากเปลือกกุ้งด้วย กระบวนการที่ให้ประสิทธิภาพสูงและลดค่าใช้จ่ายในการผลิตด้วยการนำสารละลายต่างกลับมาใช้ ใหม่ โดยทำการผลิตไคโตซานด้วยการสกัดทางเคมีที่มีขั้นตอนการกำจัดแคลเซียมคาร์บอเนต โปรตีน และหมู่อะซิทิล พบว่าการกำจัดหมู่อะซิทิลสามารถดำเนินการได้ที่อุณหภูมิห้องและที่อุณหภูมิสูง (120°C) โดยที่สภาวะอุณหภูมิสูงใช้เวลาในการสกัดน้อย ให้ระดับการกำจัดหมู่อะซิทิล (%DD) และ %Yield ที่สูงกว่าที่อุณหภูมิห้อง การผลิตไคโตซานจากเปลือกกุ้งให้ค่า %DD สูงที่สุดเป็น 67.8% เมื่อเทียบกับกระดองปลาหมึกและเปลือกปู การวิเคราะห์หา %DD ของไคโตซานด้วยวิธี Potentiometric titration เป็นวิธีการที่มีความแม่นยำ และให้ค่าที่ใกล้เคียงกับวิธี FTIR spectroscopy การนำสารละลาย ต่างกลับมาใช้ใหม่ในขั้นตอนการกำจัดหมู่อะซิทิลสามารถผลิตไคโตซานที่มี %DD สูงใกล้เคียงกับ การใช้สารละลายต่างใหม่และสามารถลดต้นทุนในการผลิตไคโตซานได้เกือบ 3 เท่า เมื่อนำต่างกลับมา ใช้ใหม่ 1 รอบ การนำต่างกลับมาใช้ใหม่ในการผลิตไคโตซานจึงเป็นแนวทางในการลดค่าใช้จ่ายใน การผลิตไคโตซาน

วิลาวัลย์ และคณะ (2553) ได้ศึกษาการใช้ใบฝิ่งเป็นสารเคลือบผิวมะม่วงน้ำดอกไม้จาก 2 แหล่ง ผลิต โดยใช้สารเคลือบผิวที่มีส่วนผสมของใบฝิ่งในปริมาณต่าง ๆ กัน 3 สูตรคือ E (ใบฝิ่ง 2.0 เปอร์เซ็นต์และ เรซิน 0.4 เปอร์เซ็นต์) F (ใบฝิ่ง 4.0 เปอร์เซ็นต์, เรซิน 0.4 เปอร์เซ็นต์และสารสกัดจาก ยางมะม่วง 0.2 เปอร์เซ็นต์) และ G (ใบฝิ่ง 2.0 เปอร์เซ็นต์, เรซิน 0.8 เปอร์เซ็นต์และสารสกัดจากยาง มะม่วง 0.2 เปอร์เซ็นต์) เคลือบบนผิวมะม่วง เปรียบเทียบกับสารเคลือบ ผิวที่มีจำหน่ายทางการค้า

(Teva) และชุดควบคุมที่ไม่เคลือบผิว ก่อนนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ผลการทดลองพบว่า สารเคลือบผิวชนิด F มีส่วนประกอบที่เหมาะสมสำหรับยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงน้ำดอกไม้ได้ดีสำหรับผล มะม่วงที่มาจากแปลงที่มีการควบคุมโรคก่อนการเก็บเกี่ยว โดยผลมะม่วงจากแหล่งผลิตที่ 1 ที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว F มี การสูญเสียเนื้อและการเกิดโรคต่ำที่สุด และสามารถชะลอการสุกของมะม่วงได้นานที่สุด ส่วนชุดควบคุมมีการสูญเสียเนื้อและการเกิดโรคสูงที่สุด สำหรับผลมะม่วงจากแหล่งผลิตที่ 2 มีการเกิดโรคสูงกว่ามะม่วงจากแหล่งผลิตที่ 1 แต่มะม่วงจากแหล่งผลิตที่ 2 ที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวทุกชนิดมีการสูญเสียเนื้อและการเกิดโรคไม่แตกต่างกัน

ศิริกานต์ ศรีชัยรัตน์ และคณะ (2555) ได้ศึกษาผลของสารเคลือบผิวบางชนิดต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ทำการทดลองในมะม่วงที่ผ่านการจุ่มน้ำร้อน (hot water treatment) ที่อุณหภูมิ 54 °C นาน 5 นาที โดยใช้สารเคลือบผิว 4 ชนิด ได้แก่ สารเคลือบผิวคาร์บอนาความเข้มข้น 20 % oxidized polyethylene (OPE) ความเข้มข้น 25 % ไคโตซาน ความเข้มข้น 1.5 % และ carboxymethyl cellulose (CMC) ความเข้มข้น 1 % เปรียบเทียบกับมะม่วงที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว (control) จากนั้นหุ้มผลมะม่วงด้วยโฟมกันกระแทกแล้วบรรจุลงในกล่องกระดาษลูกฟูก ก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95 % พบว่า มะม่วงที่เคลือบด้วยคาร์บอนาและ OPE ผิวมะม่วงมีลักษณะเป็นมันเงาเล็กน้อย ส่วนมะม่วงที่เคลือบด้วยไคโตซานและ CMC มีลักษณะด้านไม่มันเงาไม่มีความแตกต่างจากมะม่วงที่ไม่เคลือบผิว สารเคลือบผิวคาร์บอนาและ OPE ช่วยชะลอการสูญเสียเนื้อหนัก การเปลี่ยนแปลงสีผิว การเกิดโรค และชะลอการสุกของมะม่วงได้ เมื่อเปรียบเทียบกับไคโตซาน CMC และ control โดยสามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 °C ได้นาน 25 วัน และเมื่อย้ายมาเก็บที่อุณหภูมิห้อง (25 °C) มะม่วงสามารถสุกได้ปกติมีกลิ่นและรสชาติเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

พันธุ์ทิพย์ วิเศษพงษ์พันธ์ และคณะ (2556) เปลือกปู 20 ชนิดที่ไม่ได้ถูกใช้ประโยชน์ และเหลือทิ้งจากอวนจับปู นำมาผลิตไคตินและไคโตซานที่ได้ ผลผลิตคิดเป็นร้อยละต่อน้ำหนักแห้งของเปลือกอยู่ระหว่าง 6.87 ± 0.14 - 13.05 ± 0.27 และ 5.63 ± 0.08 - 10.65 ± 0.15 ผลผลิตไคโตซานปูบึง (*Doclea ovis*) ปูเป็ใหญ่ (*Dorippe quadridens*) ปูดาบ (*Portunus sanguinolentus*) ปูถาญีจิด (*Calappa philargius*) ปูฟองน้ำ (*Lauridromia indica*) ปูแมงมุมหนาม (*Doclea tetraptera*) และ ปูแมงมุมขาแดง (*Doclea gracilipes*) คิดเป็นร้อยละต่อน้ำหนักแห้งของเปลือกเท่ากับ 10.65 ± 0.15 , 10.17 ± 0.16 , 9.99 ± 0.31 , 9.89 ± 0.15 , 9.86 ± 0.39 , 9.55 ± 0.20 และ 9.47 ± 0.26 ตามลำดับ คุณลักษณะของไคโตซานจากเปลือกปูแต่ละชนิด มีค่าผันแปร โดยมีระดับการกำจัดหมู่อะซิดิล ความชื้น แฉะ และดัชนีความขาวคิดเป็นร้อยละระหว่าง 45.03 ± 2.38 - 81.46 ± 4.98 ; 6.57 ± 0.04 - 12.81 ± 0.22 ; 0.20 ± 0.20 - 4.50 ± 0.35 และ 67.60 ± 0.21 - 81.82 ± 0.82 ตามลำดับ ไคโตซาน จากปูที่มีศักยภาพในการนำไปพัฒนาใช้ประโยชน์มากที่สุด ได้แก่ ไคโตซานจากปูฟองน้ำ ปูเป็ใหญ่ ปูถาญีจิด ปูก้ามยาวขาว (*Partenope*

longimanus) และปูดาว ด้วยความหลากหลายทางชีวภาพของปูทำให้สามารถสร้างผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่มในรูปของไคโตซานจากเปลือกปูเหลือทิ้งจากอวนจับปูเพื่อพัฒนาไปใช้ ประโยชน์ในทางอุตสาหกรรมต่อไป

อภิธา และคณะ (2557) ได้ศึกษาผลของสารเคลือบผิวร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำต่อความเสียหายของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ฉายรังสีหลังการบ่ม ปัจจุบันประเทศไทยไม่สามารถส่งออกมะม่วงฉายรังสีไปยังประเทศสหรัฐอเมริกาได้เนื่องจากการฉายรังสีก่อให้เกิด ความเสียหายจากการเกิดอาการสีน้ำตาลและเสียน้ำบริเวณผิวเปลือกและเนื้อของผลมะม่วงตามลำดับ โดยอาการจะรุนแรง มากขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น และ/หรือมีการสุกมากขึ้น ด้วยเหตุนี้จึงได้ทำการทดลองเก็บรักษาผลมะม่วงพันธุ์ น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ไม่เคลือบ (ชุดควบคุม) และเคลือบผิวด้วย CK wax ก่อนการฉายรังสีที่ความเข้มข้น 850 เกรย์ เก็บรักษาที่ อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 สัปดาห์แล้วนำมาบ่มให้สุกด้วยสารละลายเอทิลฟอน 1,000 พีพีเอ็ม ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน ก่อนนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน เพื่อตรวจสอบอายุการเก็บ รักษา การสูญเสียน้ำหนัก และความเสียหายของผลมะม่วงฉายรังสีที่เกิดขึ้น ผลการทดลองพบว่าผลมะม่วงไม่เคลือบผิวและ เคลือบผิวมีอายุการเก็บรักษา 0 และ 6 วัน ตามลำดับ ผลมะม่วงไม่เคลือบผิวมีการสูญเสียน้ำหนักมากกว่าผลมะม่วงเคลือบ ผิว และพบผิวเปลือกเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล และเกิดเสียน้ำบนเนื้อ หลังจากนำออกจากห้องบ่ม ในขณะที่ผลมะม่วงที่ผ่านการ เคลือบผิวสามารถเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส ได้นาน 6 วัน โดยไม่พบความเสียหาย แต่พบความเสียหายจากการเกิดสีน้ำตาลบริเวณเนื้อติดเมล็ดเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 8 วัน

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

ตารางที่ 3-1 แสดงสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

ชื่อสารเคมี	บริษัทผู้ผลิต
Chitosan	-
Hydrochloric acid	BDH
Sodium hydroxide	FLUKA
Ethanol 95%	BDH
Carnauba	Sigma Aldrich
Bee wax	-
Tween 80	Labchem
Methanol	BDH
Acetone	MERCK
Acetic acid	BDH
Glycerol	MERCK
Phenolphthalein	MERCK
Oxalic acid	MERCK
2,6-Dichloroindophenol sodium salt hydrate + Sodium Bicarbonate	FLUKA
Ascorbic acid	FLUKA

*สารเคมีที่ไม่ระบุเกรด ให้หมายถึง เกรดปฏิบัติการ

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

ตารางที่ 3-2 แสดงเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือ	บริษัทผู้ผลิต
เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง	SARTORIUS
Stirring hot plate	JENWAY รุ่น 1203
ตุ้มน้ำ	MEMMERT รุ่น D 06061 model 500
แท่งคนแม่เหล็ก	-
ถ้วยกระเบื้องเคลือบ	-
โถรงบดสาร	-
เครื่องปั่นผลไม้	-
โถดูดความชื้น	-
เครื่องวัดความแน่นเนื้อ (Fruit Firmness Tester)	Model FT-011, FT-327
ชุดไทเทรต	-
Hand refractometer	ATAGO® PAL-1 (N 10-32)
เครื่องวัดสี	Hunter lab

3.3 วิธีการดำเนินการวิจัย

3.3.1 การเตรียมวัตถุดิบ

3.3.1.1 การเตรียมเปลือกกุ้ง

เปลือกกุ้งมาแยกเอาส่วนเนื้อ ไขมัน และขากุ้งออก แล้วนำมาล้างด้วยน้ำสะอาดหลายๆ ครั้ง จากนั้นนำไปตากแดดไว้จนแห้ง จากนั้นทำการบดให้ละเอียดร่อนด้วยตะแกรงหรือผ้าขาวบาง เก็บเปลือกกุ้งที่ร่อนได้ไว้ในขวดแก้วที่แห้ง ปิดฝาให้มิดชิดที่อุณหภูมิห้อง

3.3.1.2 การเตรียมเปลือกปูนา

นำตัวอย่างสดของปูมาแกะเอาเนื้อและอวัยวะภายในออกจากกระดอง ลำตัว กล้ามและขา ล้างให้สะอาด นำไปอบที่อุณหภูมิ 70 °C ประมาณ 1-3 ชั่วโมง จากนั้นนำไปบดให้ละเอียด และร่อนผ่านตะแกรง จะได้ตัวอย่างของเปลือกปูแห้ง

3.3.1.3 การเตรียมเปลือกหอยเชอรี่

นำหอยเชอรี่มาต้มเพื่อแยกเอาเนื้อออก จากนั้นนำเปลือกหอยเชอรี่มาล้างน้ำให้สะอาด ผึ่งแดดให้แห้ง แล้วบดเปลือกหอยเชอรี่ให้เป็นชิ้นเล็กๆ เก็บใส่โถสุญญากาศ ปิดฝาให้มิดชิดที่ อุณหภูมิห้อง

3.3.2 การสกัดสารโคโคซาน

3.3.2.1 การสกัดโคโคซานจากเปลือกกุ้ง

มีขั้นตอนการสกัดดังนี้

1. การกำจัดแร่ธาตุ นำเปลือกกุ้งที่ตากไว้จนแห้ง 50 กรัม มาแยกแร่ธาตุ (ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นเกลือแคลเซียมคาร์บอเนต) มาต้มในกรดไฮโดรคลอริก เข้มข้น 1 โมลาร์ ในอัตราส่วน ระหว่างเปลือกกุ้งต่อสารละลายใช้ 1 : 10 ใช้แท่งคนแม่เหล็ก คนบนเครื่อง Stirring Hot Plate เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง (30±2 องศาเซลเซียส) หลังจากนั้นล้างตะกอนด้วยน้ำกลั่นจนน้ำล้างตะกอนมี pH เป็นกลาง แล้วนำมากรองด้วยกระดาษกรองเพื่อเอากากที่ติดอยู่บนผิวของกระดาษกรอง

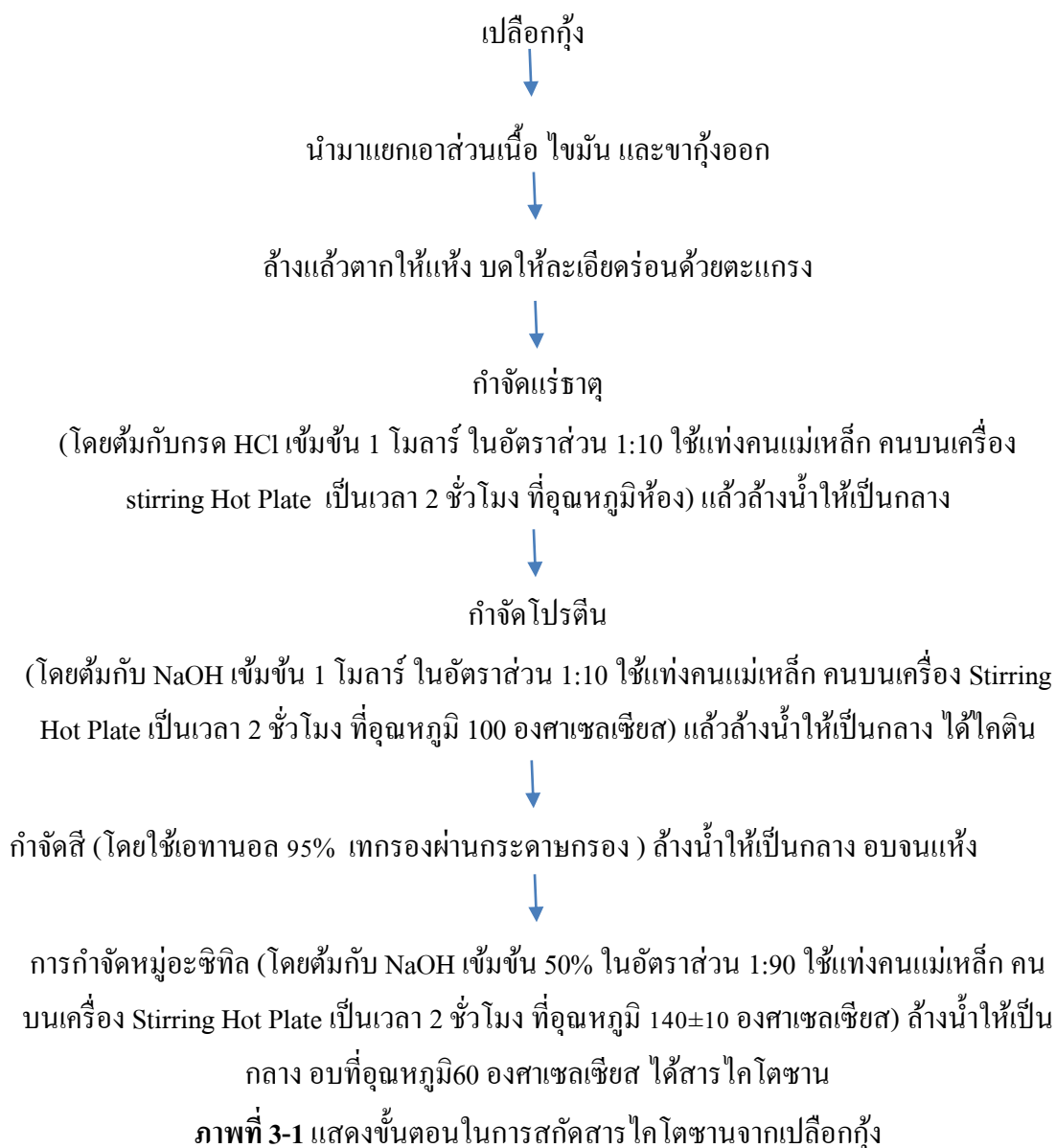
2. การกำจัดโปรตีน โดยนำกากของเปลือกกุ้งที่ได้จากการแยกแร่ธาตุ มากำจัดโปรตีนโดยการต้มในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 1 โมลาร์ ในอัตราส่วนระหว่าง เปลือกกุ้งต่อสารละลายใช้ 1: 10 ใช้แท่งคนแม่เหล็ก คนบนเครื่อง Stirring Hot Plate เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ที่ อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นล้างตะกอนด้วยน้ำกลั่นจนน้ำล้างตะกอนมี pH เป็นกลาง แล้ว นำมากรองด้วยกระดาษกรองเพื่อเอากากที่ติดอยู่บนผิวของกระดาษกรอง ตะกอนที่ได้ คือ สารโคโคซาน นำไปอบที่อุณหภูมิ 60-80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เก็บสารโคโคซานใส่ในขวดแก้วปิดฝาไว้ที่ อุณหภูมิห้อง เพื่อนำไปสกัดขั้นตอนต่อไป

3. การกำจัดสี นำสารโคโคซานที่ได้มากำจัดสีออก โดยใช้เอทานอล 95% เทแล้ว กรองผ่านกระดาษกรองและกรวยกรอง จนกว่าสีจะลงหรือจนไม่มีสี แล้วนำไปอบจนแห้ง แล้วนำไป เก็บในขวดแก้ว ปิดฝา นำน้ำหนักโคโคซานที่ชั่งได้ไปคำนวณตามสูตร

$$\% \text{ โคโคซาน} = (\text{น้ำหนักโคโคซาน} / \text{น้ำหนักของสาร}) \times 100 \quad \text{-----สมการที่ 1}$$

4. การกำจัดหมู่อะซิทิล นำสารโคตินที่ได้มาต้มกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 50% (w/v) ในอัตราส่วนระหว่างสารโคตินต่อสารละลายใช้ 1: 90 ใช้แท่งคนแม่เหล็ก คนบนเครื่อง Stirring Hot Plate เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 140 ± 10 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นทิ้งไว้ให้เย็น ล้างตะกอนด้วยน้ำกลั่นจนน้ำล้างตะกอนมี pH เป็นกลาง แล้วนำมากรองด้วยกระดาษกรองเพื่อเอากากที่ติดอยู่บนผิวของกระดาษกรอง ตะกอนที่ได้ คือ สารโคโตนาน นำตะกอนไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสจนตะกอนแห้ง แล้วนำตะกอนเก็บไว้ในขวดแก้วปิดฝาสนิทเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป แล้วนำน้ำหนัก โคโตนานที่ชั่งได้ไปคำนวณตามสูตร

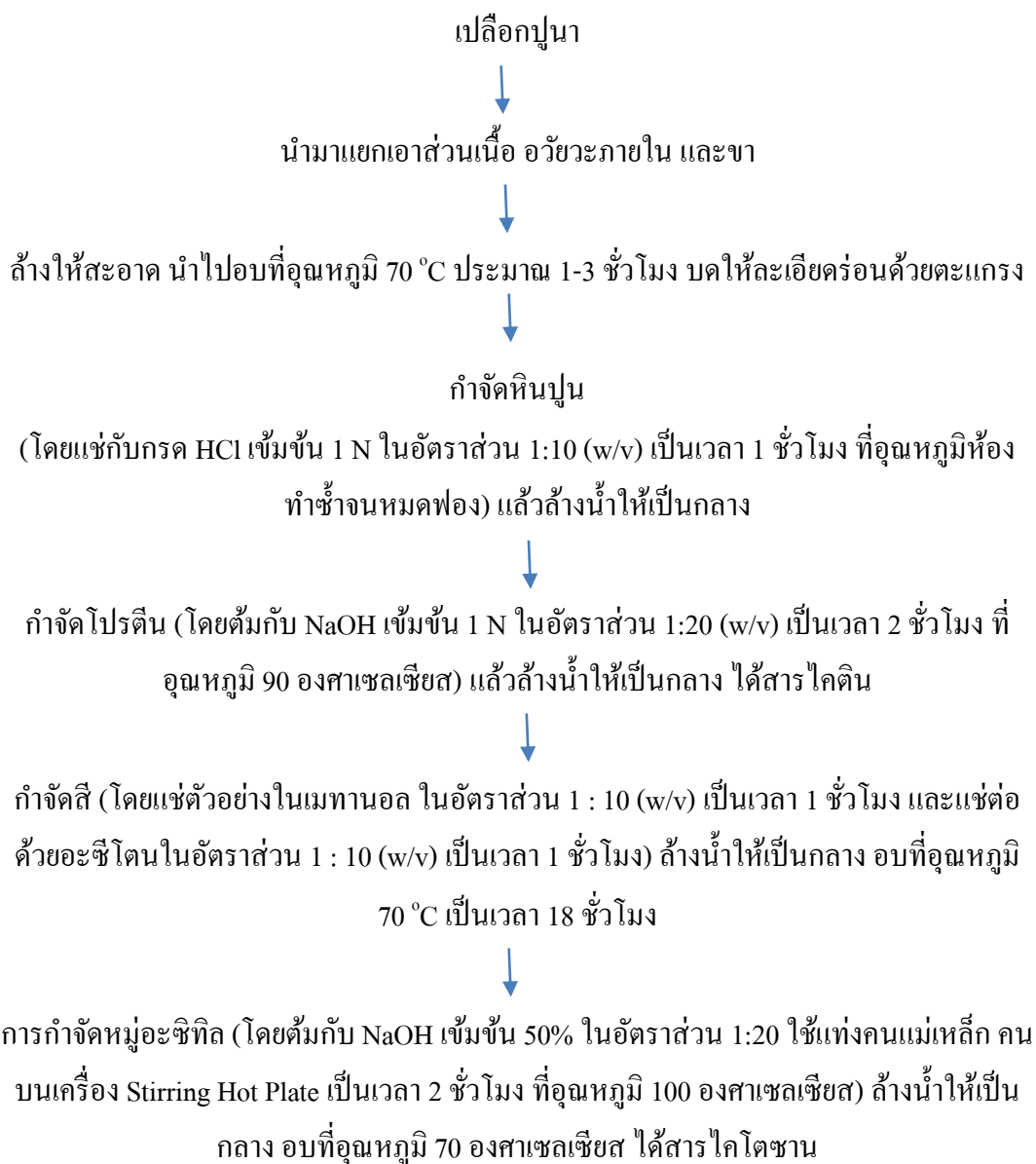
$$\% \text{ โคโตนาน} = (\text{น้ำหนักโคโตนานที่ได้} / \text{น้ำหนักโคตินที่ใช้}) \times 100 \quad \text{-----สมการที่ 2}$$



3.3.2.2 การสกัดโคโคซานจากเปลือกปูลนา (พันธุ์ทิพย์, 2556)

มีขั้นตอนการสกัดดังนี้

1. การกำจัดหินปูน ชั่งเปลือกปูลแห้ง 50 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ เติมกรดไฮโดรคลอริก 1 N ในอัตราส่วนเปลือกปูลต่อกรดเท่ากับ 1:10 (w/v) แช่เปลือกปูลทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นเทกรดทิ้งและเติมกรดลงไปใหม่แล้วแช่ต่ออีก 1 ชั่วโมง ทำซ้ำจนหมดฟอง ล้างตัวอย่างจน pH เป็นกลาง และทำการกรองเอาตะกอน
2. การกำจัดโปรตีน โดยเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 N ลงไปในอัตราส่วนเปลือกปูลต่อด่างเท่ากับ 1 : 20 (w/v) แล้วนำไปต้มที่อุณหภูมิ 90 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ล้างตัวอย่าง
3. การกำจัดสี แช่ตัวอย่างในเมทานอล ในอัตราส่วนเปลือกปูลต่อเมทานอลเท่ากับ 1 : 10 (w/v) เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วเทเมทานอลทิ้ง จากนั้นแช่ต่อดัวยอะซิโตนในอัตราส่วนและระยะเวลาเดียวกันกับเมทานอล แล้วล้างตัวอย่าง และนำไปอบที่อุณหภูมิ 70 °C เป็นเวลา 18 ชั่วโมง จะได้โคโคติน นำไปชั่งน้ำหนักแล้วคำนวณตามสมการที่ 1
4. การกำจัดหมู่อะซิทิล นำสารโคโคตินที่ได้มาต้มในโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 50% (w/v) ที่อุณหภูมิ 100 °C ในอัตราส่วนโคโคตินต่อด่างเท่ากับ 1: 20 ใช้เวลาต้ม 2 ชั่วโมง จากนั้นทิ้งไว้ให้เย็นแล้วล้างตัวอย่างจนกระทั่ง pH เป็นกลาง นำตัวอย่างที่ได้ไปอบที่อุณหภูมิ 70 °C เป็นเวลา 18 ชั่วโมง จะได้โคโคซาน นำไปชั่งน้ำหนักแล้วคำนวณตามสมการที่ 2



ภาพที่ 3-2 แสดงขั้นตอนในการสกัดสารโคโดซานจากเปลือกปู

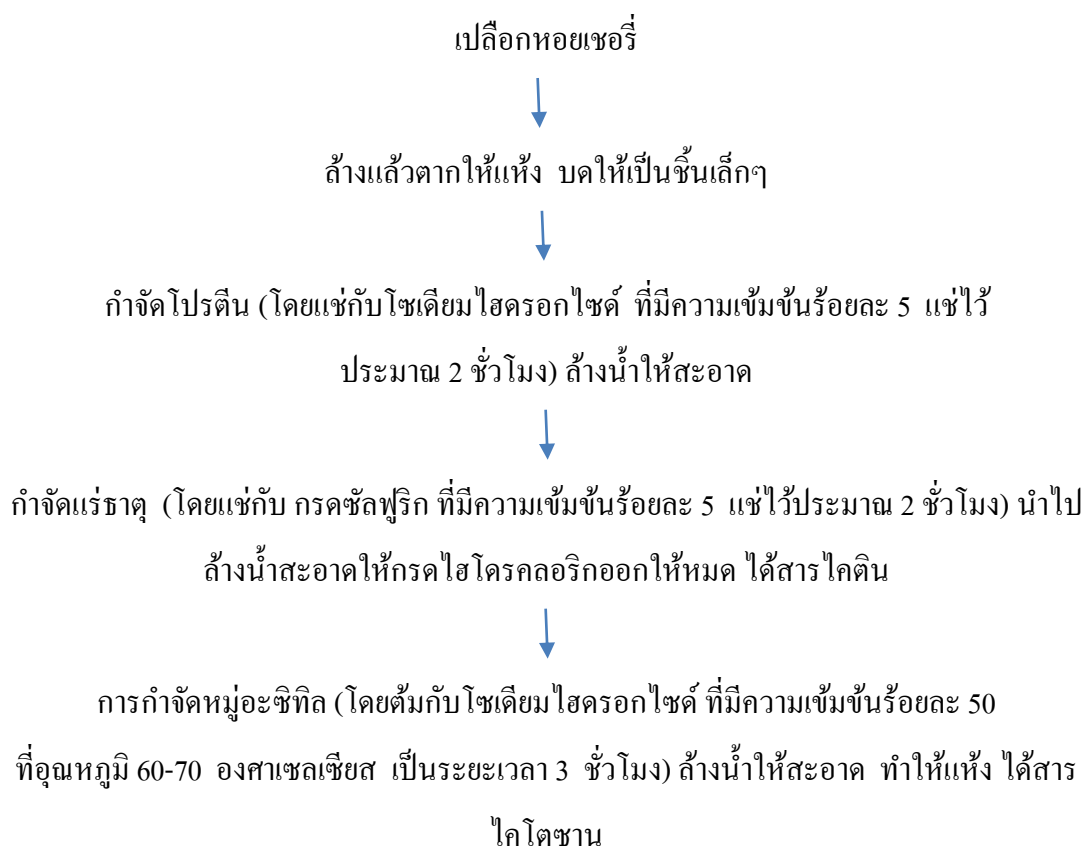
3.3.2.3 การสกัดโคโดซานจากเปลือกหอยเชอร์รี่

มีขั้นตอนการสกัดดังนี้

1. การกำจัดโปรตีน โดยการนำเปลือกหอยเชอร์รี่ที่บดแล้วนำมาเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 5 เพื่อแยกเอาโปรตีนออก โดยแช่ไว้ประมาณ 2 ชั่วโมง เมื่อครบ 2 ชั่วโมง นำไปล้าง ล้างน้ำให้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ออกให้หมด

2. การกำจัดแร่ธาตุ นำเปลือกหอยเชอรี่ที่ผ่านการกำจัดโปรตีนออกแล้วมาแช่ในสารละลายกรดซัลฟิวริกที่มีความเข้มข้นร้อยละ 5 เพื่อแยกแร่ธาตุออกจากวัตถุดิบ โดยแช่ไว้ประมาณ 2 ชั่วโมง แล้วนำไปล้างน้ำสะอาดให้ซัลฟิวริกออกให้หมด ก็จะได้ไคติน นำไปชั่งน้ำหนักแล้วคำนวณตามสมการที่ 1

3. การกำจัดหมู่อะซิทิล นำสารไคตินที่ได้ไปเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้น ร้อยละ 50 ที่อุณหภูมิ 60-70 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นล้างน้ำให้สะอาด แล้วนำไปตากแห้งก็จะได้ไคโตซาน นำไปชั่งน้ำหนักแล้วคำนวณตามสมการที่ 2



ภาพที่ 3-3 แสดงขั้นตอนในการสกัดสารไคโตซานจากเปลือกหอยเชอรี่

3.3.3 การศึกษาการศึกษาประสิทธิภาพของการเคลือบผิวที่มีต่ออายุการเก็บรักษาและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองภายหลังการเก็บเกี่ยว

3.3.3.1 การเก็บและเตรียมตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง เข้าระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา 80% จากไร่คุณไทรรัตน์ ตำบลคงมูลเหล็ก อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ เก็บเกี่ยวในเดือนกุมภาพันธ์ – มีนาคม 2559 โดยการคัดเลือกผลที่มีขนาดใกล้เคียงกัน น้ำหนักเฉลี่ย 220-280 กรัมต่อผล ไม่มีตำหนิ ไม่มีบาดแผลหรือร่องรอยการเข้าทำลายของโรคแมลง และการบอบช้ำ ตัดก้านขั้วผลและทำให้สะอาดล้างล้างน้ำทำความสะอาดผิว ใช้ผ้าสะอาดซับให้แห้ง แล้วทำการจุ่มลงในน้ำร้อนอุณหภูมิ $55 \pm 2^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 5 นาที (วุฒิ, 2540; วิทวัส และคณะ, 2545; วิลาวลัย, 2552; อภิธา, 2554) ผึ่งให้แห้ง เตรียมทำการเคลือบผิวโดยจุ่มลงในสารละลายที่ต้องการเคลือบ เป็นเวลา 2 นาที จากนั้นผึ่งให้แห้ง แล้วทำการเก็บรักษามะม่วงลงในกล่องที่อุณหภูมิ 25 ± 3 ชุททดลองละ 3 ผล (ซ้ำละ 1 ผล) ต่อวันจำนวน 39 ผล ชุทการทดลองมีทั้งหมด 4 การทดลอง ได้แก่ ชุทควบคุม ชุททดลองไคโตซาน ชุททดลองคาร์นูบา ชุททดลองไคโตซานผสมกลีเซอรอล และชุททดลองไคโตซานผสมสารอิมัลชันชนิดต่างๆ

3.3.3.2 การเตรียมสารละลายเคลือบผิวมะม่วง

1. เตรียมสารละลายไคโตซาน

เตรียมสารละลายไคโตซานที่มีความเข้มข้น 0.5, 1, 1.5 และ 2 % (w/v) ในสารละลายกรดอะซิติกเข้มข้น 1%

2. การเตรียมสารเคลือบคาร์นูบา

เตรียมสารเคลือบคาร์นูบาที่มีความเข้มข้น 0.5, 1, 1.5 และ 2 % (w/v) ในน้ำมันพืช 10 mL. แล้วเติมน้ำร้อน 90 mL. ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องจนสารละลายเย็น กวนสาร 10 นาที ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องจนสารละลายเย็นแล้วนำมากรองด้วยผ้าขาวบาง (คัดแปลงจากสุกัญญา, 2549)

3. การเตรียมสารละลายไคโตซานผสมกลีเซอรอล

เตรียมสารละลายไคโตซานที่มีความเข้มข้น 0.5, 1, 1.5 และ 2 % (w/v) ในสารละลายกรดอะซิติกเข้มข้น 1% แล้วกวนด้วยเครื่องกวนสารเคมีด้วยความเร็ว 1,300 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 20 นาที ปรับค่าความเป็นกรดค้างให้อยู่ในช่วง 4.5 ± 0.5 ตั้งทิ้งไว้จนสารละลายใส นำ

สารละลายไคโตซานมาเติมกลีเซอรอล 0.025, 0.05, 0.075 และ 0.1 กรัม ตามลำดับ แล้วกวนด้วยเครื่องกวนสาร

4. การเตรียมสารละลายไคโตซานผสมสารอิมัลชันต่างๆ

เตรียมสารละลายไคโตซานผสมไข่ฝิ่ง เตรียมโดยละลายไคโตซานที่มีความเข้มข้น 2 % (w/v) ในสารละลายกรดอะซิติกเข้มข้น 1% แล้วกวนด้วยเครื่องกวนสารเคมีด้วยความเร็ว 1,300 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 20 นาที ปรับค่าความเป็นกรดต่างให้อยู่ในช่วง 4.5 ± 0.5 ตั้งทิ้งไว้จนสารละลายใส จากนั้นนำสารละลายไคโตซานมากวนโดยใช้เครื่องกวนผสมกวนให้เข้ากัน แล้วให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส แล้วจึงเติมไข่ฝิ่ง 0.22 g และกวนผสมด้วยเครื่องกวนสารเป็นเวลา 10 นาที ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องจนสารเคลือบเย็น แล้วกรองด้วยผ้าขาวบาง (สุกัญญา, 2549)

เตรียมสารละลายไคโตซานผสมTween80 เตรียมโดยละลายไคโตซานที่มีความเข้มข้น 2 % (w/v) ในสารละลายกรดอะซิติกเข้มข้น 1% แล้วกวนด้วยเครื่องกวนสารเคมีด้วยความเร็ว 1,300 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 20 นาที ปรับค่าความเป็นกรดต่างให้อยู่ในช่วง 4.5 ± 0.5 ตั้งทิ้งไว้จนสารละลายใส จากนั้นนำสารละลายไคโตซานมาเติมTween80 0.05 g แล้วกวนด้วยเครื่องกวนสาร 10 นาที ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องจนสารเคลือบเย็นแล้วนำมากรองด้วยผ้าขาวบาง (ดัดแปลงจากสุกัญญา, 2549)

เตรียมสารละลายไคโตซานผสมกลีเซอรอล Tween80 เตรียมโดยละลายไคโตซานที่มีความเข้มข้น 2 % (w/v) ในสารละลายกรดอะซิติกเข้มข้น 1% แล้วกวนด้วยเครื่องกวนสารเคมีด้วยความเร็ว 1,300 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 20 นาที ปรับค่าความเป็นกรดต่างให้อยู่ในช่วง 4.5 ± 0.5 ตั้งทิ้งไว้จนสารละลายใส จากนั้นนำสารละลายไคโตซานมาเติมกลีเซอรอล 0.1 g แล้วกวนด้วยเครื่องกวนสาร 10 นาที ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องจนสารเคลือบเย็นแล้วนำมากรองด้วยผ้าขาวบาง (ดัดแปลงจากสุกัญญา, 2549)

3.3.3.3 การทดลองการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและสีเนื้อมะม่วง

แต่ละผลทำการวัดสี 10 จุด โดยมะม่วง 1 ผล วัด 6 ด้าน ด้านแก้ม 2 ด้าน เริ่มต้นวัดบริเวณใกล้ขั้วผล กลางผล และใกล้ปลายผล และด้านข้าง 2 ด้าน วัดที่ตรงกลางผล และวัดบริเวณขั้วผลและปลายผลอย่างละ 1 จุด รายงานผลเป็นค่าเฉลี่ย โดยค่าที่ได้ จะแสดงออกมาเป็นค่าความ

สว่างของ สี (L^*), ค่าสีแดง (a^*), ค่าสีเหลือง (b^*) เริ่มวัดจากวันที่เก็บผลมะม่วงจากต้น (วันที่ 0) จากนั้น ตรวจวัดทุก 5 วัน จนครบ 20 วัน โดยค่าความสว่างของสี หรือ L^* เมื่อมีค่าเข้าใกล้ 0 หมายถึง ผลมะม่วง มีสีคล้ำถ้าเข้าใกล้ 100 แสดงว่าผลมะม่วงมีสีสว่าง ค่า a^* มีค่าอยู่ระหว่าง -60 ถึง +60 เมื่อมีค่าเป็นลบแสดง ว่าสีผลมะม่วงโน้มไปทางเขียว หากเป็นบวกแสดงว่ามีสีโน้มไปทางแดง ค่า b^* มีค่าอยู่ระหว่าง -60 ถึง +60 เมื่อมีค่าเป็นลบแสดงว่าผลมะม่วงมีสีโน้มไปทางน้ำเงิน หากเป็นบวกแสดงว่าสีโน้มไปทางสีเหลือง หากมีค่าสูงแสดงว่าผลมะม่วงมีสีเหลืองมาก

3.3.3.4 การทดลองการวัดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (total soluble solids, TSS)

ผลมะม่วงมาปอกเอาแต่เนื้อเฉพาะส่วนแก้มผล (mesocarp) ชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่ง 2 ตำแหน่งให้ได้ 50.0 g พอดี แล้วสับเป็นชิ้นเล็ก ๆ เพื่อสะดวกต่อการปั่น ปั่นให้ละเอียด ตวงน้ำกลั่น ปริมาตร 200 mL ใส่ในเครื่องปั่น แล้วปั่น จากนั้นกรองผ่านตะแกรงลวดตาถี่ กรองส่วนเนื้อละเอียดออก (แทนการใช้ผ้าขาวบาง) นำสารละลายน้ำมะม่วงที่ได้ดูค่าการหักเหแสงด้วย hand refractometer อ่านและ บันทึกค่า โดยค่าที่อ่านได้จาก hand refractometer ต้องนำมาคูณ กลับด้วยค่าคำนวณแฟกเตอร์การละลาย (dilution factor, ส่วนกลับของเนื้อสารหารด้วยผลบวกของ เนื้อสารกับตัวทำละลาย) หน่วยเป็น °Brix

3.3.3.5 การทดลองหาปริมาณกรดที่ไทเทรตได้

โดยปีเปิดสารละลายน้ำมะม่วง (จากข้อ 3.3.3.5) ปริมาตร 20 mL ใส่ขวดรูป ชมพู่ เติมน้ำกลั่นอีก 30 mL หยดสารละลาย 0.1% phenolphthalein 1 – 2 หยด, ทำการไทเทรตด้วย สารละลาย 0.1 N NaOH จนพอดี เป็นสีชมพู (ในน้ำมะม่วงสุกสีเหลือง สีจะผสมเห็นเป็นส้มจาง) แล้ว หยดการไทเทรต อ่านและบันทึกปริมาตรสารละลาย 0.1 N NaOH ที่ใช้ หน่วยเป็น mL ซึ่งกรดในมะม่วง เป็นกรดมาลิก (malic acid) โดยสามารถคำนวณหาปริมาณกรดมาลิกได้ จาก $\%TA = \frac{\text{ความเข้มข้นของ NaOH (0.1)} \times \text{ปริมาณ NaOH ที่ใช้ (mL)} \times 0.067 \times 100}{\text{ปริมาณน้ำคั้นมะม่วง (mL)}}$ ซึ่ง 0.067 เป็นค่า miliequivalent of anhydrous malic acid (คัดแปลงจาก Pearson, 1971)

3.3.3.6 การทดลองหาปริมาณวิตามินซี

1. เตรียมสารละลาย Ascorbic acid

ชั่ง Ascorbic acid 0.05 g. ละลายในกรดออกซาลิก (oxalic acid) 0.4% ปริมาตร 45 ml. แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 50 ml. ปิเปตต์สารละลายออกซาลิก (oxalic acid) 1 ml. ใส่ใน flask เติมสารละลายออกซาลิก (oxalic acid) 5 ml. เขย่าให้เข้ากันไทเทรตด้วยสารละลายสารละลายอินโดฟีนอลและบันทึกปริมาณสารละลายที่ใช้

2. เตรียมตัวอย่างมะม่วง

ชั่งเนื้อมะม่วงมาตัวอย่างละ 10 g. ใส่ในเครื่องปั่น เติมสารละลายกรดออกซาลิก (oxalic acid) แล้วปั่นให้เข้ากันปรับปริมาตรให้ครบ 100 ml. จากนั้นกรองผ่านตะแกรงลวดตาถี่ กรองส่วนเนื้อละเอียดออก (แทนการใช้ผ้าขาวบาง) ปิเปตต์ของเหลวที่กรองได้มา 10 ml. ไทเทรตด้วยสารละลายอินโดฟีนอลจนกระทั่งได้สารละลายสีชมพูอ่อนซึ่งจะคงตัวนานกว่า 15 นาที บันทึกปริมาณสารละลายอินโดฟีนอลที่ใช้ นำค่าที่ได้มาคำนวณหาปริมาณวิตามินซีเป็นมิลลิกรัมต่อ 100 กรัมของเนื้อมะม่วง แล้วนำค่าที่ได้มาวิเคราะห์โดยใช้สูตรดังนี้

$$(\text{มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมของเนื้อมะม่วง}) = \frac{V_1 \times A \times 100}{V_2 \times B \times W}$$

V_1 คือ ปริมาตรสารตัวอย่างที่เตรียม (มิลลิลิตร)

V_2 คือ ปริมาตรสารตัวอย่างที่นำมาไทเทรต (มิลลิลิตร)

A คือ ปริมาตรสารละลายอินโดฟีนอลที่นำมาไทเทรตตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

B คือ ปริมาตรสารละลายอินโดฟีนอลที่นำมาไทเทรตสารละลายวิตามินซี มาตรฐาน (มิลลิลิตร)

W คือ น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)

3.3.3.7 การทดลองหาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก

โดยเริ่มชั่งครั้งแรกในวันที่เริ่มทำ (นับเป็นวันที่ 0) และชั่งต่อไปทุกๆ 5 วันจนครบ 20 วัน บันทึกน้ำหนักมะม่วงแต่ละครั้งที่ทำการชั่ง นำค่าที่ได้มาคำนวณหาการสูญเสียน้ำหนัก โดยใช้สูตรการคำนวณ ดังนี้

$$\text{การสูญเสียน้ำหนัก (ร้อยละ)} = \frac{(\text{น้ำหนักเริ่มต้น} - \text{น้ำหนักหลังการเก็บรักษา}) \times 100}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น}}$$

บทที่ 4

ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการสกัดไคโตซานจากเปลือกหรือกระดองของสัตว์ที่ไม่มีกระดูกสันหลังบางชนิด ได้แก่ กุ้ง ปูนา และหอยเชอรี่ และศึกษาประสิทธิภาพในการเคลือบผิวมะม่วงน้ำดอกไม้ด้วยสารไคโตซานที่สกัดได้ ที่จะส่งผลในการยืดอายุการเก็บรักษาผลผลิต ให้มีคุณภาพเพื่อการส่งออก

4.1 การสกัดไคตินและไคโตซานจากเปลือกหรือกระดองของสัตว์ที่ไม่มีกระดูกสันหลังบางชนิด

ผลผลิตไคตินจากเปลือกหรือกระดองของสัตว์ที่ไม่มีกระดูกสันหลังบางชนิด ได้แก่ กุ้ง ปูนา และหอยเชอรี่ มีค่าอยู่ในช่วง 51.85 ± 1.60 ถึง 65.68 ± 3.09 % โดยเรียงลำดับจากผลผลิตสูงสุดไปหาต่ำสุด ได้แก่ หอยเชอรี่ กุ้ง และปูนา (ตารางที่ 4-1) ส่วนผลผลิตไคโตซาน (เทียบจากน้ำหนักไคติน) พบมากที่สุดจากเปลือกหอยเชอรี่ (61.85 ± 1.81 %) เปลือกกุ้ง (48.66 ± 5.01 %) และเปลือกปูนา (46.34 ± 0.98 %) ตามลำดับ ทั้งนี้การที่เปลือกของสัตว์แต่ละชนิดให้ปริมาณไคตินที่แตกต่างกัน เนื่องจากโครงสร้างของสัตว์มีการสะสมไคติน แร่ธาตุ โปรตีน และสารประกอบอื่นๆ ในปริมาณที่แตกต่างกัน

ไคโตซานจากเปลือกสัตว์แต่ละชนิดที่ผลิตได้จะมีสีอ่อน และมีน้ำหนักเบาว่า ไคติน (ภาพที่ 4 - 1) เนื่องจากเปลือกของสัตว์แต่ละชนิดมีความหนาของเปลือก และการสะสมรงควัตถุในเปลือกที่ต่างกัน ทำให้ในขั้นตอนการกำจัดรงควัตถุของเปลือกปูนาทำได้ยากกว่าเปลือกกุ้งที่เปลือกมีลักษณะบางและมีสีอ่อนกว่าเปลือกสัตว์ชนิดอื่น และเปลือกหอยเชอรี่

ตารางที่ 4-1 แสดงผลผลิตไคตินและไคโตซาน (เทียบจากน้ำหนักไคติน) จากเปลือกสัตว์หรือกระดองของสัตว์ที่ไม่มีกระดูกสันหลังบางชนิด

ชนิด	ผลผลิตจากเปลือกสัตว์ (%) ($\bar{X} \pm SD$)		
	เปลือกกุ้ง	เปลือกปูนา	เปลือกหอยเชอรี่
ไคติน	60.18 ± 3.12	51.85 ± 1.60	65.68 ± 3.09
ไคโตซาน	48.66 ± 5.01	46.34 ± 0.98	61.85 ± 1.81

เปลือกกุ้ง

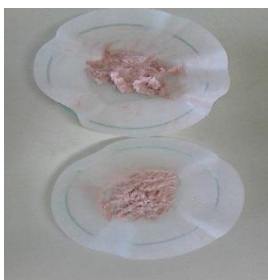


(a) ไคติน



(b) ไคโตซาน

เปลือกปู



(a) ไคติน



(b) ไคโตซาน

เปลือกหอยเชอร์รี่



(a) ไคติน

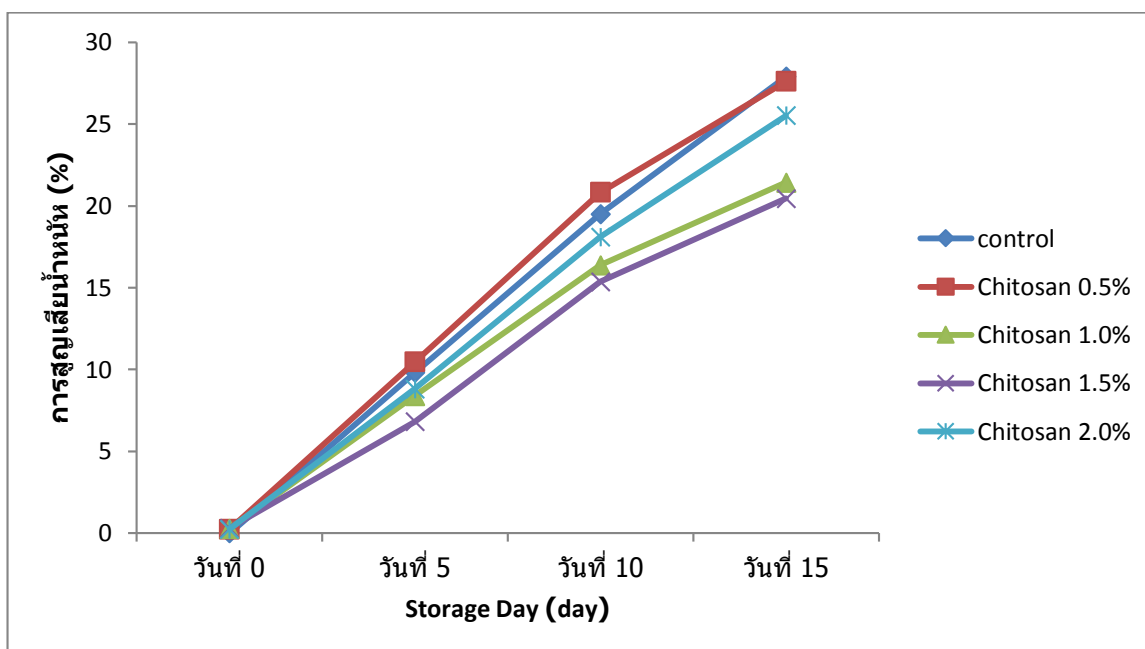


(b) ไคโตซาน

ภาพที่ 4-1 แสดงไคตินและไคโตซานที่ได้จากการสกัดจากเปลือกหรือกระดองของสัตว์ชนิดต่างๆ

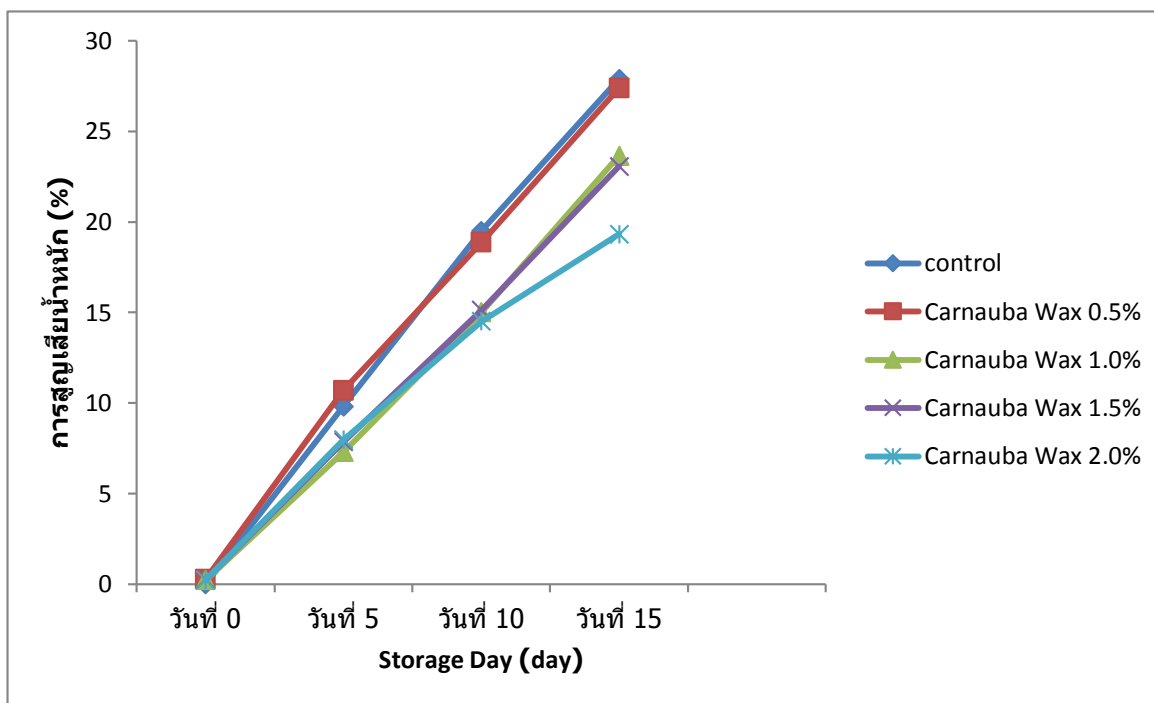
4.2 ผลการศึกษาประสิทธิภาพของการเคลือบผิวที่มีต่ออายุการเก็บรักษาและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองภายหลังการเก็บเกี่ยว

4.2.1 ผลการศึกษาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก



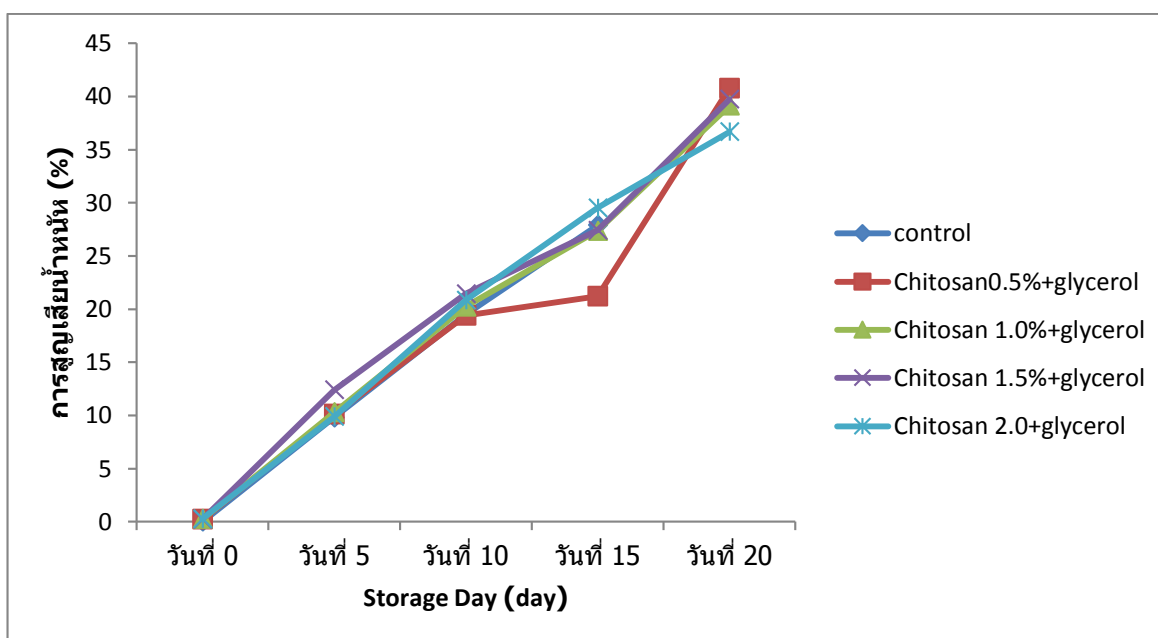
ภาพที่ 4-2 แสดงเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซาน ที่ความเข้มข้น 0.5%, 1%, 1.5% และ 2% (w/v) ตามลำดับ และมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว (Control)

จากภาพที่ 4-2 แสดงผลเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้น 0.5%, 1.0%, 1.5% และ 2.0% (w/v) ตามลำดับ กับมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว (Control) จะเห็นได้ว่ามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบผิวด้วยไคโตซานที่ความเข้มข้น 1.5% (w/v) มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุดในวันเก็บรักษาวันที่ 5-15 และมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบผิวด้วยไคโตซานที่ความเข้มข้น 0.5% (w/v) มีการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุดในวันเก็บรักษาวันที่ 5-15 และมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักมากกว่า Control และทุกความเข้มข้นรวมถึง Control จะเห็นว่าแนวโน้มของเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น



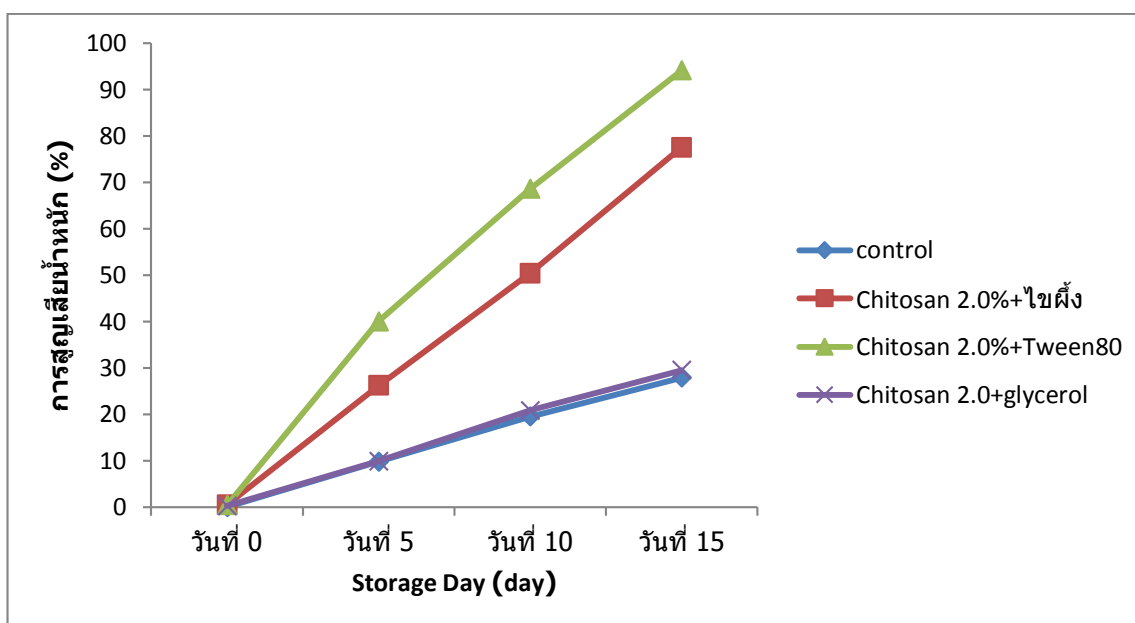
ภาพที่ 4-3 แสดงเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบผิวด้วยสารละลายคาร์นูบาที่ความเข้มข้น 0.5%, 1%, 1.5% และ 2% (w/v) ตามลำดับ และมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว (Control)

จากภาพที่ 4-3 แสดงผลเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบด้วยสารเคลือบผิวคาร์นูบาที่ความเข้มข้น 0.5%, 1.0%, 1.5% และ 2.0% (w/v) ตามลำดับ กับมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว (Control) จะเห็นได้ว่ามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบด้วยคาร์นูบาที่ความเข้มข้น 2.0% (w/v) มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุดในวันเก็บรักษาววันที่ 10-15 เมื่อเทียบกับความเข้มข้นทั้งหมด และมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบด้วยคาร์นูบาที่ความเข้มข้น 0.5% (w/v) มีการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุดในวันเก็บรักษาววันที่ 0-15 และเมื่อเทียบกับความเข้มข้นทั้งหมด ทุกความเข้มข้นของคาร์นูบาและControl พบว่ามะม่วงมีแนวโน้มเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น



ภาพที่ 4-4 แสดงเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซานเข้มข้น 2% (w/v) ผสมกลีเซอรอล และมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว (Control)

จากภาพที่ 4-4 แสดงผลเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบด้วยสารไคโตซาน ผสมกลีเซอรอล ที่ความเข้มข้นต่างๆ กับมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว (Control) โดยทำการทดลองทริทเมนต์ละ 3 ซ้ำๆละ 1 ครั้ง จะเห็นได้ว่ามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบด้วยสารไคโตซานที่ความเข้มข้น 0.5% (w/v) ผสมกลีเซอรอล มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุดในวันเก็บรักษาที่ 0 และ 10-15 เมื่อเทียบกับความเข้มข้นทั้งหมด



ภาพที่ 4-5 แสดงเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซานเข้มข้น 2% (w/v) ผสมกับไข่ผึ้ง Tween80 และกลีเซอรอล และมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว (Control)

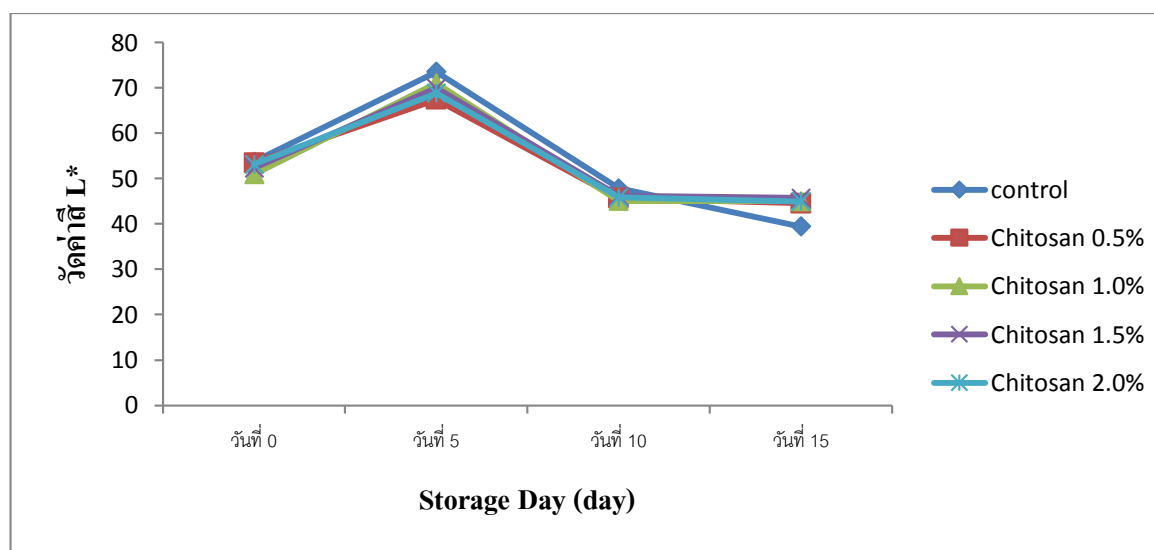
จากภาพที่ 4-5 แสดงผลเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบด้วยสารไคโตซานผสมไข่ผึ้ง ไคโตซานผสมTween 80 และไคโตซานผสมกลีเซอรอล กับมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว (Control) จะเห็นได้ว่ามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบด้วยไคโตซานผสมกับสารอิมัลชันทุกชนิดและ Control มีแนวโน้มการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้น และมะม่วงที่ผ่านการเคลือบด้วยไคโตซานผสมไข่ผึ้ง Tween 80 และกลีเซอรอล มีการสูญเสียน้ำหนักมากกว่า Control แต่มะม่วงที่เคลือบด้วยไคโตซานผสมTween 80 มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับมะม่วงที่ผ่านการเคลือบด้วยไคโตซานกับอิมัลชันชนิดอื่นๆ ดังนั้น แสดงว่า Control จะลดการสุกได้ดี

4.2.2 ผลการศึกษาค่าการวัดสี

วัดสีด้วยเครื่องวัดสีโดยแต่ละผลจะวัดสีเปลือก ที่ตำแหน่งหัว 1 จุด ท้าย 1 จุด แก้มซ้ายและขวา ด้านละ 3 จุด และด้านข้างทั้ง 2 ข้างๆ ละจุด รวมทั้งหมด 10 จุด อ่านและบันทึกค่า ที่ได้แบบ (L^* , a^* , b^*) โดยค่าที่ได้จะแสดงออกมาเป็นค่าความสว่างของสี (L^*), ค่าสีแดง (a^*), ค่าสีเหลือง (b^*) เริ่มวัดจากวันที่เคลือบ (Day 0) และวัดทุกๆ 5 วัน จนครบ 15 วัน

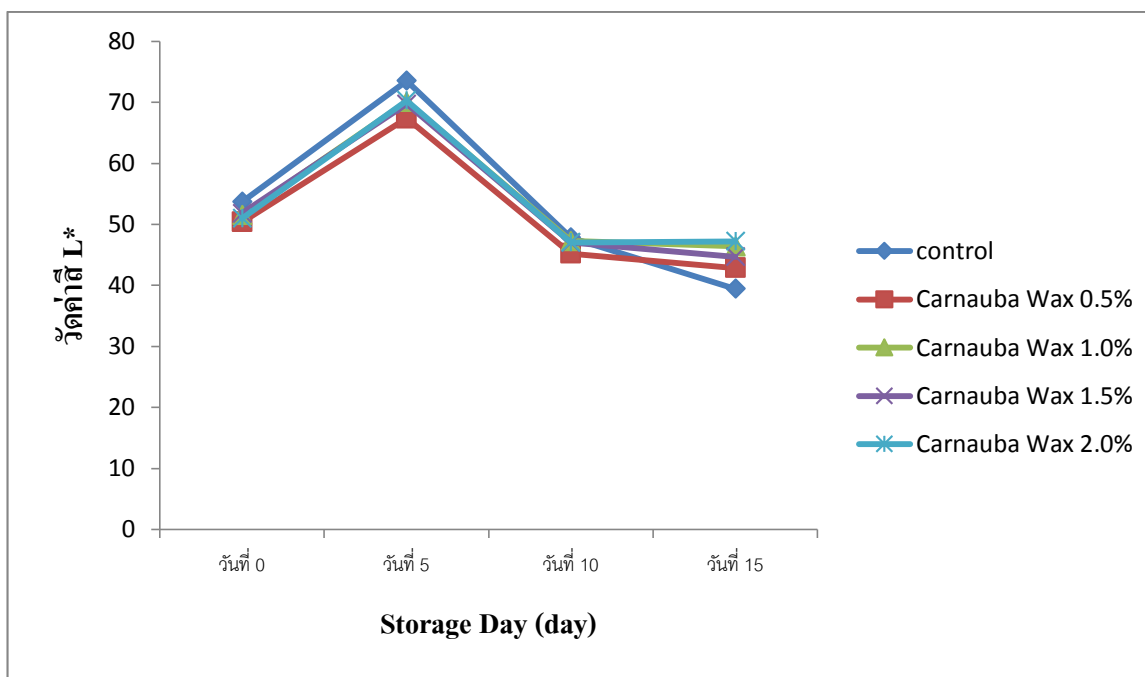
4.2.2.1 การศึกษาค่าการวัดสีของค่า (L^*)

ค่าความสว่างของสี หรือ L^* เมื่อมีค่าเข้าใกล้ 0 หมายถึงผิวของผลไม้มีความสว่างน้อยนั่นหมายความว่ามะม่วงสามารถชะลอการสุกได้ดี แต่ถ้าเข้าใกล้ 100 แสดงว่าผลไม้มีความสว่างมากหมายความว่าผิวมะม่วงมีแนวโน้มในช่วงสีเหลืองหรือชะลอการสุกได้ไม่ดี



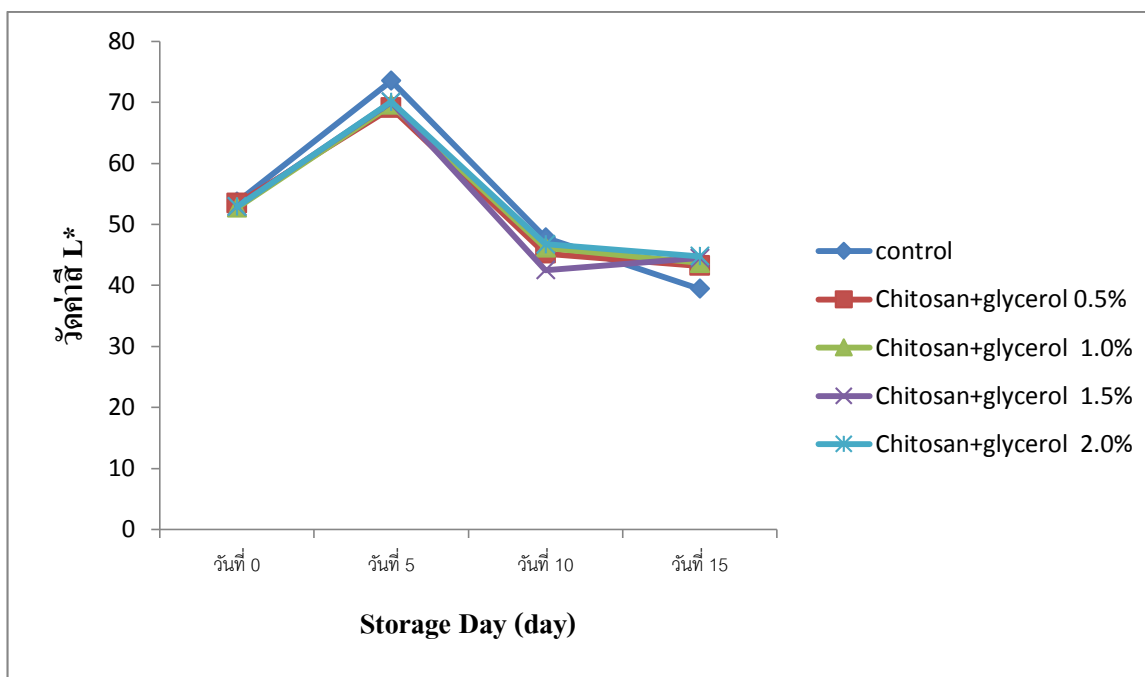
ภาพที่ 4-6 แสดงการศึกษาการวัดค่าสีของค่า L^* ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบด้วยสารละลายไคโตซาน ที่ความเข้มข้นที่ความเข้มข้น 0.5%, 1%, 1.5% และ 2% (w/v) ตามลำดับ กับมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว (Control)

จากภาพที่ 4-6 ค่าสี L^* ในทริทเมนต์ต่างๆ มีค่าอยู่ในช่วง 25-75 และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วง 0-5 วัน หลังจากวันที่ 5 มีแนวโน้มลดลงทุกทริทเมนต์ จากการเปรียบเทียบความเข้มข้นของไคโตซานทุกความเข้มข้นกับ Control ในวันที่ 5 พบว่ามะม่วงที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยไคโตซานเข้มข้น 0.5% (w/v) มีค่าสี L^* น้อยที่สุด ดังนั้นมะม่วงที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยไคโตซานเข้มข้น 0.5% (w/v) สามารถชะลอการสุกได้ดี และดีกว่า Control



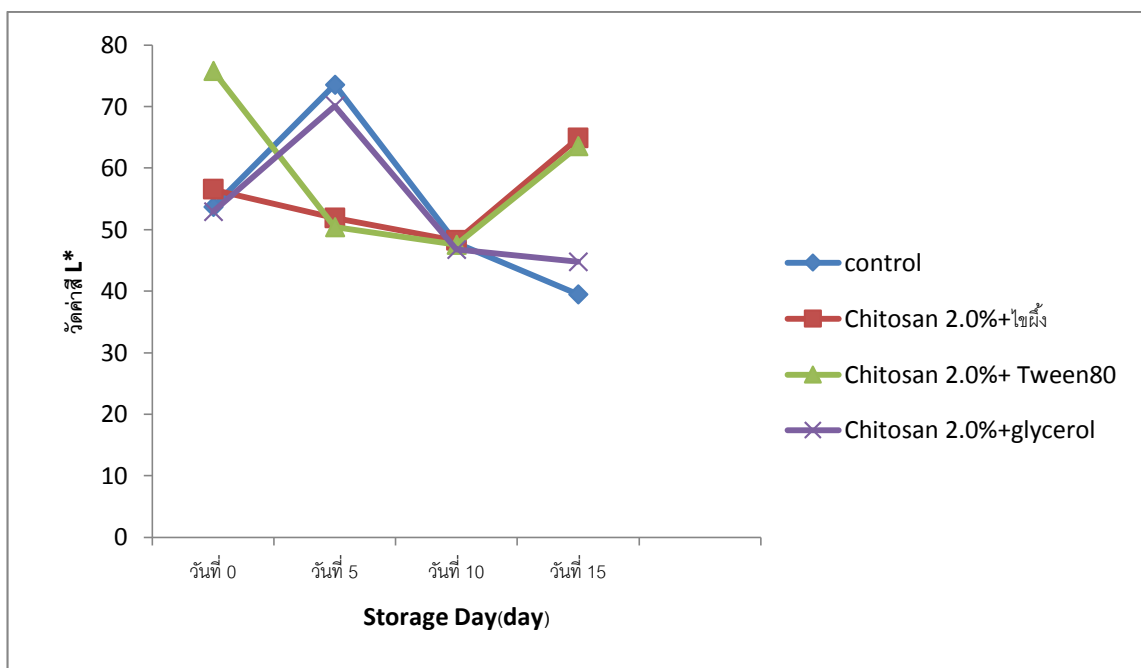
ภาพที่ 4-7 แสดงการศึกษาการวัดค่าสีของค่า L^* ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบด้วยสารละลายคาร์นูบา ที่ความเข้มข้น ที่ความเข้มข้น 0.5%, 1%, 1.5% และ 2% (w/v) ตามลำดับ กับมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว (Control)

จากภาพที่ 4-7 ค่าสี L^* ในทริทเมนต์ต่างๆ มีค่าอยู่ในช่วง 25-75 และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างความเข้มข้นของคาร์นูบามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในวันที่ 0-5 และมีแนวโน้มลดลงหลังจากวันที่ 5 ในทุกทริทเมนต์ ค่าสี L^* มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อเปรียบเทียบกับความเข้มข้นของคาร์นูบาทุกความเข้มข้นกับ Control ในวันที่ 5 พบว่ามะม่วงที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยคาร์นูบา 0.5% (w/v) มีค่าสี L^* น้อยที่สุด หมายความว่ามะม่วงที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยคาร์นูบา 0.5% (w/v) สามารถชะลอการสุกได้ดี



ภาพที่ 4-8 แสดงการศึกษาการวัดค่าสีของค่า L* ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบด้วยสารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้น 0.5%, 1%, 1.5% และ 2% (w/v) ผสมกลีเซอรอล กับมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว (Control)

จากภาพที่ 4-8 ค่าสี L* ในทริทเมนต์ต่างๆ มีค่าอยู่ในช่วง 25-75 และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ในวันที่ 0-5 และมีแนวโน้มลดลงหลังจากวันที่ 5 ในทุกทริทเมนต์ ค่าสี L* ของมะม่วงที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยไคโตซานผสมกลีเซอรอลทุกความเข้มข้น มีค่าสี L* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญและเมื่อเปรียบเทียบกับ Control ในวันที่ 5 พบว่ามะม่วงที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารละลาย ไคโตซาน 0.5% (w/v) ผสมกลีเซอรอล มีค่าสี L* น้อยที่สุด แสดงว่าสามารถชะลอการสุกได้ดี

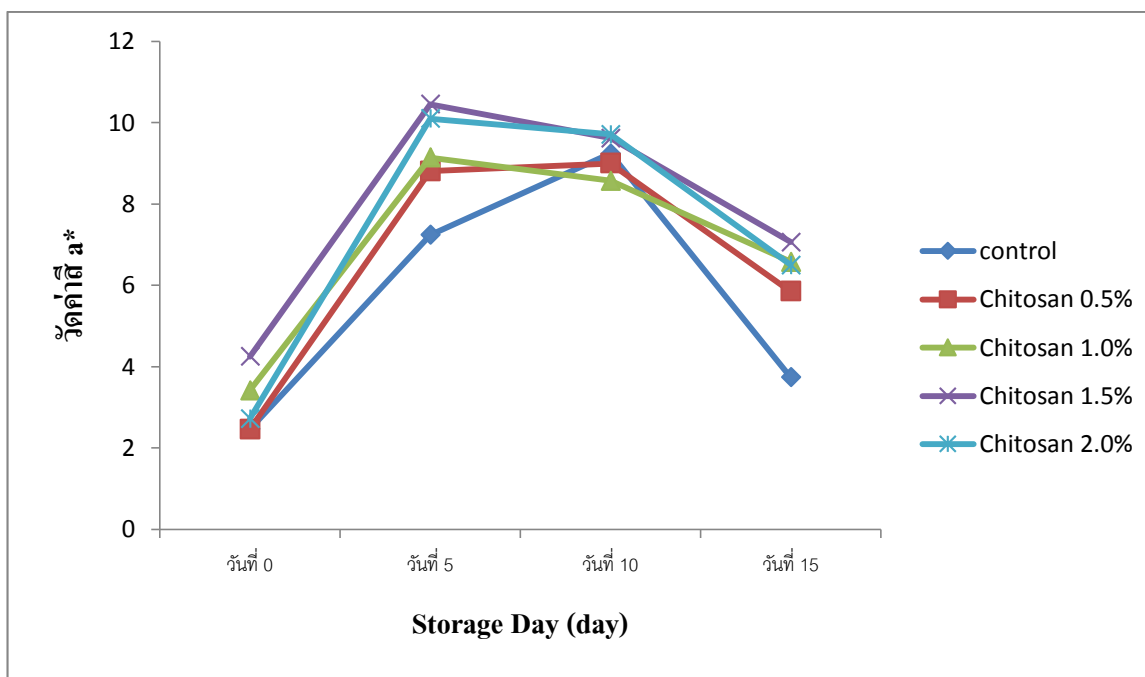


ภาพที่ 4-9 แสดงการศึกษาการวัดค่าสีของค่า L^* ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบด้วยสารละลายไคโตซานเข้มข้น 2% (w/v) ผสมกับไข่ผึ้ง Tween80 และกลีเซอรอล และมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว (Control)

จากภาพที่ 4-9 ค่าสี L^* ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบด้วยสารไคโตซานความเข้มข้น 2% (w/v) ผสมไข่ผึ้ง Tween 80 กลีเซอรอล มีค่าอยู่ในช่วง 25-76 และในช่วงเวลาการเก็บรักษาตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 15 วัน ของแต่ละทรีทเมนต์ มีค่า L^* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างความเข้มข้นของสารละลายไคโตซานผสมสารต่างๆ กับ Control พบว่ามะม่วงที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายไคโตซาน 2.0% (w/v) ผสมกลีเซอรอล มีแนวโน้มค่าสี L^* เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับ Control และมีค่าสี L^* น้อยกว่าในวันที่ 5 เมื่อเวลาเก็บรักษาผ่านไปวันที่ 10-15 ค่าสี L^* มีแนวโน้มลดลง สำหรับมะม่วงที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารไคโตซานความเข้มข้น 2% (w/v) ผสมไข่ผึ้ง Tween 80 ตามลำดับมีแนวโน้มค่าสี L^* ลดลงผิดปกติในวันที่ 0-10 จึงไม่นำมาพิจารณาวิเคราะห์ผล

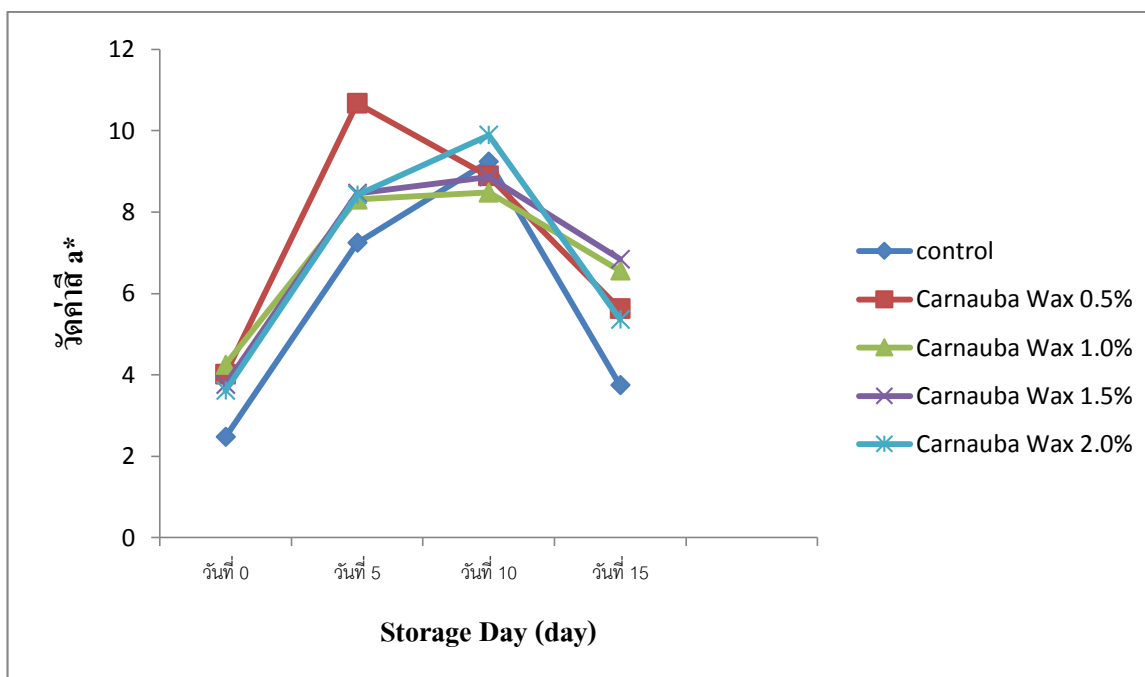
4.2.2.2. การศึกษาค่าการวัดสีของค่า a^*

ค่า a^* มีค่าอยู่ระหว่าง -60 ถึง +60 เมื่อมีค่าเป็นลบแสดง ว่าสีผลมะม่วงโน้มไปทางเขียว นั่นหมายความว่ามะม่วงสามารถชะลอการสุกได้ดี หากเป็นบวกแสดงว่ามีสีโน้มไปทางแดง หมายความว่า ผิวมะม่วงมีแนวโน้มในช่วงสีเหลืองหรือชะลอการสุกได้ไม่ดี



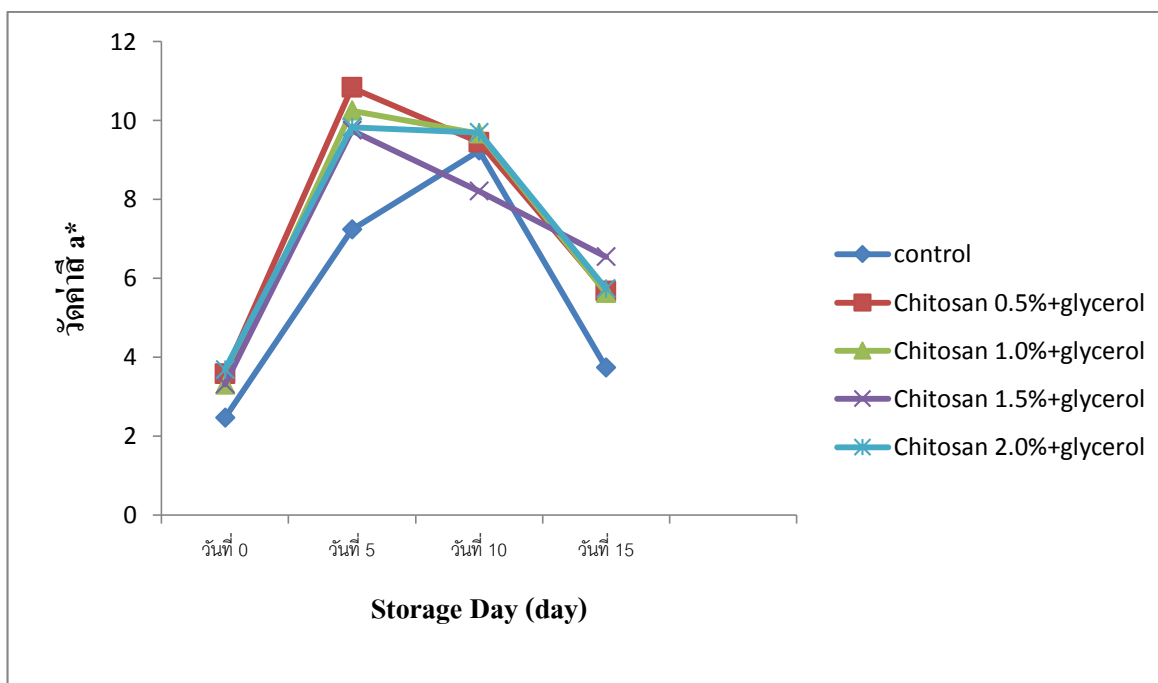
ภาพที่ 4-10 แสดงการศึกษาการวัดค่าสีของค่า a^* ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบด้วยสารละลายไคโตซาน ที่ความเข้มข้น 0.5%, 1%, 1.5% และ 2% (w/v) ตามลำดับ กับมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว (Control)

จากภาพที่ 4-10 ค่าสี a^* ในทริทเมนต์ต่างๆ มีค่าอยู่ในช่วง 1.73 – 10.45 ในช่วงเวลาการเก็บรักษาตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 15 วัน มะม่วงที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว (control) และมะม่วงที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซาน 0.5% (w/v) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตั้งแต่วันที่ 0-10 และมีแนวโน้มลดลงหลังวันที่ 10 แสดงว่ามีประสิทธิภาพการเก็บรักษาได้ 10 วัน ในขณะที่ทริทเมนต์อื่นๆ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในวันที่ 0-5 แสดงว่ามีประสิทธิภาพการเก็บรักษา 5 วัน มะม่วงที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซาน 0.5% (w/v) มีค่าสี a^* น้อยที่สุดเมื่อเก็บรักษาได้ 10 วัน และมีย่าน้อยกว่า control แต่มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แสดงว่า มะม่วงที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซาน 0.5% (w/v) สามารถชะลอการสุกได้ดี



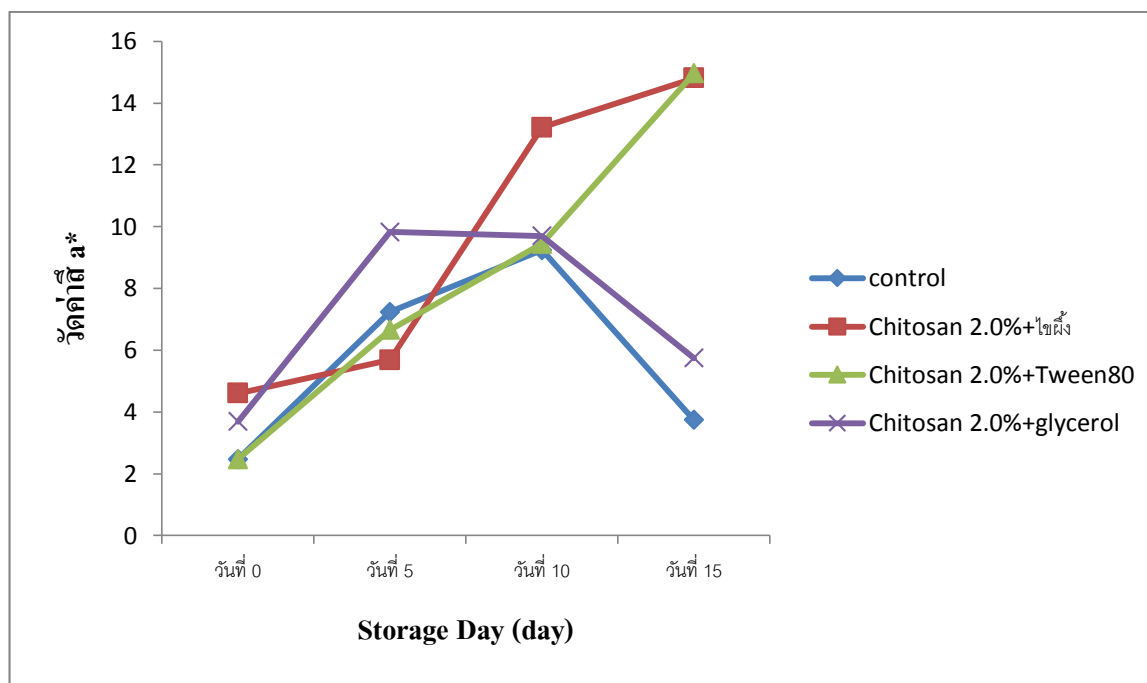
ภาพที่ 4-11 แสดงการศึกษาการวัดค่าสีของค่า a^* ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบด้วยสารละลายคาร์นูบา ที่ความเข้มข้น 0.5%, 1%, 1.5% และ 2% (w/v) ตามลำดับ กับมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว (Control)

จากภาพที่ 4-11 ค่าสี a^* ในทริทเมนต์ต่างๆ มีค่าอยู่ในช่วง 1.73 – 11.66 ในช่วงเวลาการเก็บรักษาตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 15 มะม่วงที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว (control) และมะม่วงที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารละลายคาร์นูบา 1%, 1.5% และ 2% (w/v) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตั้งแต่วันที่ 0-10 และมีแนวโน้มลดลงหลังวันที่ 10 แสดงว่ามีประสิทธิภาพการเก็บรักษาได้ 10 วัน ในขณะที่มะม่วงที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารละลายคาร์นูบา 0.5% แนวโน้มเพิ่มขึ้นในวันที่ 0-5 แสดงว่ามีประสิทธิภาพการเก็บรักษา 5 วัน มะม่วงที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารละลายโคโคซาน 1.0% (w/v) มีค่าสี a^* น้อยที่สุดเมื่อเก็บรักษาได้ 10 วัน และมีค่าน้อยกว่า control แต่มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แสดงว่า มะม่วงที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารละลายคาร์นูบา 1.0% (w/v) สามารถชะลอการสุกได้ดี



ภาพที่ 4-12 แสดงการศึกษาการวัดค่าสีของค่า a^* ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบด้วยสารละลายไคโตซานผสมกลีเซอรอล ที่ความเข้มข้น 0.5%, 1%, 1.5% และ 2% (w/v) ผสมกลีเซอรอล กับมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว (Control)

จากภาพที่ 4-12 ค่าสี a^* ในทริทเมนต์ต่างๆ มีค่าอยู่ในช่วง 1.73 – 11.66 ในช่วงเวลาการเก็บรักษาตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 15 วัน ทุกทริทเมนต์ของไคโตซานผสมกลีเซอรอล และ control มีค่า a^* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และมีแนวโน้มค่า a^* เพิ่มขึ้น ใน 0-5 วัน แสดงว่ามีประสิทธิภาพในการเก็บรักษา 5 วัน มะม่วงที่เคลือบด้วยสารละลายไคโตซาน 1.5% (w/v) ผสมกลีเซอรอล มีค่า a^* น้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบระหว่างความเข้มข้นทั้งหมด แต่ทุกทริทเมนต์มีค่า a^* มากกว่า control แสดงให้เห็นว่ามีประสิทธิภาพในการชะลอการสุกได้ไม่ดีเท่า control ซึ่ง control มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นใน 0-10 วัน แสดงว่า control มีประสิทธิภาพในการเก็บรักษาได้ 10 วัน

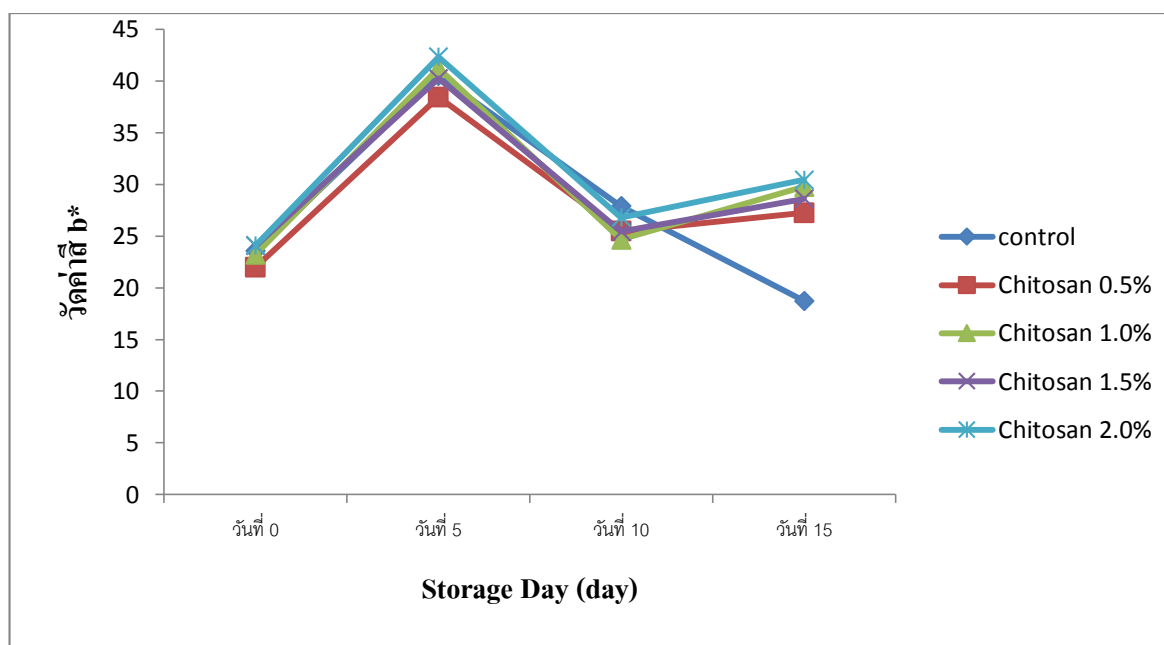


ภาพที่ 4-13 แสดงการศึกษาการวัดค่าสีของค่า a^* ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบด้วยสารละลายไคโตซานเข้มข้น 2% (w/v) ผสมกับไข่ผึ้ง Tween80 และกลีเซอรอล และมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว (Control)

จากภาพที่ 4-13 ค่าสี a^* ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบด้วยสารไคโตซานความเข้มข้น 2% (w/v) ผสมไข่ผึ้ง ผสม Tween 80 และ ผสมกลีเซอรอล มีค่าอยู่ในช่วง 1.73-15.60 ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 15 วัน มะม่วงที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายไคโตซาน 2% (w/v) ผสมกับไข่ผึ้ง และ tween 80 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในวันเก็บรักษา 0-15 วัน แสดงว่ามีประสิทธิภาพในการเก็บรักษาตลอด 15 วัน และมีค่า a^* ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่ control และมะม่วงที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายไคโตซาน 2% (w/v) ผสมกับกลีเซอรอล มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นที่ 0-10 วัน แสดงว่ามีประสิทธิภาพในการเก็บรักษาได้เพียง 10 วัน และมะม่วงที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซาน 2% (w/v) ผสมกับไข่ผึ้งให้ค่า a^* น้อยที่สุด แสดงว่ามีประสิทธิภาพในการชะลอการสุกได้ดี

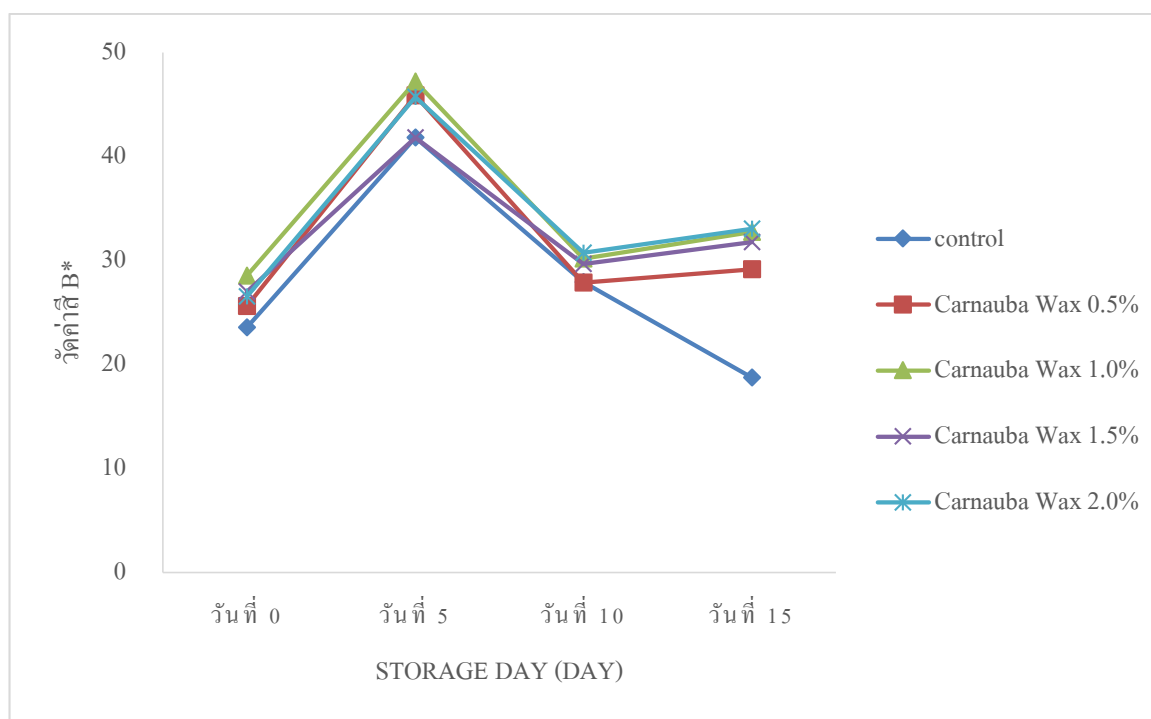
4.2.2.3 การวัดค่าการวัดสีของค่า b^*

ค่าการเปลี่ยนสี b^* เป็นค่าแสดงแนวโน้มของสีในช่วง สีน้ำเงิน-เหลือง โดยที่ค่า b^* ของผิวมะม่วงมีค่าติดลบหรือมีค่าน้อย แสดงถึงผิวมะม่วงมีแนวโน้มของสีในช่วงสีน้ำเงินนั้นหมายความว่ามะม่วงสามารถชะลอการสุกได้ดี แต่ถ้าผิวมะม่วงมีค่า b^* เป็นบวกหรือมีค่ามากหมายความว่า ผิวมะม่วงมีแนวโน้มในช่วงสีเหลืองหรือชะลอการสุกได้ไม่ดี



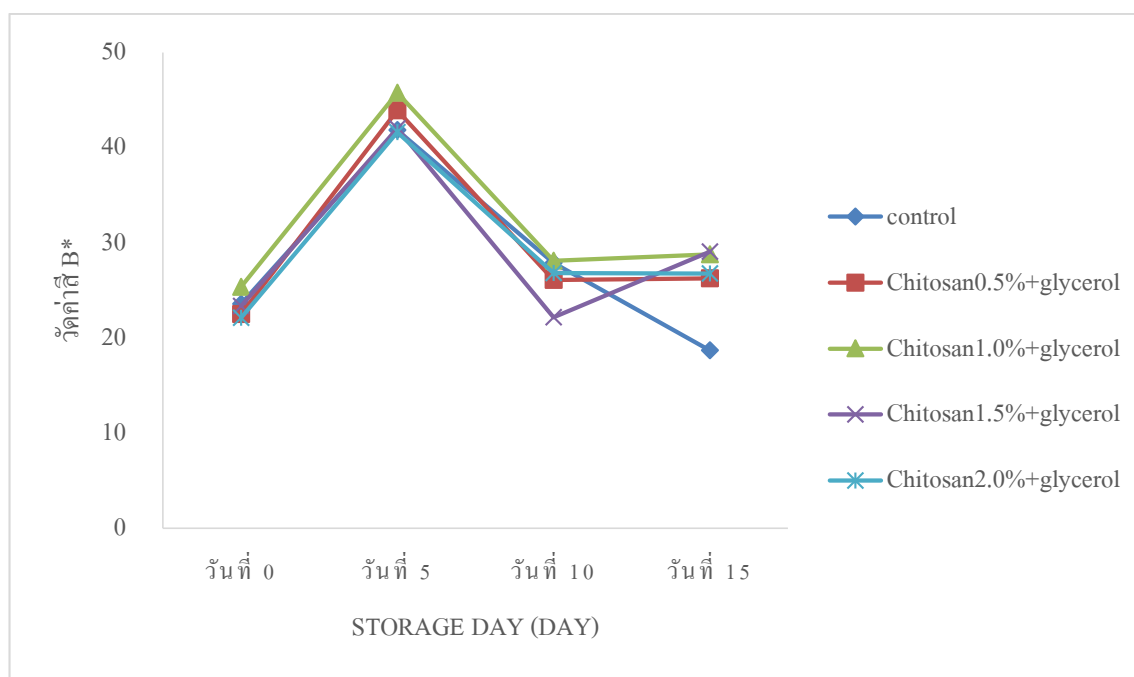
ภาพที่ 4-14 แสดงการศึกษาการวัดค่าสีของค่า b^* ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบด้วยสารละลายไคโตซาน ที่ความเข้มข้น 0.5%, 1%, 1.5% และ 2% (w/v) ตามลำดับ กับมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว (Control)

จากภาพที่ 4-14 ค่าสี b^* ในทริทเมนต์ต่างๆ มีค่าอยู่ในช่วง 3.87 – 42.33 และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกทริทเมนต์ในวันที่ 0-5 และมีแนวโน้มลดลงในวันที่ 6-15 แสดงให้เห็นว่ามะม่วงเริ่มสุกและไม่สามารถชะลอการสุกได้อีก ดังนั้นในวันที่ 0-5 ของการเก็บรักษา สารละลายไคโตซาน 0.5% (w/v) มีค่าสี b^* น้อยที่สุดและน้อยกว่า Control แสดงว่าสารละลายไคโตซาน 0.5% (w/v) ชะลอการสุกได้ดีที่สุด เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงค่าสี b^* ระหว่างสารละลายไคโตซาน ที่ความเข้มข้น 0.5%, 1%, 1.5% และ 2% (w/v) กับ Control



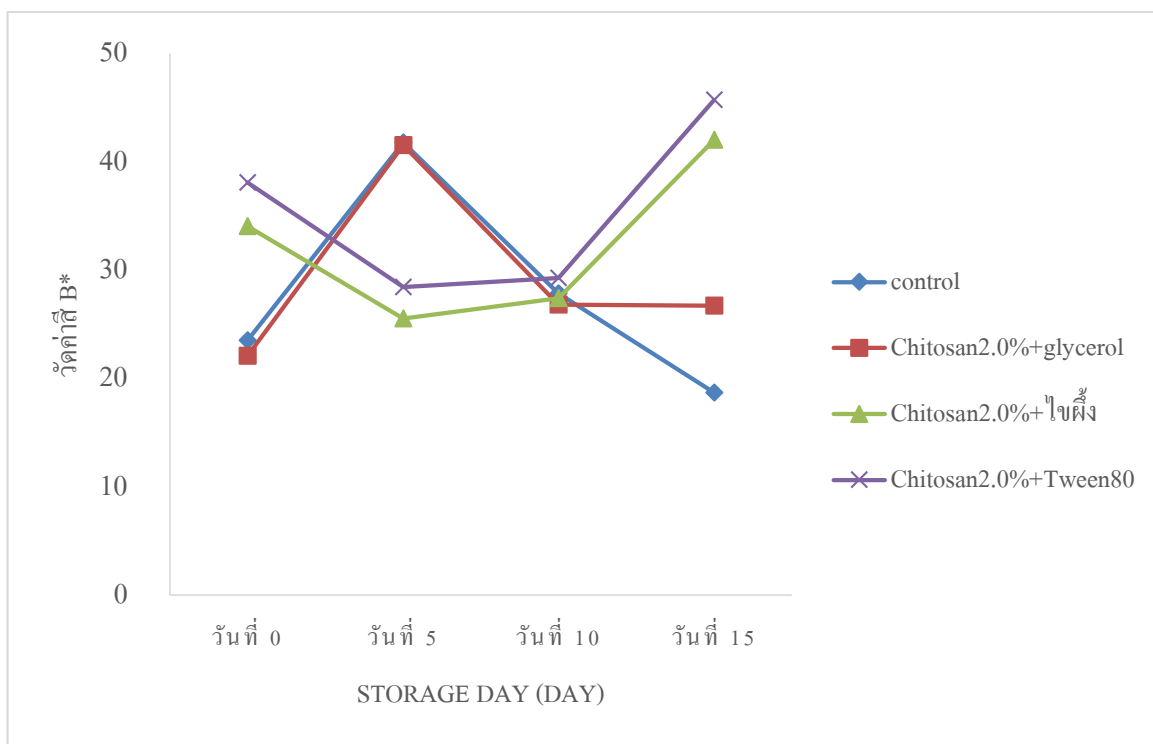
ภาพที่ 4-15 แสดงการศึกษาการวัดค่าสีของค่า b^* ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบด้วยสารละลายคาร์นูบา ที่ความเข้มข้น 0.5%, 1%, 1.5% และ 2% (w/v) ตามลำดับ กับมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว (Control)

จากภาพที่ 4-15 ค่าสี b^* ในทริทเมนต์ต่างๆ มีค่าอยู่ในช่วง 3.87 – 47.16 และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกทริทเมนต์ในวันที่ 0-5 และมีแนวโน้มลดลงในวันที่ 6-15 แสดงให้เห็นว่ามะม่วงเริ่มสุกและไม่สามารถชะลอการสุกได้อีก และคาร์นูบา 1.5% (w/v) มีค่าสี b^* น้อยที่สุด ในวันที่ 0-5 ของการเก็บรักษา แสดงว่าชะลอการสุกได้ดี



ภาพที่ 4-16 แสดงการศึกษาการวัดค่าสีของค่า b^* ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบด้วยสารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้น 0.5%, 1%, 1.5% และ 2% (w/v) ผสมกลีเซอรอล กับมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว (Control)

จากภาพที่ 4-16 ค่าสี b^* ในทริทเมนต์ต่างๆ มีค่าอยู่ในช่วง 3.87 – 45.75 และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในวันที่ 0-5 และมีแนวโน้มลดลงในวันที่ 6-15 แสดงให้เห็นว่ามะม่วงเริ่มสุกและไม่สามารถชะลอการสุกได้อีก ในวันที่ 5 พบว่าไคโตซานเข้มข้น 2.0% (w/v) ผสมกลีเซอรอล มีค่าสี b^* น้อยที่สุด แสดงว่าสามารถชะลอการสุกได้ดี

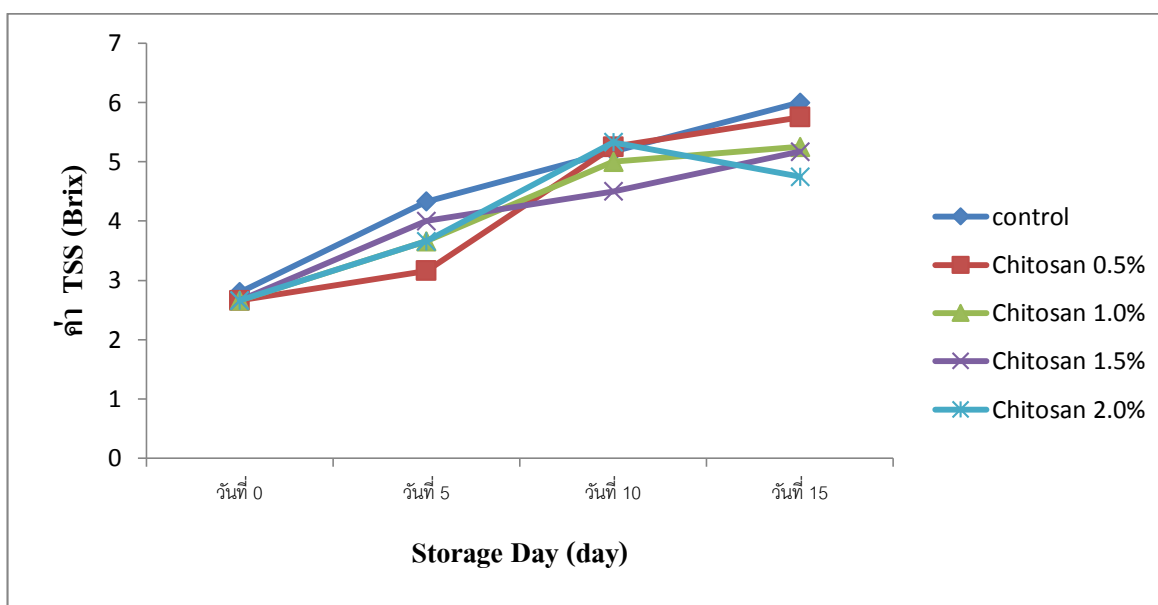


ภาพที่ 4-17 แสดงการศึกษาการวัดค่าสีของค่า b^* ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบด้วยสารละลายไคโตซานเข้มข้น 2% (w/v) ผสมกับไข่ผง Tween 80 และกลีเซอรอล และมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว (Control)

จากภาพที่ 4-17 ค่าสี b^* ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบด้วยสารไคโตซานความเข้มข้น 2% ผสมไข่ผง ผสม Tween 80 0.05 g. ผสมกลีเซอรอล ตามลำดับ มีค่าอยู่ในช่วง 3.87-45.73 และสารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้น 2% (w/v) ผสมกลีเซอรอล กับ Control พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในวันที่ 0-5 และมีแนวโน้มลดลงในวันที่ 6-15 เนื่องจากมะม่วงเริ่มสุกและไม่สามารถชะลอการสุกได้อีก ส่วนสารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้น 2% (w/v) ผสมไข่ผงกับ ผสม Tween 80 พบว่ามีแนวโน้มลดลงผิดปกติในวันที่ 0-15 จึงไม่นำมาวิเคราะห์ผล เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าสี b^* ระหว่างไคโตซานที่ความเข้มข้น 2% (w/v) ผสมกลีเซอรอล กับ Control พบว่า ในวันที่ 0-5 ไคโตซาน 2% (w/v) ผสมกลีเซอรอลมีค่าสี b^* น้อยกว่า แต่ Control แสดงว่าไคโตซาน 2% (w/v) ผสมกลีเซอรอล มีประสิทธิภาพในการชะลอการสุกได้ดี

4.2.3 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total soluble solids , TSS)

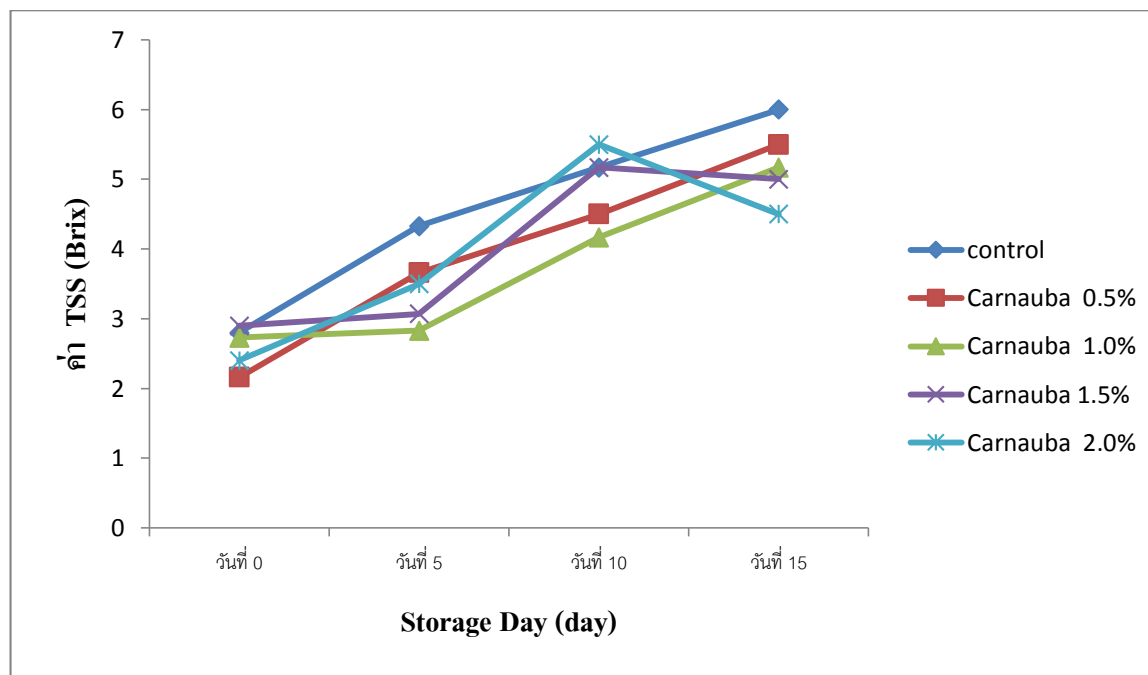
การศึกษการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบด้วยสารเคลือบ ไคโตซาน ในเนื้อมะม่วงประกอบไปด้วยสารเพคติน โดยถ้ามะม่วง ยังดิบอยู่จะมีสารประกอบเพคตินที่อยู่ในรูปของโปรโตเพคติน (ไม่ละลายน้ำเนื่องจากมีโมเลกุลขนาดใหญ่) และเมื่อมะม่วงเริ่มสุกสารประกอบเพคตินนี้จะถูกเปลี่ยนไปให้อยู่ในรูปเพคติน (ละลายน้ำได้เนื่องจากมีโมเลกุลขนาดเล็ก) ทำให้ที่ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มสูงขึ้น



ภาพที่ 4-18 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบด้วยสารละลายไคโตซาน ที่ความเข้มข้น 0.5%, 1%, 1.5% และ 2% (w/v) ตามลำดับ กับมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว (Control)

จากภาพที่ 4-18 แสดงผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ในทริทเมนต์ต่างๆ มีค่าอยู่ในช่วง 2.66 - 7 และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกความเข้มข้นและ Control ในเวลาการเก็บรักษา 0-15 ยกเว้นความเข้มข้น 2% (w/v) ในวันที่ 11-15 มีแนวโน้มลดลง และในช่วงเวลาการเก็บรักษาตลอด 15 วัน ของแต่ละทริทเมนต์ มีค่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และในวันการเก็บรักษาที่ 15 ทุกทริทเมนต์มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่ำกว่า Control และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างความเข้มข้นของสารละลายไคโตซาน พบว่ามะม่วงที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายไคโตซาน 1.5% (w/v) มีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้น้อยที่สุดในวันที่ 10-15

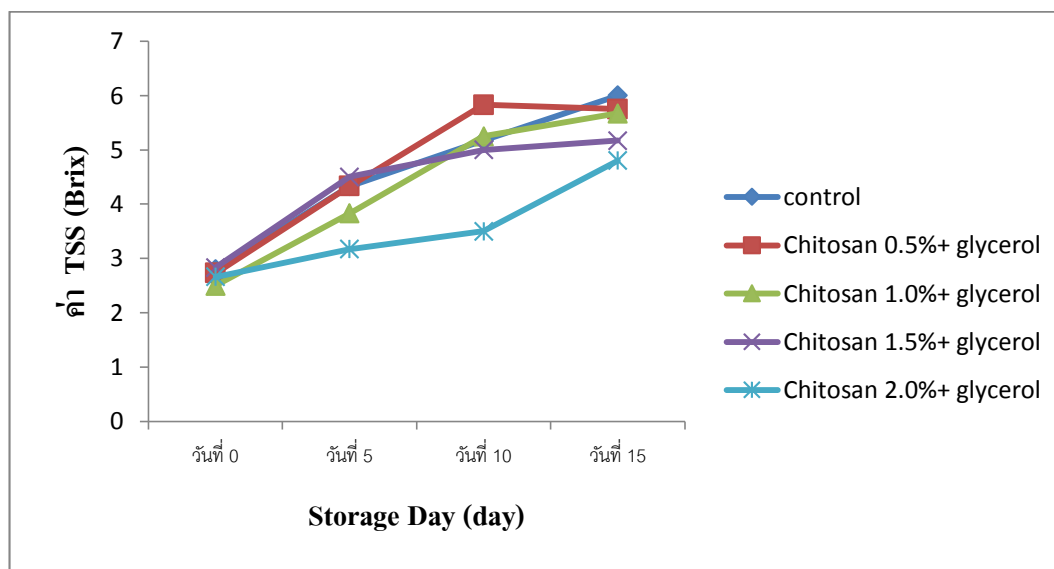
ของการเก็บรักษา แสดงให้เห็นว่าสารละลายไคโตซาน 1.5% (w/v) สามารถชะลอการสุกได้ดีที่สุด เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบด้วยสารละลายไคโตซานทุกความเข้มข้น



ภาพที่ 4-19 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบด้วยสารละลายคาร์นูบา ที่ความเข้มข้น 0.5%, 1%, 1.5% และ 2% (w/v) ตามลำดับ กับมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว (Control)

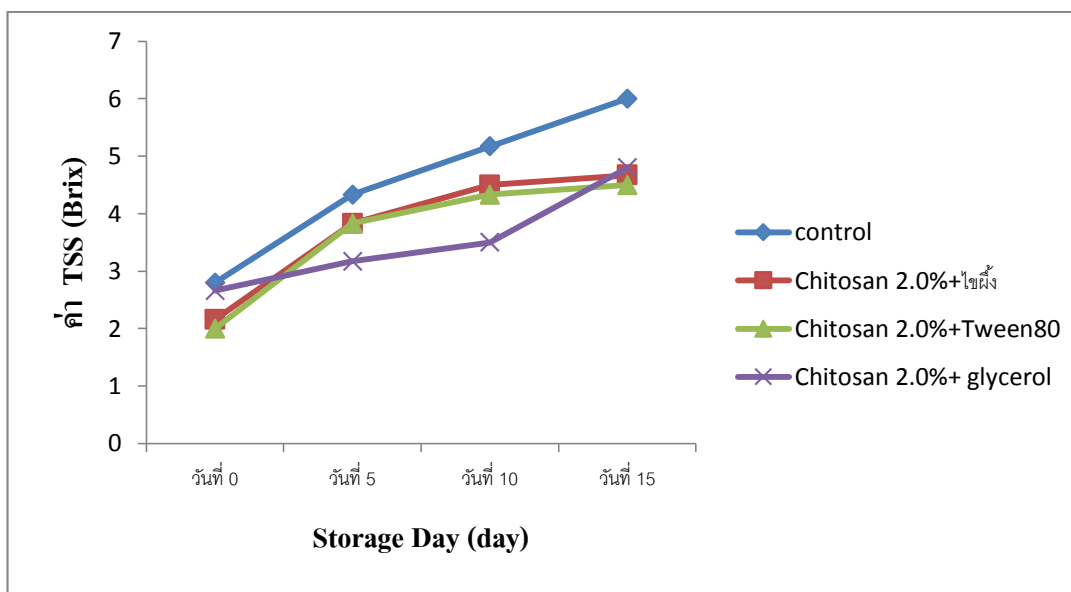
จากภาพที่ 4-19 แสดงผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ในทริทเมนต์ต่างๆ มีค่าอยู่ในช่วง 2.16 – 5.50 และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ในทุกความเข้มข้นและ Control ในเวลาการเก็บรักษา 0-15 ยกเว้นความเข้มข้น 1.5% (w/v) และ 2.0% (w/v) ในวันที่ 11 มีแนวโน้มที่ลดลง แต่ทริทเมนต์มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และในวันการเก็บรักษาที่ 0-15 ทุกทริทเมนต์มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่ำกว่า Control ยกเว้นคาร์นูบา 1.5% (w/v) และ 2.0% (w/v) ที่ในวันที่ 10 มีค่ามากกว่า Control และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างความเข้มข้นของสารละลายคาร์นูบา กับ Control พบว่ามะม่วงที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายคาร์นูบา 1.0% มีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้น้อยที่สุดในวันที่ 10-15 ของการเก็บรักษา แสดงว่าสารละลายคาร์นูบา

1.0% สามารถชะลอการสุกได้ดีที่สุด เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบด้วยสารละลายคาร์บูนาทุกความเข้มข้น



ภาพที่ 4-20 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบด้วยสารละลายไคโตซาน ที่ความเข้มข้น 0.5%, 1%, 1.5% และ 2% (w/v) ผสมกลีเซอรอล กับมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว (Control)

จากภาพที่ 4-20 แสดงผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ในทริทเมนต์ต่างๆ มีค่าอยู่ในช่วง 2.50 – 6.25 และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 15 วัน ยกเว้นมะม่วงที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซาน 0.5% (w/v) ผสมกลีเซอรอล ที่มีแนวโน้มลดลงตั้งแต่หลังวันที่ 10 ของการเก็บรักษา แต่ละทริทเมนต์มีค่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ในวันการเก็บรักษาที่ 15 ทุกทริทเมนต์จะมีค่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่ำกว่า Control และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างความเข้มข้นของสารละลายไคโตซาน ผสมกลีเซอรอล กับ Control พบว่ามะม่วงที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายไคโตซาน 2.0% (w/v) ผสมกลีเซอรอล มีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้น้อยที่สุดในวันที่ 5-15 ของการเก็บรักษา แสดงให้เห็นว่าสารละลายไคโตซานเข้มข้น 2.0% (w/v) ผสมกลีเซอรอล ชะลอการสุกได้ดีที่สุด เมื่อพิจารณาค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของทุกทริทเมนต์

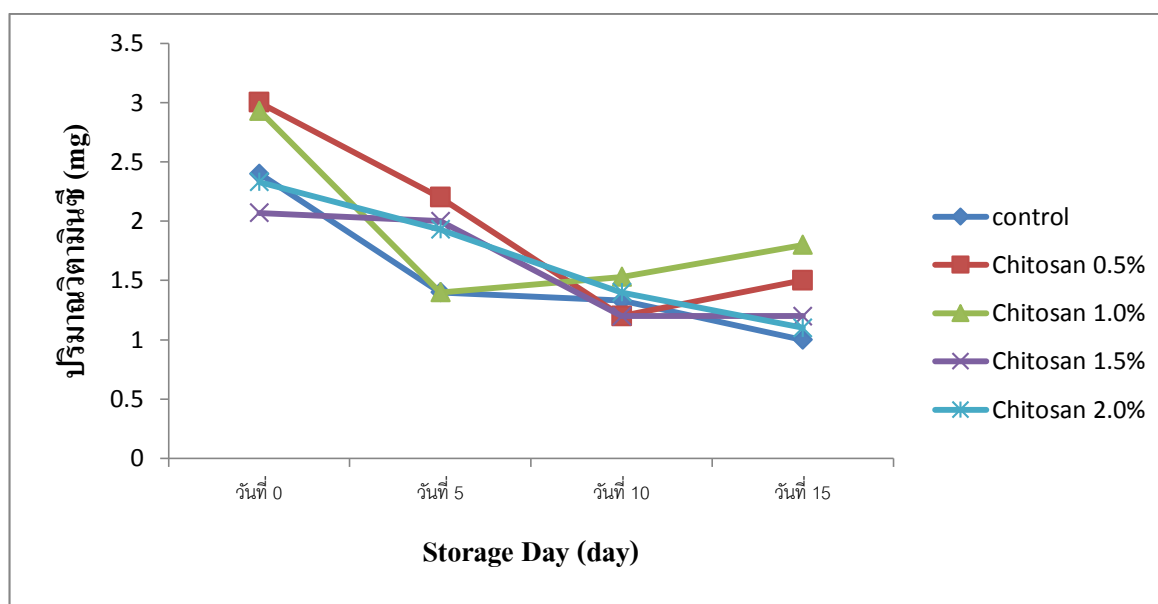


ภาพที่ 4-21 แสดงเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบด้วยสารละลายไคโตซานเข้มข้น 2% (w/v) ผสมกับไข่ผึ้ง Tween80 และกลีเซอรอล และมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว (Control)

จากภาพที่ 4-21 แสดงผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ในทริทเมนต์ต่างๆ มีค่าอยู่ในช่วง 2.0 – 6.0 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 15 วัน แต่ละทริทเมนต์มีค่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และทุกทริทเมนต์จะมีค่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่ำกว่า Control และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างความเข้มข้นของสารละลายไคโตซานผสมสารต่างๆกับControl พบว่ามะม่วงที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายไคโตซาน 2.0% (w/v) ผสมไข่ผึ้งมีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้น้อยที่สุดในวันที่ 15 ของการเก็บรักษา แสดงว่าสารละลายไคโตซาน 2.0% (w/v) ผสมไข่ผึ้งชะลอการสุกได้ดีที่สุด เมื่อพิจารณาค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

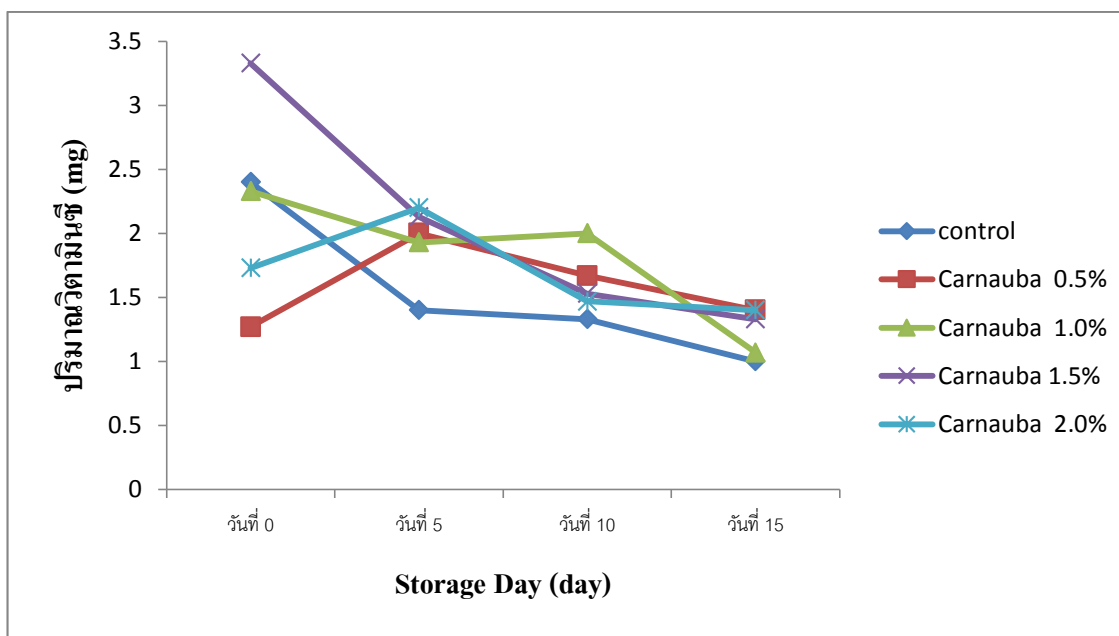
4.2.4 ผลการศึกษาการวัดปริมาณหาวิตามินซี

การศึกษาการวัดปริมาณหาวิตามินซีของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ทำการเคลือบด้วยสารเคลือบไคโตซาน วิตามินซีหรือกรดแอสคอร์บิกในเนื้อมะม่วง แสดงให้เห็นว่าเนื้อมะม่วงมีปริมาณวิตามินซีมากนั้นหมายความว่ามะม่วงนั้นชะลอการสุกได้ดี แต่ถ้าเนื้อมะม่วงมีปริมาณวิตามินซีน้อยลงหมายความว่ามะม่วงเริ่มมีการสุก



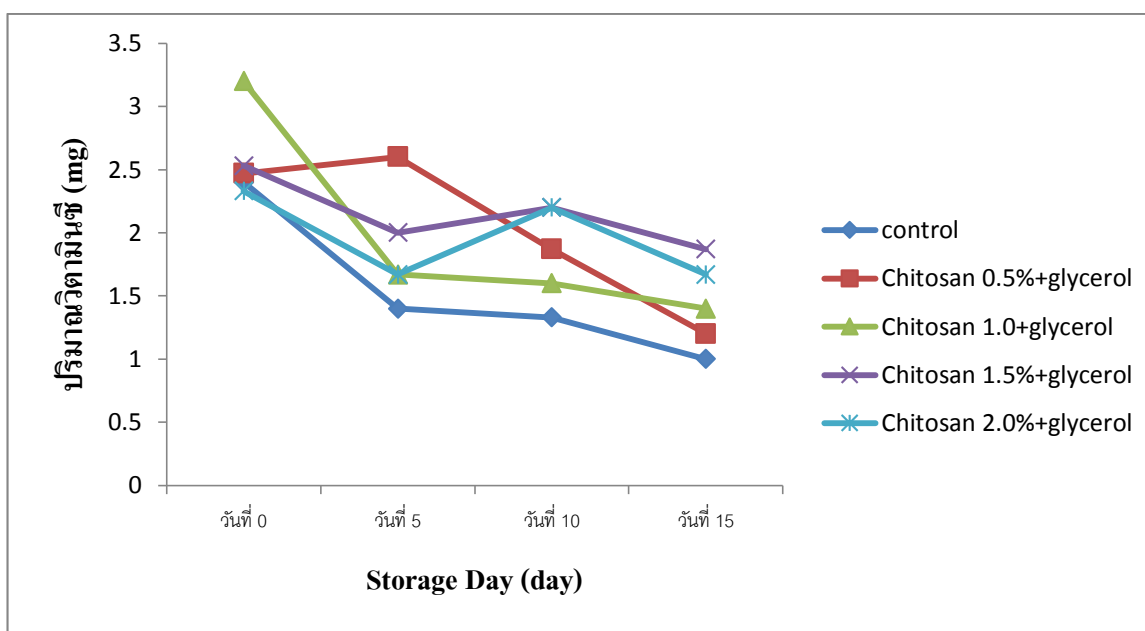
ภาพที่ 4-22 แสดงผลการศึกษาการวัดปริมาณหาวิตามินซีของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบด้วยสารละลายไคโตซาน ที่ความเข้มข้น 0.5%, 1%, 1.5% และ 2% (w/v) ตามลำดับกับมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว (Control)

จากภาพที่ 4-22 แสดงผลการวัดปริมาณหาวิตามินซี ในทรีทเมนต์ต่างๆ มีค่าอยู่ในช่วง 1.0-3.0 mg มีแนวโน้มลดลงทุกทรีทเมนต์ยกเว้นไคโตซาน 0.5% (w/v) และ 1% (w/v) มีแนวโน้มไม่ชัดเจน และแต่ละทรีทเมนต์มีค่าการวัดปริมาณหาวิตามินซีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ จากการเปรียบเทียบปริมาณวิตามินซีในแต่ละทรีทเมนต์และ Control ในวันที่ 15 พบว่ามะม่วงที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายไคโตซาน 1.5% (w/v) มีปริมาณวิตามินซีสูงที่สุด นั้นหมายความว่าสารละลายไคโตซาน 1.5% (w/v) ชะลอการสุกได้ดี



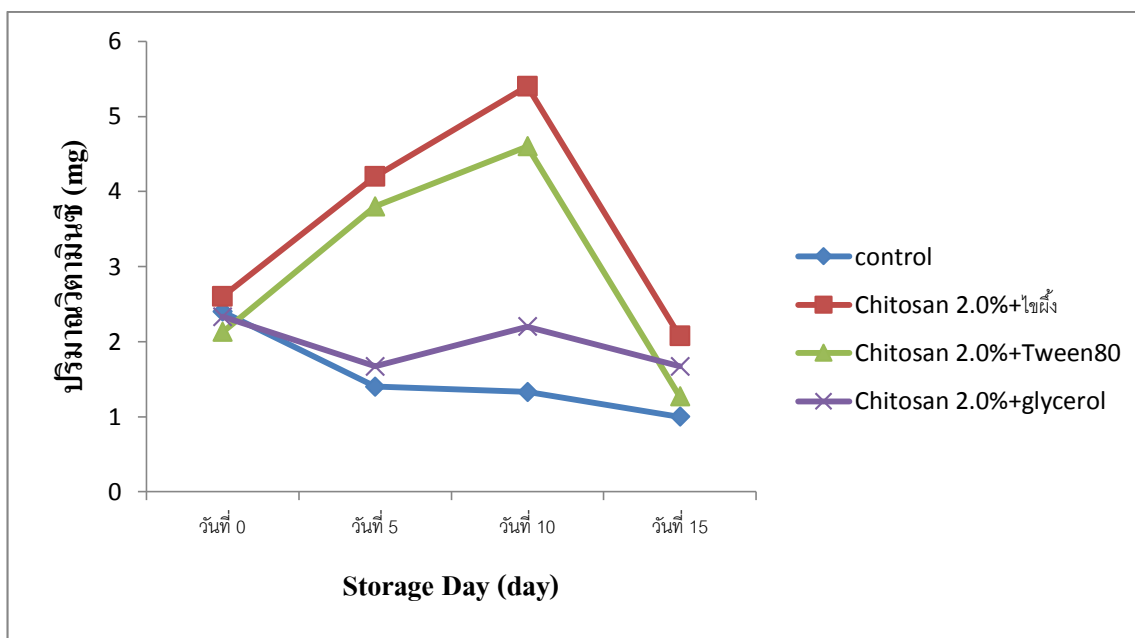
ภาพที่ 4-23 แสดงผลการศึกษาการวัดปริมาณหาวิตามินซีของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง ที่เคลือบด้วยสารละลายคาร์นูบา ที่ความเข้มข้น 0.5%, 1%, 1.5% และ 2% (w/v) ตามลำดับ กับมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว (Control)

จากภาพที่ 4-23 แสดงผลการวัดปริมาณหาวิตามินซี ในทริทเมนต์ต่างๆ มีค่าอยู่ในช่วง 1.0-3.3 mg มีแนวโน้มไม่ชัดเจน ยกเว้นสารละลายคาร์นูบา 1.5% (w/v) และ Control ที่มีแนวโน้มปริมาณวิตามินซีลดลงอย่างเห็นได้ชัด ตลอดเวลาการเก็บรักษา 15 วัน และแต่ละทริทเมนต์มีค่าปริมาณวิตามินซีในวันที่ 15 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ สารละลายคาร์นูบา 1.5% (w/v) มีปริมาณวิตามินซีมากกว่า Control ในทุกวันของการเก็บรักษา แสดงว่ามะม่วงที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารละลายคาร์นูบา 1.5% (w/v) ชะลอการสุกได้ดี



ภาพที่ 4-24 แสดงผลการศึกษาการวัดปริมาณหาวิตามินซีของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง ที่เคลือบด้วยสารละลายไคโตซาน ที่ความเข้มข้น 0.5%, 1%, 1.5% และ 2% (w/v) ผสมกลีเซอรอล กับมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว (Control)

จากภาพที่ 4-24 แสดงผลการวัดปริมาณหาวิตามินซี ในทริทเมนต์ต่างๆ มีค่าอยู่ในช่วง 1.0-3.2 mg มีแนวโน้มไม่ชัดเจน ยกเว้น Control และสารละลายไคโตซาน 1% และ 1.5% (w/v) ผสมกลีเซอรอล ที่มีแนวโน้มลดลงอย่างชัดเจน และสารละลายไคโตซาน 1.5% (w/v) ผสมกลีเซอรอล มีปริมาณวิตามินซีสูงที่สุดและมากกว่า Control ในทุกวันของการเก็บรักษา และแต่ละทริทเมนต์ มีค่าปริมาณวิตามินซีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นมะม่วงที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซาน 1.5% (w/v) ผสมกลีเซอรอล จะลดการสุกได้ดี

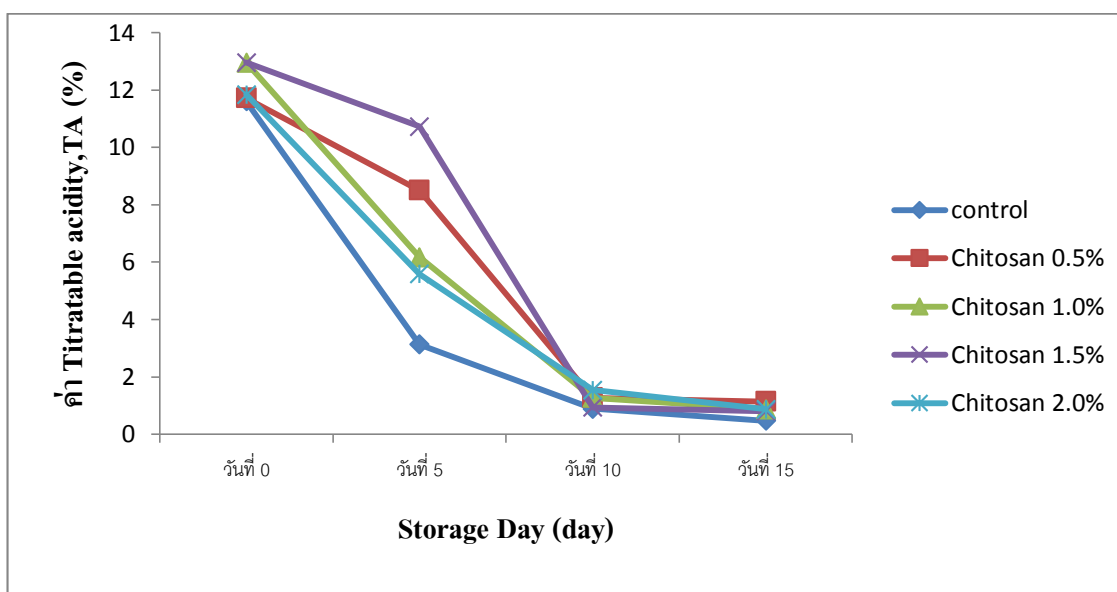


ภาพที่ 4-25 แสดงการศึกษาการวัดปริมาณหาวิตามินซีของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบด้วยสารละลายไคโตซานเข้มข้น 2% (w/v) ผสมกับไข่แดง Tween80 และกลีเซอรอล และมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว (Control)

จากภาพที่ 4-25 แสดงผลการวัดปริมาณหาวิตามินซีในทริทเมนต์ต่างๆ มีค่าอยู่ในช่วง 1.0-5.4 mg มีแนวโน้มไม่ชัดเจน ยกเว้น Control ที่มีแนวโน้มลดลงอย่างชัดเจน ตลอดเวลาการเก็บรักษา 15 วัน แต่สารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้น 2% ผสมกลีเซอรอลมีค่าลดลงอย่างชัดเจนในวันที่ 0-5 และในวันที่ 5 พบว่ามีค่าปริมาณวิตามินซีมากกว่า Control และแต่ละทริทเมนต์ มีค่าการวัดปริมาณหาวิตามินซีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญตลอดระยะเวลา 15 วัน แสดงว่า Control สามารถชะลอการสุกได้ดี

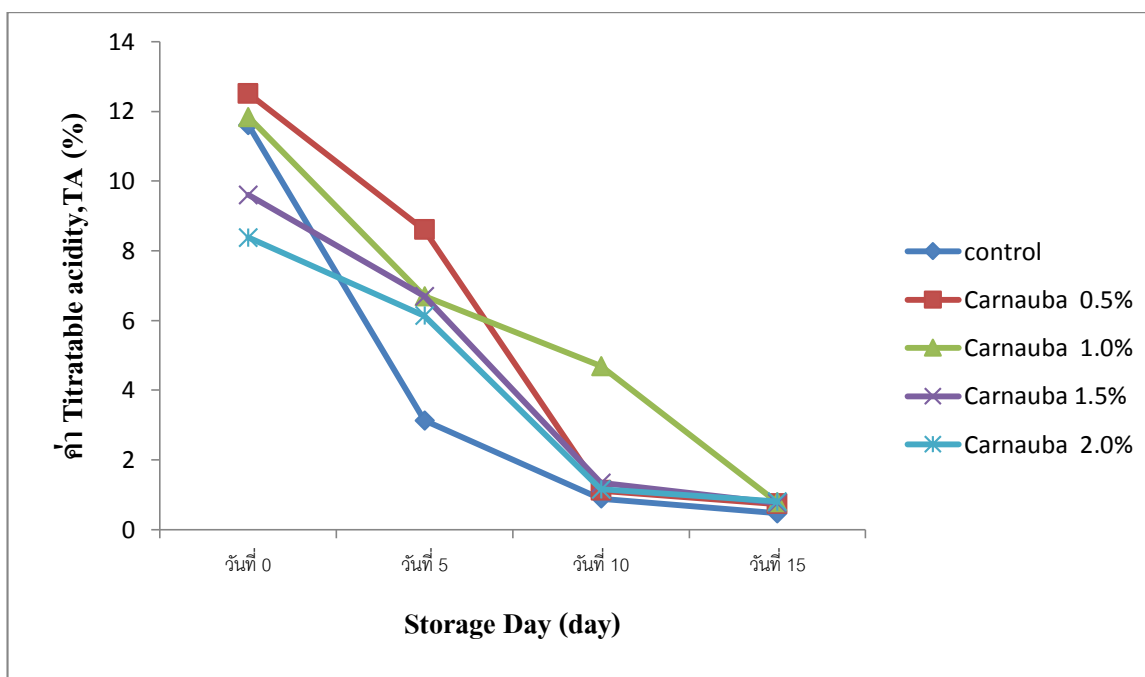
4.2.5 ผลการศึกษาปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ (Titratable acidity, TA)

การศึกษาปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบผิวด้วยสารไคโตซาน ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ ในที่นี้ศึกษากรดมาลิก ถ้าในการวิเคราะห์ ให้ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้มีปริมาณมากนั้นหมายความว่า มะม่วงสามารถชะลอการสุก ได้ดี แต่ถ้าปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้น้อยมะม่วงจะสุกเร็วได้ไม่ดี กรดมาลิกที่หายไป จะถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานในกระบวนการ Metabolism



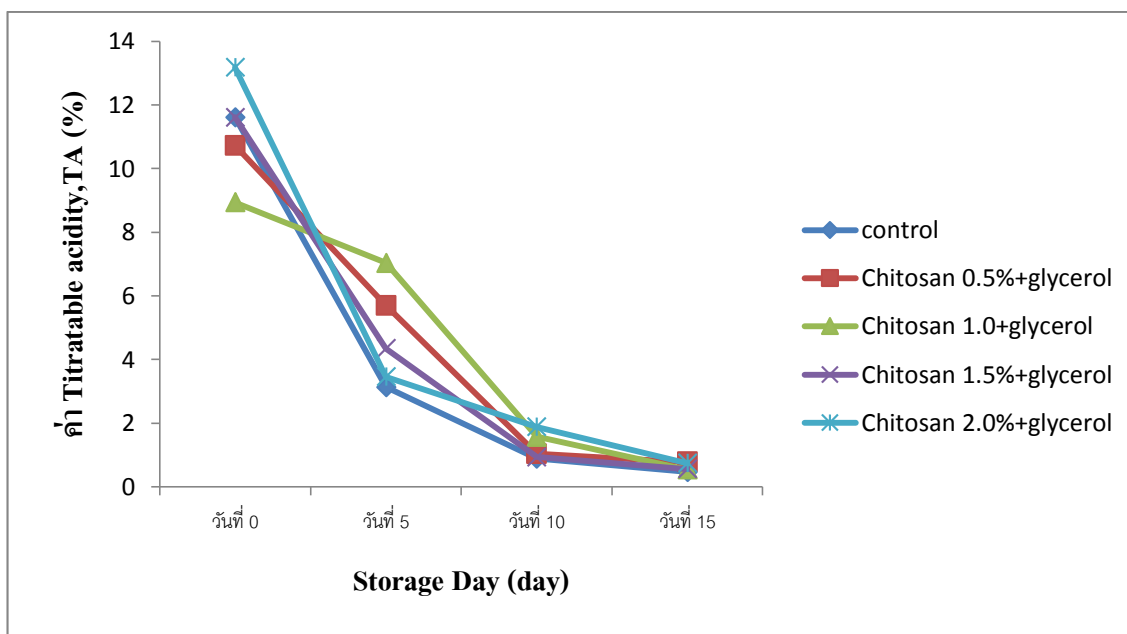
ภาพที่ 4-26 แสดงการศึกษาปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคลือบด้วยสารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้น 0.5%, 1%, 1.5% และ 2% (w/v) ตามลำดับ กับมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว (Control)

จากภาพที่ 4-26 แสดงผลการวัดปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ ในทริทเมนต์ต่างๆ มีค่าอยู่ในช่วง 0.47 – 12.95 และมีแนวโน้มลดลง และในช่วงเวลาการเก็บรักษาตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 15 วัน ของแต่ละทริทเมนต์ มีค่าการวัดปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และในทุกทริทเมนต์มีค่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้มากกว่า Control และพบว่ามะม่วงที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยไคโตซาน 0.5% (w/v) มีค่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้มากที่สุดในวันที่ 15 ของการเก็บรักษา ดังนั้นมะม่วงที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้น 0.5% (w/v) ชะลอการสุกได้ดี



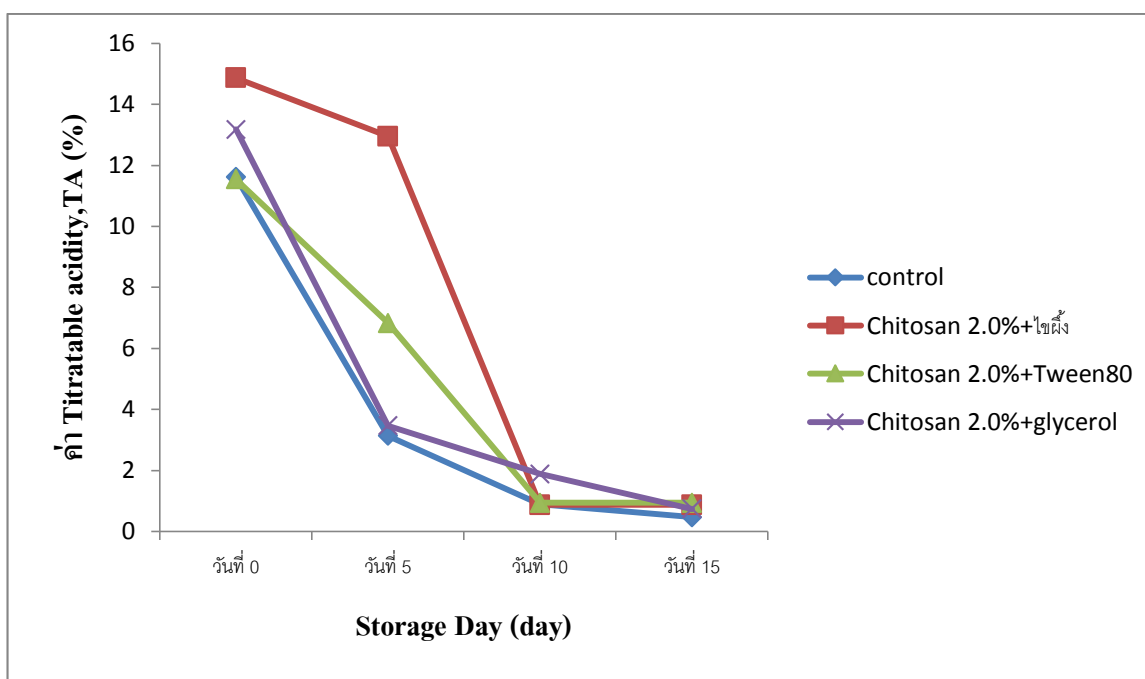
ภาพที่ 4-27 แสดงการศึกษาปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ สีทองที่เคลือบด้วยสารละลายคาร์นูบาที่ความเข้มข้น 0.5%, 1%, 1.5% และ 2% (w/v) ตามลำดับ กับมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว (Control)

จากภาพที่ 4-27 แสดงผลการวัดปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ในทริทเมนต์ต่างๆ มีค่าอยู่ในช่วง 0.47 – 12.51 ในช่วงเวลาการเก็บรักษาตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 15 วัน แต่ละทริทเมนต์มีค่าการวัดปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และในทุกทริทเมนต์มีค่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้มากกว่า Control ตั้งแต่วันที่ 0-15 ยกเว้นสารละลายคาร์นูบาความเข้มข้น 1.5% (w/v) และ 2% (w/v) มีปริมาณกรดน้อยกว่า Control ในวันเก็บรักษาที่ 0 และพบว่ามะม่วงที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยคาร์นูบา 2% (w/v) มีค่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้มากที่สุด ในวันที่ 15 ของการเก็บรักษา ดังนั้นมะม่วงที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารละลายคาร์นูบา 2% (w/v) จะลดการสุกได้ดี



ภาพที่ 4-28 แสดงผลการศึกษาปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ สีทองที่เคลือบด้วยสารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้น 0.5%, 1%, 1.5% และ 2% (w/v) ผสมกลีเซอรอล กับมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว (Control)

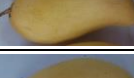
จากภาพที่ 4-28 แสดงผลการวัดปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ในทริทเมนต์ต่างๆ มีค่าอยู่ในช่วง 0.47 – 13.18 และมีแนวโน้มลดลง วันที่ 0-15 และทุกทริทเมนต์มีปริมาณกรดมากกว่า Control ตลอดการเก็บรักษา ยกเว้นสารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้น 0.5%, 1%, และ 2% (w/v) ผสมกลีเซอรอล ที่มีค่าปริมาณกรดน้อยกว่า Control ในวันที่ 0 และในช่วงเวลาการเก็บรักษาตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 15 วัน ของแต่ละทริทเมนต์ มีค่าการวัดปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และพบว่ามะม่วงที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยไคโตซาน 0.5% (w/v) ผสมกลีเซอรอล มีค่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้มากที่สุดในวันที่ 15 ของการเก็บรักษา



ภาพที่ 4-29 แสดงผลการศึกษาปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ สีทองที่เคลือบด้วยสารละลายไคโตซานเข้มข้น 2% (w/v) ผสมกับไขมัน Tween80 และกลีเซอรอลและมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว (Control)

จากภาพที่ 4-29 แสดงผลการวัดปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ ในทริทเมนต์ต่างๆ มีค่าอยู่ในช่วง 0.47 – 14.86 และมีแนวโน้มลดลง วันที่ 0-15 และ มีค่าการวัดปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และพบว่ามะม่วงที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยไคโตซาน 2.0% (w/v) ผสม Tween 80 มีค่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้มากที่สุดในวันที่ 15 ของการเก็บรักษา

ตารางที่ 4-2 แสดงการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เปรียบเทียบกับผลที่ไม่ได้ผ่านการเคลือบผิว (control)

สารละลาย เคลือบผิว	ความเข้มข้น (% w/v)	0 day	5 days	10 days	15 days
control					
Chitosan	0.5 %				
	1 %				
	1.5 %				
	2 %				
Carnauba wax	0.5 %				
	1 %				
	1.5 %				
	2 %				
Chitosan + glycerol	0.5 % + 0.025 g				
	1 % + 0.05 g				
	1.5 % + 0.075 g				
	2 % + 0.1 g				
Chitosan + glycerol	2 % + 0.1 g				

สารละลาย เคลือบผิว	ความเข้มข้น (% w/v)	0 day	5 days	10 days	15 days
Chitosan + ไข่แดง	2 % + 0.22 g.				
Chitosan + Tween 80	2 % + 0.05 g.				

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาการสกัดไคโตซานจากเปลือกกุ้ง ปูนา และหอยเชอร์รี่ ได้ผลิตไคตินและไคโตซานมีค่าอยู่ในช่วง 51.85 – 65.68% และ 46.34 – 61.85% ตามลำดับ โดยเปลือกกุ้ง และเปลือกหอยเชอร์รี่สามารถนำไปสกัดเป็นไคติน และไคโตซานได้สูงกว่าเปลือกปูนา จากการศึกษาประสิทธิภาพของการเคลือบผิวที่มีต่ออายุการเก็บรักษาและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองภายหลังการเก็บเกี่ยว จะเห็นได้ว่ามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการเคลือบด้วยสารเคลือบผิวที่ผู้วิจัยสนใจศึกษาสามารถเก็บรักษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองภายหลังการเก็บเกี่ยวได้ 15 วัน โดยเมื่อนำสารไคโตซานที่ความเข้มข้น 0.5%, 1%, 1.5% และ 2% (w/v), คาร์บูนาที่ความเข้มข้น 0.5%, 1%, 1.5% และ 2% (w/v) , ไคโตซานที่ความเข้มข้น 0.5%, 1%, 1.5% และ 2% ผสมกลีเซอรอล 0.025, 0.05, 0.075 และ 0.1 g. ตามลำดับ ไคโตซานที่ความเข้มข้น 2% (w/v) ผสมไข่ฝู 0.22 g. และไคโตซานที่ความเข้มข้น 2% (w/v) ผสมTween 80 0.05 g. ตามลำดับไปเคลือบผิวมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองเพื่อไปเทียบกับมะม่วงที่ไม่ได้ผ่านการเคลือบผิว(Control) ให้ผลสรุปดังตารางที่ 5-1 จะเห็นว่ามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายไคโตซานเข้มข้น 0.5% (w/v) ให้ผลการศึกษาประสิทธิภาพการเก็บรักษาภายหลังการเก็บเกี่ยวโดยการเคลือบผิวได้ดีที่สุด ซึ่งดูได้จากดัชนีของการวิเคราะห์ ได้แก่ ค่าการเปลี่ยนแปลงสี L^* , a^* และ b^* และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ โดยให้ผลดีที่สุดและดีกว่าสารละลายคาร์บูนาเวกส์ที่ใช้กันทั่วไปในการเคลือบผิวของผลไม้ ในขณะที่สารเคลือบผิวในทรีทเมนต์อื่นๆให้ประสิทธิภาพในการเก็บรักษาด้อยกว่ามะม่วงการเคลือบด้วยสารละลายไคโตซานเข้มข้น 0.5% (w/v) โดยในการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำสารไคโตซานที่ความเข้มข้น 2.0% (w/v) มาผสมกับสารอิมัลชันชนิดต่างๆ เพราะผู้วิจัยคาดว่าความเข้มข้นของสารละลายไคโตซานถ้ามีความเข้มข้นมาก เมื่อนำมาเคลือบมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองภายหลังการเก็บเกี่ยวแล้วจะสามารถชะลอการสุกของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองภายหลังการเก็บเกี่ยวได้ดี และเมื่อเปรียบเทียบทรีทเมนต์ที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายผสมระหว่างไคโตซานกับสารอิมัลชัน ได้แก่ กลีเซอรอล ไข่ฝู และ tween80 พบว่ามะม่วงที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายผสมระหว่างไคโตซานกับกลีเซอรอลให้ประสิทธิภาพในการเก็บรักษามะม่วงได้ดีกว่าสารละลายผสมอื่นๆ แต่ถึงอย่างไรก็ตาม ก็ยังให้ประสิทธิภาพในการเก็บรักษามะม่วงไม่ดีเท่ากับการใช้สารละลายไคโตซานความเข้มข้น 0.5% (w/v) เคลือบผิวเพียงอย่างเดียว

ดังนั้น ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องของการใช้สารละลายไคโตซานเข้มข้น 0.5% (w/v) ผสมกับ สารอิมัลชันเป็นสารเคลือบผิว ซึ่งทางผู้วิจัยคาดว่าอาจจะให้ประสิทธิภาพในการเก็บรักษามะม่วง น้ำดอกไม้สีทองได้ดีกว่าการใช้สารละลายไคโตซานเข้มข้น 2% (w/v) ที่ผสมสารอิมัลชันต่างๆ และเมื่อ พิจารณาลักษณะทางกายภาพภายนอกของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 15 วัน ดัง ตารางที่ 4-2 จะเห็นว่ามะม่วงที่ไม่ผ่านการเคลือบผิวจะเริ่มมีจุดดำของโรคแอนแทรกโนสเกิดขึ้นเมื่อเวลา การเก็บรักษาผ่านไป 10 วัน แต่มะม่วงที่ผ่านการเคลือบผิวจะเริ่มเหี่ยวและมีจุดดำในวันที่ 15 ของการเก็บ รักษา และมะม่วงที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายไคโตซาน 2.0 % (w/v) ผสมสารอิมัลชันให้ลักษณะของ ผิวที่คงสภาพได้ค่อนข้างดี รวมถึงมะม่วงที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารละลายชนิดอื่นที่มีความเข้มข้นสูงๆ ด้วย แต่ทั้งนี้การนำไปประยุกต์ใช้จริงควรพิจารณาควบคู่กับการเก็บรักษาคุณภาพทางเคมีของมะม่วงด้วย

ตารางที่ 5-1 แสดงผลสรุปดัชนีการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการเก็บรักษาคุณภาพมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองภายหลังการเก็บเกี่ยว โดยวิธีการเคลือบผิวด้วยสารละลายชนิดต่างๆ

สารเคลือบผิว	เปอร์เซ็นต์ การสูญเสีย น้ำหนัก	ค่า การ วัดสี L*	ค่า การ วัดสี a*	ค่า การ วัดสี b*	ปริมาณ ของแข็งที่ ละลายน้ำได้ (TSS)	วิตามินซี (mg/100g)	ปริมาณ กรดที่ ไทเทรตได้ (TA)
Control	✓		✓			✓	
Chitosan 0.5% (w/v)		✓	✓	✓			✓
Chitosan 1.0% (w/v)							
Chitosan 1.5% (w/v)	✓				✓	✓	
Chitosan 2.0% (w/v)							
Carnauba Wax 0.5% (w/v)		✓					

สารเคลือบผิว	เปอร์เซ็นต์ การสูญเสีย น้ำหนัก	ค่า การ วัดสี L*	ค่า การ วัดสี a*	ค่า การ วัดสี b*	ปริมาณ ของแข็งที่ ละลายน้ำได้ (TSS)	วิตามินซี (mg/100g)	ปริมาณ กรดที่ ไทเทรตได้ (TA)
Carnauba Wax 1.0% (w/v)			✓		✓		
Carnauba Wax 1.5% (w/v)				✓		✓	
Carnauba Wax 2.0% (w/v)	✓						✓
Chitosan0.5% (w/v) + glycerol	✓	✓					✓
Chitosan1.0% (w/v) + glycerol							
Chitosan1.5% (w/v) + glycerol						✓	
Chitosan2.0% (w/v) + glycerol		✓		✓	✓		
Chitosan2.0% (w/v) + ไบฟีนีล			✓		✓		
Chitosan2.0% (w/v) + Tween80							✓

บรรณานุกรม

กรมส่งเสริมวิชาการเกษตร. มะม่วง. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ, 2554.

จริงแท้ ศรีพานิช. **ชีววิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและการวางของพืช**. พิมพ์ครั้งที่ 1.

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและ
ฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ, 2549.

จันทิมา ชั่งศิริพร, พฤกระยา พงศ์ยี่หล้า และจรรยา อินทมณี. การลดต้นทุนการผลิตไคโตซานจาก
เปลือกกุ้งโดยการนำด่างกลับมาใช้ใหม่. 145-150. เอกสารประชุมวิชาการทาง
วิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ครั้งที่ 8. สงขลา:

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (2553).

เจือจันทร์ ตั้งเดิมทอง. การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและองค์ประกอบทางเคมีของมะม่วงพันธุ์น้ำ
ดอกไม้ที่เก็บรักษาในอุณหภูมิต่ำ. [ออนไลน์]. 2541. แหล่งเข้าถึง :

http://www.phtnet.org/research/view-abstract.asp?research_id=ca004 (6 กุมภาพันธ์
2559).

ดวงใจ น้อยวัน, วิลาวัลย์ คำปวน, กานดา หวังชัย, กอบเกียรติ แสงนิล และจ่านอง อุทัยบุตร. ผลของ
สารเคลือบผิวต่ออายุการเก็บรักษาของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนก. ว. วิทย. กษ., 37(5)(พิเศษ)
(2549), 132-135.

นวลใจ โคตรแสง และพงษ์กร ชมพูแสน. ผลไคโตซานต่อการเจริญเติบโตของคะน้า. วารสาร
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 2555 : 478-484.

นันทิยา เจียบแหลม. สหสัมพันธ์ระหว่างสมบัติทางเคมีกายภาพ และสมบัติการใช้งานของไคโตซาน
ที่เตรียมภายใต้ภาวะการกักจัดหมู่อะซิดต่างกัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยบูรพา
, 2548.

นิธิยา รัตนานนท์. สารเคลือบผิวที่บริโภคได้ในเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร, คณะอุตสาหกรรม
เกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (2547), 179-198.

พัฒน์นันทน์ วงศ์วิวัฒน์. การสกัดไคติน-ไคโตซานจากเปลือกหอย. ปัญหาพิเศษ วิทยาศาสตร์บัณฑิต
สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,
2545.

พันธุ์ทิพย์ วิเศษพงษ์พันธ์, ดวงเดือน วาไรวะณิช, อรรธวุฒิ กันทะวงศ์ และวีระพงษ์ ศรีโถมงาม.

ผลผลิตและคุณลักษณะของไคโตซานจากเปลือกปูที่เหลือทิ้งจากอวนจมปู. กรุงเทพฯ:

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์., 2556

พันธุ์ทิพย์ วิเศษพงษ์พันธ์, ดวงเดือน วาไรวะณิช, อรรธวุฒิ จันทะวงศ์ และวีระพงษ์ ศรีโถมงาม.

ผลผลิตและคุณลักษณะของไคโตซานจากเปลือกปูที่เหลือทิ้งจากอวนจมปู. [ออนไลน์].

2556. แหล่งเข้าถึง : **ฐานข้อมูลงานวิจัยอาหารสัตว์น้ำ ศูนย์พัฒนาเทคโนโลยีอาหารสัตว์น้ำ.**

(11 กันยายน 2557).

ภาวดี เมระคานนท์, อสิรา เพื่องฟูชาติ และ ก้องเกียรติ คงสุวรรณ. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับ ไคติน-ไคโตซาน. **เอ็มเทค เทคโนโลยีวัสดุ.** 19(2543) : 69-75.

มงคล อินทะหลุก, จ่านง อุทัยบุตรม กอบเกียรติ แสงนิล และกานดา หวังชัย. ผลของสารเคลือบผิวต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์. **ว. วิทย. กษ.,** 37:5 (พิเศษ) (2549), 128-131.

วิลาวัลย์ คำปวน และจ่านงค์ อุทัยบุตร. การใช้ไขผึ้งเป็นสารเคลือบผิวสำหรับผลมะม่วงน้ำดอกไม้จาก 2 แหล่งผลิต. **ว. วิทย. กษ.,** 41:1 (พิเศษ) (2553), 130-137.

ศักยะ สมบัติไพรวัน. การศึกษาการชะลอการสุกของมะม่วงน้ำดอกไม้ด้วยถ่านกัมมันต์.

วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเกษตรและอาหาร คณะ

วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 2550.

ศิริกานต์ ศรีชัยรัตน์, เบญจมาศ รัตนชินกร คมจันทร์ สรจันท์. ผลของสารเคลือบผิวบางชนิดต่อ

คุณภาพมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ระหว่างการเก็บรักษา. **ว. วิทย. กษ.,** 43(2) (พิเศษ)

(2555), 101-104.

ศิริชัย กัลยาณรัตน์. ผลของวัยและ heat treatment ต่อสมการการหายใจของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้.

ผลงานวิจัยโครงการพัฒนานวัตกรรมและวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว ปี 2545-2546. 2546 :

223-232.

ศูนย์วัสดุชีวภาพไคตินไคโตซาน. การประยุกต์ใช้ไคตินและไคโตซาน. [ออนไลน์]. 2548. **MMRI**

Chulalongkorn University. แหล่งเข้าถึง : <http://www.material.chula.ac.th>

[/chitosan/CCB.htm](http://chitosan/CCB.htm). (11 พฤศจิกายน 2558).

สายชล เกตุษา. **สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม : โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมการเกษตรแห่งชาติ, 2528.

สายชล เกตุษา. การสุกของผลไม้. **ข่าวสารเกษตรศาสตร์**, 2530 : 1-8.

สาริน คลินิก. สารเคลือบผิวผลไม้เป็นอันตรายหรือไม่. [ออนไลน์]. 2549. แหล่งเข้าถึง :

<http://www.sarinclinic.com/home.php?section=1&subsection=1>. (14 ธันวาคม 2558).

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (มกษ. 5-2558). **มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ-มะม่วง**. กรุงเทพฯ : กระทรวงเกษตรและสหกรณ์., 2558.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. **คู่มือแนวทางปฏิบัติเพื่อการส่งออกผลไม้ไปสหรัฐอเมริกา**. กรุงเทพฯ : กระทรวงเกษตรและสหกรณ์., 2550.

สุกัญญา ววาท. การพัฒนาสารเคลือบอิมัลชันจากไคโตซานและการประยุกต์ใช้ในส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้ง. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาพัฒนาอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์การเกษตร คณะอุตสาหกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2549.

สุคนารี เหลืองวิสัย, อนุวัตร แจ่มชัด และกมลวรรณ แจ่มชัด. การพัฒนาสารเคลือบผิวส้มจากเซลล์. **ว. วิทย. กษ.**, 38:5 (พิเศษ) (2550), 37-40.

สุวนุญ จิระชาญชัย, รังรอง ยกถ่าน, โกสุม สมักรัตน์. การประชุมเชิงปฏิบัติการไคตินและไคโตซานจากวัตถุดิบธรรมชาติสู่การประยุกต์ใช้. 30-31 สิงหาคม 2544 : กรุงเทพมหานคร : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย., 13.

โสธญา รอดประดิษฐ์. สารเคลือบผิวผลไม้มีประโยชน์อย่างไร. **กรมวิทยาศาสตร์บริการ**. 62(2557) : 41-43.

อภิธา บุญศิริ, จิตติมา จิรโพธิธรรม, เจริญ ขุนพรม และพิษณุ บุญศิริ. ผลของสารเคลือบผิวร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำต่อความเสียหายของผลมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ฉายรังสีหลังการบ่ม. **ว. วิทย. กษ.**, 45:3/1 (พิเศษ) (2557), 237-240.

อภิธา บุญศิริ. กระบวนการหลังการเก็บเกี่ยวมะม่วงเพื่อการส่งออก. **จดหมายข่าวสมาคมชาวสวนมะม่วงไทย**. มกราคม 2554 : 18.

Beaus' ejour, J., N. Clermont, and C. Beaulieu. Effect of *Streptomyces melanosporofaciens* strain EF-76 and of chitosan on common scab of potato. **Plant and Soil**. 256(2003) : 463-468.

Chandrkrachang, S. The applications of chitin and chitosan in agriculture in Thailand. **Advances in Chitin Science**. 5(2002) : 458-462.

- El Ghaouth, C. Wilson, and M. Wisniewski. Biologically-based alternatives to synthetic fungicides for the control of postharvest diseases of fruit and vegetables. **Diseases of Fruits and Vegetables** 2(2004) : 511-535.
- Kader, A.A. Postharvest biochemistry and technology: An overview, in Postharvest technology of horticultural crops, Edited by Kader, A.A., R.F. Kasmire, F.G. Mitchell, M.S. Reid, N.F. Sommer and J.F. Thomson. University of California, **Div of Agri and Natl. Res.** 1985 : 3-7.
- Pearson D. **The Chemical Analysis of Food.** New York. Chemical Publishing, 1971.
- Poulsen, P.H.B., J. Moller, and J. Magid. Determination of a relationship between chitinase activity and microbial diversity in chitin amended compost. **Bioresource Technology.** 99(2008) : 4355-4359.
- Prapagdee, B., K. Kotchadat, A. Kumsopa, and N. Visarathanonrh. The role of chitosan in protection of soybean from sudden death syndrome caused by *Fusarium solani* f. sp. *Glycines*. **Bioresource Technology.** 98(2007) : 1353-1358.
- Rhodes, M.J. C. The maturation and ripening of fruits. **In K.V. Thimann. Senescence in plants.** Florida. CRC Press, Inc., 1980.
- Santer, S.S., K.A. Nishijima and H.T. Chen. Heat treating 'Sharwil' avocado for cold tolerance in quarantine cold treatment. **HortScience.** 29(1994) : 1166-1168.
- Shadihi, F., J. K. V. Arachchi and Y-J Jeon. Food applications of chitin and chitosans. **Trends in Food Sciences & Technology.** 10(1999) : 37-51.
- Sharathchandra, R.G., S. Niranjana Raj, N.P. Shetty, K.N. Amruthesh, and H. Shekar Shetty. A chitin formulation elicits induces downy mildew disease resistance and growth promotion in pearl millet. **Crop Protection.** 23(2004) : 881-838.
- Siri-Upthum, C. Radiation derogation of chitosan and its application for young orchid plant growth promotion, **Advances in Chitin Science** 5(2002) : 475-478.
- Wanichapongpan, P., K. Suriyachan, and S. Chandkrachang. Effect of chitosan on the growth of Gerbera flower plant (*Gerbera jamesonii*). **Chitin and chitosan in Life Science.** 2001 : 198-201.

- Wilson, C.W., P.E. Shaw and R.J. Knight. Importance of some lactones and 2,5-dimethyl-4-hydroxy-3 (2H)-furanone to mango (*Mangifera indica* L.) aroma. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 38(1990) : 1556-1559.
- Win, K. K. N., P. Jitareerat, S. Kanlayanarat, and S. Sangchote. Effect of cinnamon extract, chitosan coating, hot water treatment and their combinations on crown rot disease and quality of banana fruit. **Postharvest Biology and Technology**. 45(2007) : 333-340.
- Xu., W.T., K. Huang, F. Guo, W. Qua, J. J. Yang, Z.H. Liag, and Y. B. Luo. Postharvest grapefruit seed extract and chitosan treatment of table grapes to control *Botrytis cinerea*. **Postharvest Biology and Technology**. 46(2007) : 86-94.

ภาคผนวก ก

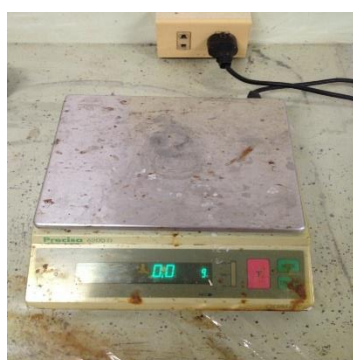
ภาพงานวิจัย



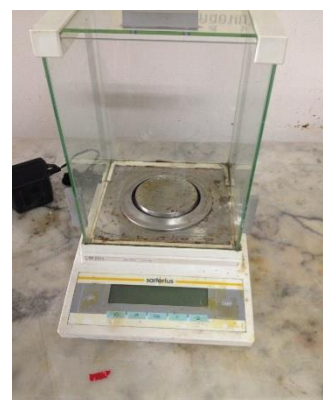
ภาพที่ ผก1 เครื่องวัดสี ยี่ห้อ Hunter lab



ภาพที่ ผก 2 ตู้อบยี่ห้อ MEMMERT รุ่น D
06061 model 500



ภาพที่ ผก 3 เครื่องชั่งหยาบทนนิยม 2 ตำแหน่ง ยี่ห้อ
Sartorius รุ่น RP 210 S



ภาพที่ ผก 4 เครื่องชั่งทนนิยม 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ
SARTORIUS



ภาพที่ ผก 5 แสดงเครื่องวัด Hand refractometer
ยี่ห้อ ATAGO® PAL-1 (N 10-32)



ภาพที่ ผก 6 เครื่องปั่นผลไม้



ภาพที่ ผก 7 ตะแกรงกรอง



ภาพที่ ผก 8 Stirring hot plate ยี่ห้อ JENWAY
รุ่น 1203



ภาพที่ ผก 9 โกร้งบดสาร



ภาพที่ ผก 10 เปลือกกุ้งบดละเอียด



ภาพที่ ผก 11 เปลือกปูบดละเอียด



ภาพที่ ผก 12 เปลือกหอยเชอรี่บดละเอียด



ภาพที่ ผก 13 การกำจัดแร่ธาตุ



ภาพที่ ผก 14 การกำจัดโปรตีน



ภาพที่ ผก 15 การกำจัดสี



ภาพที่ ผก 16 การกำจัดหมู่อะซิทิล



ภาพที่ ผก 17 ไคติน – ไคโตซาน



ภาพที่ ผก 18 ตัดขั้วมะม่วง แล้วล้างทำความสะอาด



ภาพที่ ผก 19 จุ่มน้ำร้อน ที่อุณหภูมิ 55 ± 2 °C



ภาพที่ ผก 20 ผึ่งมะม่วงให้แห้ง



ภาพที่ ผก 21 เตรียมสารเคลือบไคโตซานผสม
กลีเซอรอล



ภาพที่ ผก 22 เคลือบมะม่วงโดยจุ่มลงใน
สารละลาย เป็นเวลา 2 นาที



ภาพที่ ผก 23 วัดความแน่นเนื้อของมะม่วง



ภาพที่ ผก 24 ชั่งเนื้อมะม่วง



ภาพที่ ผก 25 ปั่นเนื้อมะม่วง



ภาพที่ ผก 26 กรองน้ำมะม่วง



ภาพที่ ผก 27ไทเทรตหาปริมาณกรดทั้งหมด



ภาพที่ ผก 28 วัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้
(TSS)



ภาพที่ ผก 29 อุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการทดลอง



ภาพที่ ผก 30 มะม่วงที่ผ่านการเคลือบเทียบกับ
ชุดควบคุม เมื่อเวลาผ่านไป 5 วัน

ภาคผนวก ข

ค่าการจัดระดับทางสถิติ

1. เปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนัก

ตารางที่ ผข 1 แสดงค่าการจัดระดับทางสถิติของเปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนักของมะม่วงพันธุ์ น้ำดอกไม้สีทอง ที่เคลือบด้วยสารละลายชนิดต่างๆ

สารละลายเคลือบผิว	วันที่ 0	วันที่ 5	วันที่ 10	วันที่ 15
control	0.00	9.81±1.25 c	19.50±1.87 c	27.29±2.01 b
Chitosan 0.5%	0.24±0.35 c	10.46±1.65 c	20.82±2.29 c	27.60±2.43 b
Chitosan 1.0%	0.27±0.81 c	8.39±1.66 c	16.37±0.45 c	21.43±3.29 b
Chitosan 1.5%	0.30±0.17 bc	6.81±2.57 c	15.37±1.32 c	20.45±3.16 b
Chitosan 2.0%	0.24±0.66 c	8.81±1.08 c	18.11±2.35 c	25.51±2.76 b
Carnauba Wax 0.5%	0.26±0.87 c	10.69±2.74 c	18.87±2.57 c	27.39±4.20 b
Carnauba Wax 1.0%	0.21±0.15 c	7.28±0.91 c	15.00±1.55 c	23.66±1.80 b
Carnauba Wax 1.5%	0.25±0.41 c	7.84±1.51 c	15.13±3.36 c	23.06±5.92 b
Carnauba Wax 2.0%	0.23±0.03 c	7.97±0.48 c	14.51±1.51 c	19.32±0.94 b
Chitosan0.5%+glycerol	0.21±0.15 c	10.08±2.80 c	19.39±2.77 c	21.19±3.00 b
Chitosan1.0%+glycerol	0.24±0.65 c	10.29±0.87 c	20.25±1.56 c	27.36±2.69 b
Chitosan1.5%+glycerol	0.23±0.75 c	12.40±2.29 c	21.44±1.45 c	27.42±1.14 b
Chitosan2.0%+glycerol	0.27±0.03 c	9.89±4.27 c	20.84±1.25 c	29.52±1.29 b
Chitosan2.0%+ไข่ผึ้ง	0.47±0.58 a	26.16±13.83 b	50.37±19.45 b	77.50±20.41 b
Chitosan2.0%+Tween80	0.40±0.10 ab	40.03±2.98 a	68.60±3.63 a	94.13±4.22 a

(*) หมายเหตุ : ตัวอักษรหลังตัวเลข เป็นตัวบอกความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตามแนวตั้งที่ ความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$)

2. ค่าการวัดสี

ตารางที่ ผข 2 แสดงค่าการจัดระดับทางสถิติของค่าการวัดสีของค่า L^* ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง ที่เคลือบด้วยสารละลายชนิดต่างๆ

สารละลายเคลือบผิว	วันที่ 0	วันที่ 5	วันที่ 10	วันที่ 15
control	53.70±1.65 b	73.54±2.02 a	47.83±2.31 ab	39.46±8.92 g
Chitosan 0.5%	53.47±2.46 b	67.42±6.09 d	45.68 ±3.11 cde	44.58±3.21 cdef
Chitosan 1.0%	50.99±9.31 cd	71.00±2.17 b	45.09±3.89 e	45.40±1.44 bcde
Chitosan 1.5%	52.33±1.54 bcd	69.98±2.97 bc	46.21±2.91 bcde	45.72±2.48 bcd
Chitosan 2.0%	52.14±1.50 bc	68.85±2.48 cd	45.84±1.42 cde	44.99±1.90 bcdef
Carnauba Wax 0.5%	50.36±2.47 d	67.38±3.07 d	45.20±3.47 de	42.85±5.95 f
Carnauba Wax 1.0%	51.56±1.37 bcd	70.08±1.98 bc	47.27±2.39 abc	46.41±1.61 bc
Carnauba Wax 1.5%	51.80±1.41 bcd	69.73±1.93 bc	47.02±1.89 abcd	44.70±3.13 cdef
Carnauba Wax 2.0%	50.99±8.87 cd	70.29±2.05 bc	47.06±1.78 abcd	47.20±2.63 b
Chitosan0.5%+glycerol	53.43±1.41 b	69.08±3.17 c	45.23±2.59 de	43.21±5.28 ef
Chitosan1.0%+glycerol	52.71±1.19 bc	69.61±2.83 c	46.19±2.45 bcde	43.70±5.51 def
Chitosan1.5%+glycerol	52.95±1.46 bc	70.04±2.63 bc	42.52±7.65 f	44.46±4.59 cdef
Chitosan2.0%+glycerol	52.89±2.92 bc	70.10±2.64 bc	46.75±7.65 abcde	44.75±3.09 cdef
Chitosan2.0%+ ไข่ฝู	56.50±2.70 a	51.88±1.70 e	48.18±2.09 a	64.82±1.83 a
Chitosan2.0%+Tween80	75.81±2.98 a	50.40±2.37 f	47.52±1.74 abc	63.53±2.16 a

(*) หมายเหตุ : ตัวอักษรหลังตัวเลข เป็นตัวบอกความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตามแนวตั้งที่ความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ผข 3 แสดงค่าการจัดระดับทางสถิติของค่าการวัดสีของค่า a^* ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง ที่เคลือบด้วยสารละลายชนิดต่างๆ

สารละลายเคลือบผิว	วันที่ 0	วันที่ 5	วันที่ 10	วันที่ 15
control	2.47±2.80 e	7.24±1.37 e	9.24±0.80 b	3.74±1.97 d
Chitosan 0.5%	2.46±0.54 e	8.81±1.73 d	9.00±0.83 b	5.85±0.57 c
Chitosan 1.0%	3.42±1.05 c	9.14±1.25 cd	8.57±1.79 cd	6.58±0.47 b
Chitosan 1.5%	4.25±1.31 ab	10.45±1.31 ab	9.62±1.55 b	7.05±0.54 b
Chitosan 2.0%	2.72±0.70 de	10.10±1.36 ab	9.71±1.15 b	6.50±0.64
Carnauba Wax 0.5%	4.02±2.37 abc	10.67±3.03 ab	8.88±1.99 b	5.62±1.29 c
Carnauba Wax 1.0%	4.25±1.01 ab	8.31±1.51 d	8.49±1.89 b	6.56±1.04 b
Carnauba Wax 1.5%	3.76±1.25 bc	8.46±1.61 b	8.86±1.68 b	6.85±0.84 b
Carnauba Wax 2.0%	3.61±1.26 bc	8.43±1.60 d	9.89±1.87 b	5.36±0.88 c
Chitosan0.5%+glycerol	3.58±0.87 bc	10.83±1.89 a	9.45±1.01 b	5.68±1.32 c
Chitosan1.0%+glycerol	3.31±0.84 cd	10.25±1.63 ab	9.67±0.90 b	5.63±1.29 c
Chitosan1.5%+glycerol	3.33±0.56 cd	9.75±1.30 bc	8.21±3.42 b	6.55±0.67 b
Chitosan2.0%+glycerol	3.69±1.49 bc	9.83±2.33 bc	9.70±1.14 b	5.74±0.85 c
Chitosan2.0%+ไข่ผึ้ง	4.60±1.08 a	5.68±0.74 f	9.47±0.81 b	14.81±1.75 a
Chitosan2.0%+Tween80	2.48±1.51 ab	6.66±1.41 e	13.22±17.17 a	14.96±1.25 a

(*) หมายเหตุ : ตัวอักษรหลังตัวเลข เป็นตัวบอกความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตามแนวตั้งที่ความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ผข 4 แสดงค่าการจัดระดับทางสถิติของค่าการวัดสีของค่า b^* ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง ที่เคลือบด้วยสารละลายชนิดต่างๆ

สารละลายเคลือบผิว	วันที่ 0	วันที่ 5	วันที่ 10	วันที่ 15
control	23.56±1.82 fg	41.81±2.78 ef	27.89±2.01 bcd	18.72±1.89
Chitosan 0.5%	21.98±1.86 i	38.43±4.37 g	25.47±3.63 ef	27.24±3.58 fgh
Chitosan 1.0%	23.22±2.20 fghi	41.23±3.34 ef	24.67±4.68 f	29.78±1.54 def
Chitosan 1.5%	24.07±2.32 f	40.23±3.85 f	25.43±3.45 ef	28.61±1.85 efgh
Chitosan 2.0%	24.09±2.07 f	42.33±4.27 de	26.80±2.47 de	30.43±1.17 cde
Carnauba Wax 0.5%	25.62±2.62 e	45.83±4.18 ab	27.87±4.31 bcd	29.14±1.17 defg
Carnauba Wax 1.0%	28.51±2.40 c	47.16±2.88 a	30.18±1.49 a	32.72±1.65 c
Carnauba Wax 1.5%	26.99±1.87 d	44.84±2.86 bc	29.65±1.15 ab	31.75±2.40 cd
Carnauba Wax 2.0%	26.50±2.16 de	45.67±3.29 ab	30.74±1.07 a	33.01±5.91 c
Chitosan0.5%+glycerol	22.53±4.20 ghi	43.88±2.72 cd	26.09±2.26 def	26.26±5.79 h
Chitosan1.0%+glycerol	25.35±1.68 e	45.75±2.12 ab	28.13±2.49 bcd	28.76±4.40 efgh
Chitosan1.5%+glycerol	23.33±1.90 fgh	41.99±3.39 ef	22.19±10.02 g	29.04±3.42 defgh
Chitosan2.0%+glycerol	22.13±1.83 hi	41.59±3.65 ef	26.82±1.86 d	26.74±3.12 gh
Chitosan2.0%+ไข่ผึ้ง	34.10±2.58 b	25.57±1.02 i	27.41±1.31 cd	42.08±2.91 d
Chitosan2.0%+Tween80	38.13±2.94 a	28.49±1.34 h	29.30±1.18 abc	45.73±2.70 a

(*) หมายเหตุ : ตัวอักษรหลังตัวเลข เป็นตัวบอกความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตามแนวทางที่ความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$)

3. การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total soluble solids , TSS)

ตารางที่ ผข 5 แสดงค่าการจัดระดับทางสถิติของค่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง ที่เคลือบด้วยสารละลายชนิดต่างๆ

สารละลายเคลือบผิว	วันที่ 0	วันที่ 5	วันที่ 10	วันที่ 15
control	2.80±0.15 ab	4.33±0.25 ab	5.17±0.25 cd	6.00±0.00 a
Chitosan 0.5%	2.67±0.50 abc	3.17±0.25 ef	5.25±0.27 bcd	5.75±0.27 ab
Chitosan 1.0%	2.67±0.50 abc	3.67±0.25 cd	5.00±0.00 d	5.25±0.27 cd
Chitosan 1.5%	2.67±0.24 abc	4.00±0.43 bc	4.50±0.00 e	5.17±0.25 cd
Chitosan 2.0%	2.83±0.25 a	3.67±0.25 cd	5.33±0.25 ab	4.75±0.27 ef
Carnauba Wax 0.5%	2.17±0.25 de	3.67±0.66 cd	4.50±0.43 e	5.50±0.25 ab
Carnauba Wax 1.0%	2.73±0.22 ab	2.83±0.25 f	4.17±0.25 f	5.17±0.43 cd
Carnauba Wax 1.5%	2.90±0.15 a	3.07±0.35 f	5.17±0.25 cd	5.00±0.43 ef
Carnauba Wax 2.0%	2.40±0.31 cd	3.50±0.43 de	5.50±0.43 b	4.50±0.27 f
Chitosan0.5%+glycerol	2.73±0.22 ab	4.33±0.25 ab	5.83±0.25 a	5.75±0.27 ab
Chitosan1.0%+glycerol	2.50±0.43 bc	3.83±0.50 cd	5.25±0.27 bcd	5.67±0.25 ab
Chitosan1.5%+glycerol	2.83±0.25 a	4.50±0.25 a	5.00±0.00 b	5.17±0.25 cd
Chitosan2.0%+glycerol	2.67±0.25 abc	3.17±0.25 ef	3.50±0.00 g	4.80±0.00 ef
Chitosan2.0%+ไข่ผึ้ง	2.17±0.25 de	3.83±0.25 cd	4.50±0.43 e	4.67±0.50 ef
Chitosan2.0%+Tween80	2.67±0.25 abc	3.17±0.25 ef	3.50±0.00 g	4.80±0.00 ef

(*) หมายเหตุ : ตัวอักษรหลังตัวเลข เป็นตัวบอกความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตามแนวทางที่ความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$)

4. การวัดปริมาณหาวิตามินซี

ตารางที่ ผข 6 แสดงค่าการจัดระดับทางสถิติของค่าปริมาณวิตามินซีของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง ที่เคลือบด้วยสารละลายชนิดต่างๆ

สารละลายเคลือบผิว	วันที่ 0	วันที่ 5	วันที่ 10	วันที่ 15
control	2.47±1.11 hi	1.40±0.34 bc	1.33±0.20 gh	1.00±0.00 e
Chitosan 0.5%	3.00±0.60 ab	2.20±0.52 bcd	1.2±0.22 h	1.50±0.11 abcde
Chitosan 1.0%	2.93±0.43 cd	1.40±0.35 f	1.53±0.10 fg	1.80±0.44 abc
Chitosan 1.5%	2.07±0.65 fg	2.00±0.35 cde	1.20±0.00 h	1.20±0.60 cde
Chitosan 2.0%	2.33±0.10 def	1.93±0.36 de	1.40±0.35 fgh	1.10±0.11 de
Carnauba Wax 0.5%	1.27±2.00 i	2.00±0.35cde	1.67±0.40 ef	1.40±0.22 bcde
Carnauba Wax 1.0%	2.33±1.93 def	1.93±0.36 de	2.00±0.35 cd	1.07±0.20 de
Carnauba Wax 1.5%	3.33±0.26 a	2.13±0.26 bcde	1.53±0.10 fg	1.33±0.26 bcde
Carnauba Wax 2.0%	1.73±0.10 gh	2.20±0.62 bcd	1.47±0.26 fgh	1.40±0.69 bcde
Chitosan0.5%+glycerol	2.47±0.10 de	2.60±0.30 b	1.87±0.26 de	1.20±0.22 cde
Chitosan1.0%+glycerol	3.20±0.35 ab	1.67±0.10 ef	1.60±0.44 efg	1.40±0.00 bcde
Chitosan1.5%+glycerol	2.53±0.20 d	2.00±0.35 cde	2.20±0.00 c	1.87±0.36 ab
Chitosan2.0%+glycerol	2.33±0.10 def	1.67±0.20 ef	2.20±0.00 c	1.67±0.36 abcd
Chitosan2.0%+ไข่ผึ้ง	2.60±0.00 def	4.20±0.17 a	5.40±0.35 a	2.07±1.47 a
Chitosan2.0%+Tween80	2.13±0.10 cd	3.80±0.62 a	4.60±0.15 b	1.27±0.26 bcde

(*) หมายเหตุ : ตัวอักษรหลังตัวเลข เป็นตัวบอกความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตามแนวทางที่ความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$)

5. ผลการศึกษาปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ (Titratable acidity, TA)

ตารางที่ ผข 7 แสดงค่าการจัดระดับทางสถิติของค่าปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของมะม่วงพันธุ์ น้ำดอกไม้สีทอง ที่เคลือบด้วยสารละลายชนิดต่างๆ

สารละลายเคลือบผิว	วันที่ 0	วันที่ 5	วันที่ 10	วันที่ 15
control	11.61±1.68 bcd	3.13±0.89 g	0.89±0.14 d	0.47±0.00 e
Chitosan 0.5%	11.72±2.86 bcd	8.49±1.17 cd	1.27±0.22 cd	1.14±0.14 a
Chitosan 1.0%	12.95±1.34 b	6.17±0.70 ef	1.27±0.17 cd	0.87±0.30 b
Chitosan 1.5%	12.95±1.68 b	10.72±0.87 b	0.94±0.01 d	0.81±0.45 b
Chitosan 2.0%	11.84±1.02 bcd	5.58±3.07 ef	1.54±0.36 bc	0.87±0.01 b
Carnauba Wax 0.5%	12.51±0.89 bc	8.60±1.46 g	1.12±0.27 cd	0.74±0.01 bcd
Carnauba Wax 1.0%	11.84±1.21 bcd	6.70±0.58 de	4.69±0.58 a	0.78±0.14 bc
Carnauba Wax 1.5%	9.60±1.21 ef	6.70±1.05 de	1.34±0.17 cd	0.76±0.17 bcd
Carnauba Wax 2.0%	8.38±0.77 f	6.14±1.18 ef	1.16±0.29 cd	0.81±0.18 d
Chitosan0.5%+glycerol	10.72±1.54 cde	5.70±0.01 ef	1.03±0.20 d	0.78±0.26 bc
Chitosan1.0%+glycerol	8.94±2.60 ef	7.04±4.83 cde	1.57±1.42 bc	0.54±0.06 bc
Chitosan1.5%+glycerol	11.61±1.77 bcd	4.35±1.04 fg	0.94±0.01 d	0.56±0.03 bcd
Chitosan2.0%+glycerol	13.18±1.77 ab	3.46±0.60 g	1.88±0.01 b	0.74±0.06 bcd
Chitosan2.0%+ไข่ผึ้ง	14.86±3.64 a	12.95±1.98 a	0.87±0.21 d	0.87±0.21 d
Chitosan2.0%+Tween80	10.45±1.52 de	6.70±1.16 de	0.94±0.25 d	0.94±0.25 ab

(*) หมายเหตุ : ตัวอักษรหลังตัวเลข เป็นตัวบอกความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตามแนวทางที่ ความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$)

ประวัติผู้วิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล นางสาวชนากานต์ วิญญกุล
Miss Chanakan Winyakul
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 1 -6799- 00146- 25- 8
3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์
4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ติดต่อได้สะดวก
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏ
เพชรบูรณ์ อ.เมือง จ.เพชรบูรณ์ 67000
โทรศัพท์ (056) 717100 ต่อ 2713 โทรสาร (056) 717123
E - mail : chanakanwnkn@gmail.com
5. ประวัติการศึกษา
วท.ม. (เคมีอินทรีย์)
มหาวิทยาลัยศิลปากร
วท.บ. (เคมี)
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ
เคมีอินทรีย์สังเคราะห์
7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ
 - 7.1 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย
1. การศึกษาและพัฒนาสารเคลือบผิวมะม่วง
น้ำดอกไม้ด้วยไลโคโทซาน
 - 7.2 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว
 1. ปัญหาพิเศษ เรื่อง Synthesis of cyclopentenedione derivatives, ด้วยเงินอุดหนุนงานวิจัยจาก สาขาวิชาเคมี คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นครปฐม, 2552
 2. วิทยานิพนธ์เรื่อง Synthesis of bioactive indole fused azepine derivatives, ด้วยเงินอุดหนุนงานวิจัยจาก สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร นครปฐม, 2556

3. ผลงานวิจัยในชั้นเรียน เรื่อง การพัฒนาการเรียนการสอนวิชาเคมีที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ กรณีศึกษา: การเตรียมความพร้อมในการเรียนปฏิบัติการทางเคมีอินทรีย์, ด้วยเงินอุดหนุนงานวิจัยจาก คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ เพชรบูรณ์, 2557

7.3 งานวิจัยที่เผยแพร่

1. W. Phudthawong, C. Winyakul and W. S. Phudthawong. (2014). "Synthesis of 3-indolylacetamide derivatives and evaluation of their plant growth regulator activity" **Maejo Int. J. Sci. Technol.** 8(2): 181-189. ด้วยเงินอุดหนุนงานวิจัยจาก สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร นครปฐม, Thailand Toray Science Foundation (TTSF), Kasetsart University Research and Development Institute and the National Research Council of Thailand, 2555

7.4 งานวิจัยที่กำลังทำ

1. การศึกษาและพัฒนาสารเคลือบผิวมะม่วง น้ำดอกไม้ด้วยไคโตซาน ทุนอุดหนุนการวิจัย ประเภทงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2558 ทำการวิจัยลุล่วงแล้วประมาณร้อยละ 50