b.114576

RMFU 02/2548

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

ผลของสารเคลือบผิวไคโตซานต่อคุณภาพสับปะรดพันธุ์นางแลและภูแล

Effect of Chitosan Coating on Quality of Pineapple cv. 'Nang-Lae and Poo-Lae'

โดย

นางสาวนิรมล สันติภาพวิวัฒนา

นางสาวเนตรา สมบูรณ์แก้ว

สำนักวิชาอุตสาหกรรมเกษตร

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง ประจำปี พ.ศ. 2548

กิตติกรรมประกาศ

การดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้คณะผู้วิจัยขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีการอาหาร และเจ้าหน้าที่ประจำสำนักวิชาอุตสาหกรรมเกษตรทุกท่าน สำหรับการช่วยประสานงานและอำนวยความสะดวกสำหรับการทำงานวิจัย นอกจากนี้ขอขอบคุณนักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวและบรรจุภัณฑ์ทุกท่านที่มีส่วนช่วยเหลือในการทำงานวิจัยนี้ให้เสร็จลุล่วงไปด้วยดี สุดท้ายขอขอบคุณมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวงที่ให้การสนับสนุนงบประมาณสำหรับการทำงานวิจัยในครั้งนี้

นิรมล สันติภาพวิวัฒนา

เนตรา สมบูรณ์แก้ว

19 พฤศจิกายน 2551

ชื่อโครงการ ผลของสารเคลือบผิวไคโตซานต่อคุณภาพสับปะรดพันธุ์นางแลและภูแล

ผู้วิจัย นางสาวนิรมล สันติภาพวิวัฒนา
นางสาวเนตรา สมบูรณ์แก้ว

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของไคโตซานต่อคุณภาพสับปะรดพันธุ์นางแลและภูแล ได้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลองย่อยดังนี้ การทดลองที่ 1 การศึกษาผลของอายุการเก็บเกี่ยวของผลสับปะรดพันธุ์นางแลที่ 20 22 และ 24 สัปดาห์ และการเคลือบผิวด้วยไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ กลางและสูง ต่อคุณภาพของผลสับประรดพันธุ์นางแล พบว่าผลสับปะรดที่เก็บเกี่ยวที่ 20 สัปดาห์ มีการลดลงของค่าความแน่นเนื้อช้ากว่าการเก็บเกี่ยวที่ 22 และ 24 สัปดาห์ ตามลำดับ นอกจากนี้สับปะรดที่เก็บเกี่ยวที่ 24 สัปดาห์ มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงกว่าสับปะรดอายุ 22 และ 20 สัปดาห์ ตามลำดับ ส่วนการเคลือบผิวด้วยไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำสามารถลดการสูญเสียน้ำได้ดีที่สุด รองลงมาได้แก่ น้ำหนักโมเลกุลขนาดกลาง และสูงตามลำดับ

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของการเคลือบผิวด้วยไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ กลางและสูง ต่อคุณภาพของผลสับปะรดพันธุ์ภูแล พบว่าไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ สามารถลดการสูญเสียน้ำ ชะลอการลดลงของความแน่นเนื้อของเปลือกและเนื้อสับปะรดได้ดีกว่าน้ำหนักโมเลกุลขนาดกลางและสูง ตามลำดับ

คำสำคัญ สับปะรด/ การเคลือบผิว/ ไคโตซาน/ น้ำหนักโมเลกุล

Title Effect of Chitosan Coating on Quality of Pineapple cv. 'Nang-Lae and Poo-Lae'

Authors Miss Niramon Suntipabvivattana
Miss Nettra Somboonkaew

Abstract

Effect of chitosan coating on quality of pineapple cv. 'Nang-Lae and Poo-Lae' was divided into 2 experiments. Experiment 1, studied effect of harvest time at 20, 22 and 24 weeks after fruit set and different molecular weight of low, medium and high on quality of pineapple cv. 'Nang-Lae'. The results showed that pineapples were harvested at 20 weeks after fruit set had the decreasing of firmness of shell slower than 22 and 24 weeks, respectively. Moreover, pineapples were harvested at 24 weeks had the total soluble solids higher than 22 and 20 weeks, respectively. For different molecular weight of chitosan, low molecular weight could delay the increasing of weight loss better than medium and high molecular weight.

Experiment 2, studied effect of different molecular weight of low, medium and high on quality of pineapple cv. 'Poo-Lae'. Data showed low molecular weight of chitosan could delay the increasing of weight loss and the decreasing of firmness of shell and flesh of pineapple better than medium and high molecular weight, respectively.

Keywords Pineapple/ Coating/ Chitosan/ Molecular Weight

สารบัญ

		หน้า
บทที่ 1	**บทนำ**	1
	1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
	1.2. วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	2
	1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการวิจัย	2
	1.4 ขอบเขตการศึกษา	2
	1.5 ระยะเวลาในการดำเนินงานวิจัย	2
	1.6 คณะนักวิจัย	2
บทที่ 2	**แนวคิดทฤษฎี และเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**	3
	2.1 สับปะรด	3
	2.2 การพัฒนาและการเจริญเติบโต	4
	2.3 ดัชนีการเก็บเกี่ยวผลสับปะรด	5
	2.4 องค์ประกอบทางเคมีของสับปะรด	7
	2.5 สับปะรดพันธุ์นางแล	8
	2.6 สับปะรดพันธุ์ภูแล	9
	2.7 การเคลือบผิว	9
	2.8 การเคลือบผิวด้วยไคซาน	11
	2.9 ผลของความสุกแก่ต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยว	14
บทที่ 3	**วิธีการดำเนินการวิจัย**	15
	3.1 การเตรียมวัสดุทดลอง	15
	3.2 การบันทึกผลการทดลอง	16
	3.3 สถานที่ทำการทดลอง	16
	3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	16
บทที่ 4	**ผลการศึกษาวิจัย**	17
	4.1 การทดลองที่ 1: ศึกษาผลของอายุการเก็บเกี่ยวและขนาดน้ำหนักโมเลกุลที่แตกต่างกันต่อคุณภาพของผลสับประรดพันธุ์นางแล	17
	4.2 การทดลองที่ 2: ศึกษาผลของขนาดน้ำหนักโมเลกุลที่แตกต่างกันต่อคุณภาพของผลสับประรดพันธุ์ภูแล	31

บทที่ 5	**สรุปและข้อเสนอแนะ**	39
	เอกสารอ้างอิง	40
	ภาคผนวก	44
	ประวัติคณะผู้วิจัย	48

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 2-1	ส่วนประกอบทางเคมีของผลสับปะรด	7

สารบัญภาพ

		หน้า
รูปที่ 2-1	ส่วนประกอบที่สำคัญของต้นสับปะรด	5
รูปที่ 4-1	การเปลี่ยนแปลงร้อยละการสูญเสียน้ำหนักสดของผลสับปะรดพันธุ์นางแล ที่เก็บเกี่ยวอายุ 20 สัปดาห์ (ก) 22 สัปดาห์ (ข) และ 24 สัปดาห์ (ค) และเคลือบผิวด้วยไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ กลาง และสูง	21
รูปที่ 4-2	การเปลี่ยนแปลงอัตราการหายใจของผลสับปะรดพันธุ์นางแลที่เก็บเกี่ยวอายุ 20 สัปดาห์ (ก) 22 สัปดาห์ (ข) และ 24 สัปดาห์ (ค) และเคลือบผิวด้วยไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ กลาง และสูง	22
รูปที่ 4-3	การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของเปลือกผลสับปะรดพันธุ์นางแล ที่เก็บเกี่ยวอายุ 20 สัปดาห์ (ก) 22 สัปดาห์ (ข) และ 24 สัปดาห์ (ค) และเคลือบผิวด้วยไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ กลาง และสูง	23
รูปที่ 4-4	การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของเนื้อผลสับปะรดพันธุ์นางแล ที่เก็บเกี่ยวอายุ 20 สัปดาห์ (ก) 22 สัปดาห์ (ข) และ 24 สัปดาห์ (ค) และเคลือบผิวด้วยไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ กลาง และสูง	24
รูปที่ 4-5	การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L*) ของเปลือกผลสับปะรดพันธุ์นางแล ที่เก็บเกี่ยวอายุ 20 สัปดาห์ (ก) 22 สัปดาห์ (ข) และ 24 สัปดาห์ (ค) และเคลือบผิวด้วยไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ กลาง และสูง	25

สารบัญภาพ (ต่อ)

		หน้า
รูปที่ 4-6	การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L*) ของเนื้อผลสับปะรดพันธุ์นางแล ที่เก็บเกี่ยวอายุ 20 สัปดาห์ (ก) 22 สัปดาห์ (ข) และ 24 สัปดาห์ (ค) และเคลือบผิวด้วยไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ กลาง และสูง	26
รูปที่ 4-7	การเปลี่ยนแปลงค่า b* ของเนื้อผลสับปะรดพันธุ์นางแล ที่เก็บเกี่ยวอายุ 20 สัปดาห์ (ก) 22 สัปดาห์ (ข) และ 24 สัปดาห์ (ค) และเคลือบผิวด้วยไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ กลาง และสูง	27
รูปที่ 4-8	การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ของผลสับปะรดพันธุ์นางแล ที่เก็บเกี่ยวอายุ 20 สัปดาห์ (ก) 22 สัปดาห์ (ข) และ 24 สัปดาห์ (ค) และเคลือบผิวด้วยไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ กลาง และสูง	28
รูปที่ 4-9	การเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซีของผลสับปะรดพันธุ์นางแล ที่เก็บเกี่ยวอายุ 20 สัปดาห์ (ก) 22 สัปดาห์ (ข) และ 24 สัปดาห์ (ค) และเคลือบผิวด้วยไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ กลาง และสูง	29
รูปที่ 4-10	การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลสับปะรดพันธุ์นางแล ที่เก็บเกี่ยวอายุ 20 สัปดาห์ (ก) 22 สัปดาห์ (ข) และ 24 สัปดาห์ (ค) และเคลือบผิวด้วยไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ กลาง และสูง	30
รูปที่ 4-11	การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผลสับปะรดพันธุ์ภูแล ที่เคลือบผิวด้วยไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ กลาง และสูง	34
รูปที่ 4-12	การเปลี่ยนแปลงอัตราการหายใจของผลสับปะรดพันธุ์ภูแล ที่เคลือบผิวด้วยไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ กลาง และสูง	34
รูปที่ 4-13	การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของเปลือกผลสับปะรดพันธุ์ภูแล ที่เคลือบผิวด้วยไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ กลาง และสูง	35
รูปที่ 4-14	การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของเนื้อผลสับปะรดพันธุ์ภูแล ที่เคลือบผิวด้วย ไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ กลาง และสูง	35
รูปที่ 4-15	การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L*) ของเปลือกผลสับปะรดพันธุ์ภูแล ที่เคลือบผิวด้วยไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ กลาง และสูง	36

สารบัญภาพ (ต่อ)

		หน้า
รูปที่ 4-16	การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L*) ของเนื้อผลสับปะรดพันธุ์ภูแล ที่เคลือบผิวด้วย ไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ กลาง และสูง	36
รูปที่ 4-17	การเปลี่ยนแปลงค่า b* ของเนื้อผลสับปะรดพันธุ์ภูแล ที่เคลือบผิวด้วยไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ กลาง และสูง	37
รูปที่ 4-18	การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ของผลสับปะรดพันธุ์ภูแล ที่เคลือบผิวด้วยไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ กลาง และสูง	37
รูปที่ 4-19	การเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซีของผลสับปะรดพันธุ์ภูแล ที่เคลือบผิวด้วยไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ กลาง และสูง	38
รูปที่ 4-20	การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลสับปะรดพันธุ์ภูแล ที่เคลือบผิวด้วยไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ กลาง และสูง	38

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

จังหวัดเชียงรายเป็นแหล่งเพาะปลูกผลิตผลทางการเกษตรที่สำคัญแห่งหนึ่งของประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสับปะรดพันธุ์นางแลและภูแลที่มีรสชาติหวาน หอม เป็นที่นิยมของผู้บริโภคภายในประเทศ แต่การขนส่งเพื่อไปจำหน่ายจังหวัดที่อยู่ห่างไกล หรือส่งเสริมเพื่อการส่งออกไปต่างประเทศยังประสบปัญหา เนื่องจากสับปะรดมีอายุการเก็บรักษาสั้น จึงทำให้มีคุณภาพไม่เป็นไปตามความต้องการของบริโภค

ทั้งนี้การเคลือบผิวจัดเป็นวิธีการปรับสภาพบรรยากาศภายในผลิตผลอย่างหนึ่ง ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับการเก็บรักษาในสภาพดัดแปลงบรรยากาศ โดยการเพิ่มปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และลดปริมาณก๊าซออกซิเจนภายในผลิตผล ส่งผลให้สามารถป้องกันการสูญเสียน้ำ ลดการหายใจ ชะลอการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมี และสามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นานยิ่งขึ้น (Paull และ Rohrbach, 1982; จริงแท้ 2541) ทั้งนี้ไคโตซานจัดเป็นสารเคลือบผิวจากธรรมชาติชนิดหนึ่งที่สามารถรับประทานได้ สามารถยืดอายุการเก็บรักษาในผักและผลไม้ได้หลายชนิด ซึ่งงานวิจัยก่อนหน้านี้คณะผู้วิจัยได้ศึกษาระดับความเข้มข้นของไคโตซานและอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่ออายุการวางจำหน่ายสับปะรดพันธุ์นางแลและภูแล พบว่า การเคลือบผิวสับปะรดด้วยไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 2 ร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส สามารถยืดอายุการวางจำหน่ายได้ดีที่สุด (นิรมลและเนตรา, 2547)

อย่างไรก็ตามนอกจากความเข้มข้นของไคโตซานแล้ว น้ำหนักโมเลกุลของไคโตซานนับว่ามีผลต่อการยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตผล เพราะน้ำหนักโมเลกุลที่แตกต่างกันของไคโตซานมีผลต่อคุณภาพ ทั้งนี้มาจากคุณสมบัติความหนืดของสารเคลือบผิว (viscosity) ที่แตกต่างกัน โดยคุณสมบัติควบคุมการแพร่ผ่านของฟิล์มจะลดลง เมื่อความหนืดเพิ่มขึ้น (Jianming และคณะ, 1997) นอกจากนี้ความบริบูรณ์หรือความสุกแก่ของผลิตผล ถือว่ามีความสำคัญ เพราะเป็นตัวกำหนดคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของผลิตผล (นิธิยาและดนัย, 2538) เพราะหากเก็บเกี่ยวผลิตผลไม่ถูกวัยแล้ว คุณภาพของผักและผลไม้ที่ได้ อาจไม่ได้คุณภาพตามความต้องการของผู้บริโภค (จริงแท้, 2541)

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงศึกษาอายุการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมของผลสับปะรดพันธุ์นางแล และน้ำหนักโมเลกุลที่เหมาะสมของไคโตซานต่อคุณภาพสับปะรดพันธุ์นางแลและภูแล

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

เพื่อศึกษาผลของอายุการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมของผลสับปะรดพันธุ์นางแล และการเคลือบผิวด้วยไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่างกัน ต่อการชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาของสับปะรดพันธุ์นางแลและภูแล

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1.3.1 ศึกษาอายุการเก็บเกี่ยวหลังจากติดผลที่ 20 22 และ 24 สัปดาห์ ร่วมกับการเคลือบผิวด้วยไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 2 แต่มีน้ำหนักโมเลกุลแตกต่างกันคือ น้ำหนักโมเลกุลต่ำ (83,000) กลาง (300,000) และสูง (700,000) ต่อคุณภาพของสับประรดพันธุ์นางแล

1.3.2 ศึกษาการเคลือบผิวด้วยไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 2 แต่มีน้ำหนักโมเลกุลแตกต่างกันคือ น้ำหนักโมเลกุลต่ำ (83,000) กลาง (300,000) และสูง (700,000) ต่อคุณภาพของสับประรดพันธุ์ภูแล

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการวิจัย

1.3.1 ทราบอายุการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมสำหรับการยืดอายุการเก็บรักษาผลสับปะรดพันธุ์นางแลร่วมกับการเคลือบผิวด้วยไคโตซาน

1.3.2 ทราบถึงระดับน้ำหนักโมเลกุลของไคโตซานที่เหมาะสมต่อคุณภาพของผลสับปะรดพันธุ์นางแลและภูแล

1.3.2 เป็นแนวทางในการเพิ่มมูลค่าผลิตผลสดทางการเกษตรของไทยและสามารถพัฒนาไปสู่การส่งออกผลไม้ไทย

1.5 ระยะเวลาในการดำเนินงานวิจัย

ธันวาคม 2547-พฤศจิกายน 2548

1.6 คณะนักวิจัย

นางสาวนิรมล สันติภาพวิวัฒนา	หัวหน้าโครงการ
นางสาวเนตรา สมบูรณ์แก้ว	ผู้ร่วมวิจัย

บทที่ 2
แนวคิดทฤษฎี และเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 สับปะรด

สับปะรดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย มีแหล่งกำเนิดอยู่ในทวีปอเมริกาใต้ สับปะรดมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Ananas comosus* (L.) Merr. ถูกจำแนกออกเป็น 2 สกุล (genus) คือ

1. สกุล Pseudananas มีลักษณะเป็นไม้ป่า ไม่นิยมปลูกเป็นการค้า ผลมีขนาดเล็กไม่มีตะเกียง (slip) แต่สร้างไหล (stolon) ที่บริเวณโคนต้น เนื้อผลมีสีขาวใส ในผลมีปริมาณน้ำตาลและกรดต่ำ

2. สกุล Ananas ที่ส่วนใหญ่นิยมปลูกเป็นการค้า สร้างตะเกียงที่บริเวณโคนผล แต่ไม่สร้างไหลที่โคนต้น สับปะรดในสกุลนี้มีหลายชนิด แต่ชนิดที่ปลูกเพื่อใช้รับประทานผลสด และเพื่อแปรรูป คือ *Ananas commosus* (L.) Merr.

พันธุ์สับปะรดที่ใช้ปลูกในประเทศไทยเพื่อการค้าแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม

1. กลุ่ม Cayenne เป็นกลุ่มที่นิยมปลูกในเขตร้อนทั่วโลกมากที่สุด ปลูกเพื่อบริโภคผลสดและใช้แปรรูปในอุตสาหกรรมอาหาร มีลักษณะขอบใบเรียบมีหนามเล็กน้อยที่ส่วนปลายใบ ผลมีขนาด 1.0-2.5 กิโลกรัม รูปร่างค่อนข้างเป็นทรงกระบอก เมื่อใกล้เก็บเกี่ยวเปลือกผลจะมีสีเขียวเข้มและเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเมื่อผลสุก ผลย่อยหรือตา (eye) ค่อนข้างแบนเรียบ เนื้อมีสีเหลือง มีเยื่อใยปานกลาง มีปริมาณกรดเฉลี่ย 0.3-0.7 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณน้ำตาล 12-16 บริกซ์ สับปะรดในกลุ่มนี้ในประเทศไทยได้แก่ พันธุ์ปัตตาเวียและนางแล

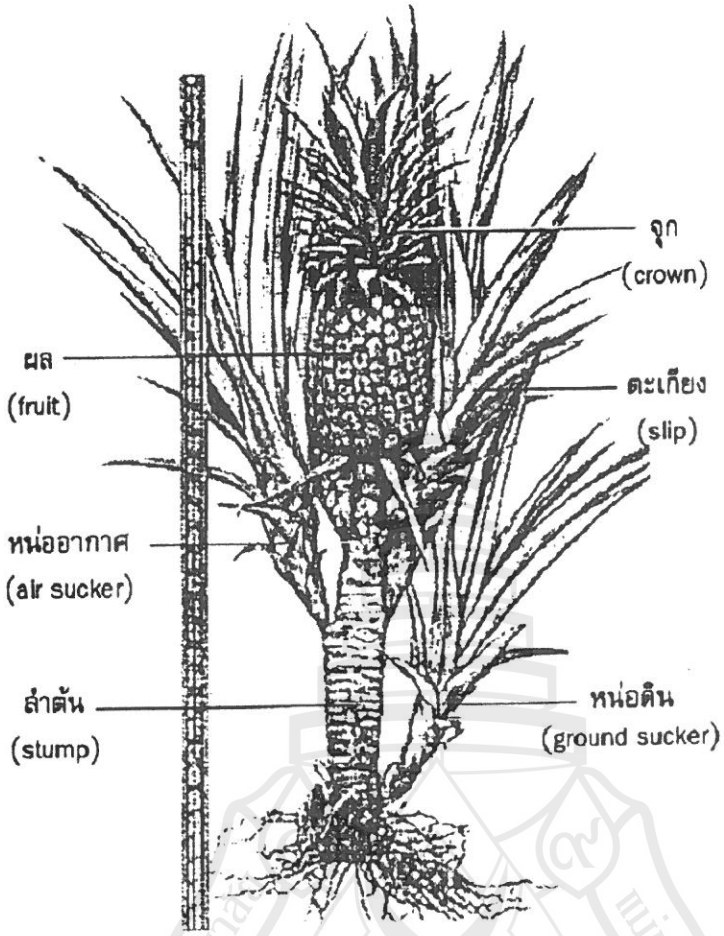
2. กลุ่ม Queen สับปะรดในกลุ่มนี้มีขนาดของต้นและผลเล็กกว่ากลุ่มแรกเล็กน้อย ใบมีสีเขียวอ่อน มีแถบสีชมพูบริเวณกลางใบ ขอบใบมีหนามเรียงชิดติดกันตลอดความยาวของกลางใบ ผลมีน้ำหนักประมาณ 1 กิโลกรัม รูปร่างแบบทรงกระบอก ตาค่อนข้างนูน เปลือกหนา เมื่อสุกเปลือกผลจะมีสีเหลือง เนื้อข้างในมีสีเหลืองเข้ม รสหวานกรอบ มีเยื่อใยน้อย มีกลิ่นหอม แกนผลอ่อนนุ่มกว่าพันธุ์ปัตตาเวีย ตัวอย่างสับปะรดนี้ได้แก่ พันธุ์ภูเก็ต

3. กลุ่ม Spannish สับปะรดในกลุ่มนี้มีขนาดของต้นและผลอยู่ระหว่างกลางของ Cayenne และ Queen ใบบางกว่าพันธุ์ปัตตาเวีย ขอบใบมีหนามแหลมรูปโค้งงอ ผลมีรูปร่างกลมน้ำหนักเฉลี่ย 1.0-1.5 กิโลกรัม ตานูน ขนาดของตาใหญ่กว่าพวก Cayenne เนื้อในมีสีเหลืองจางและมีปริมาณเยื่อใยสูง แกนผลเหนียว กลิ่นและรสแตกต่างออกไปจาก Cayenne และ Queen ตัวอย่างสับปะรดพันธุ์นี้ได้แก่พันธุ์อินทรชิต และพันธุ์ขาว (จินดารัฐ และนรุณ, 2547)

2.2 การพัฒนาและการเจริญเติบโต

การพัฒนาของผลสับปะรดเกิดขึ้นได้โดยไม่ต้องมีการผสมเกสร (Parthenocarpy) การผสมตัวเองเกิดขึ้นไม่ได้ เนื่องจากหลอดเกสรตัวผู้ในดอกสับปะรดต้นเดียวกันไม่สามารถเจริญผ่านเกสรตัวเมียไปจนถึงรังไข่ได้ สับปะรดเป็นผลไม้ประเภทผลรวม (Multiple fruit) ซึ่งเกิดจากการเชื่อมติดกันของผนังรังไข่และส่วนประกอบของดอกย่อยที่เรียงตัวอยู่ติดกันบนแกนกลางของช่อดอก โดยส่วนบนสุดของผลเป็นกลุ่มของใบซึ่งเจริญไปพร้อม ๆ กับผลและพัฒนาเป็นจุกต่อไป แกนกลางของจุกและผลสับปะรดเป็นส่วนที่เจริญต่อเนื่องมาจากเนื้อเยื่อเจริญที่ปลายยอดของต้นสับปะรด ผลสับปะรดถ้ามีขนาดใหญ่จะมีรูปร่างเป็นแบบกรวย (Conical) คือส่วนโคนมีความกว้างมากกว่าส่วนปลายผล ถ้าผลมีขนาดกลางมักจะมีรูปร่างแบบทรงกระบอก (Cylindrical) คือส่วนโคน ส่วนกลางและส่วนปลายผลมีความกว้างใกล้เคียงกัน และถ้าผลมีขนาดเล็กมักจะมีรูปร่างเป็นแบบทรงกลม (Spherical) คือส่วนกลางของผลมีความกว้างมากกว่าส่วนโคนและส่วนปลาย และความยาวของผลใกล้เคียงกับความกว้าง ส่วนของจุกที่อยู่ส่วนบนของผลจะเจริญเติบโตไปพร้อมๆ กับผลจนถึงระยะที่ผลสับปะรดแก่เต็มที่จุกก็จะหยุดการเจริญเติบโตและเข้าสู่ระยะพักตัว ส่วนของจุกจะมีแกนกลางเป็นลำต้นเล็กๆ มีสารอาหารจำพวกแป้งสะสมอยู่และมีเนื้อเยื่อเจริญที่ปลายยอด ซึ่งเป็นส่วนต่อเนื่องมาจากแกนของผลและเป็นเนื้อเยื่อเจริญที่ปลายยอดของต้นสับปะรดต้นเดิม เมื่อแยกจุกออกจากผลและนำไปปลูกจะสามารถเจริญเติบโตเป็นสับปะรดต้นใหม่ได้ต่อไป ซึ่งส่วนประกอบที่สำคัญของต้นสับปะรดดังแสดงในรูปที่ 2.1 (จินดารัฐ, 2541)

ระยะเวลาการพัฒนาและการเจริญเติบโตของผลสับปะรดตั้งแต่เริ่มติดผลจนผลแก่เต็มที่พร้อมเก็บเกี่ยวได้ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม เช่น สภาพภูมิอากาศ สภาพพื้นที่ที่เป็นแหล่งปลูกและความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยหลังจากที่สับปะรดมีการสร้างช่อดอกแล้ว ช่อดอกจะมีการพัฒนาต่อเนื่องกันไปตามลำดับจนถึงระยะสุกแก่ โดยผลย่อยที่บริเวณส่วนล่างจะมีการพัฒนาก่อนและตามด้วยผลย่อยที่อยู่ถัดไป ซึ่งลักษณะการพัฒนาของผลสับปะรดนี้ทำให้ส่วนต่างๆ ของผลมีระดับการพัฒนาไม่เท่ากัน เมื่อถึงระยะที่ส่วนโคนผลสุกแก่ ส่วนปลายผลอาจยังไม่สุกเต็มที่ ทำให้เนื้อในแต่ละส่วนของผลสับปะรดมีลักษณะและคุณภาพแตกต่างกันตามระดับของการพัฒนา เช่น ความเข้มของสีเนื้อ ความหวานและปริมาณกรด เป็นต้น (จินดารัฐ, 2541) การเจริญเติบโตของผลและส่วนประกอบอื่นๆ เช่น แกนผล ผลย่อย และเปลือกเป็นการเจริญเติบโตแบบ Autocatalytic monomolecular reaction หรือแบบ Sigmoid curve (Barthomew และ Paull, 1986)



รูปที่ 2-1 ส่วนประกอบที่สำคัญของต้นสับปะรด

(http://prachuap.doae.go.th/pineappleforprachuap/sareravittaya.files/sareravittaya.htm)

2.3 ดัชนีการเก็บเกี่ยวผลสับปะรด

สับปะรดเป็นผลไม้ประเภท Non-climacteric มีอัตราการหายใจต่ำมากในระยะเก็บเกี่ยว คล้ายกับส้ม มะนาว เงาะ และลิ้นจี่ ซึ่งไม่สามารถนำมาบ่มให้สุกได้ จึงเป็นสาเหตุให้เกิดปัญหาด้านคุณภาพของสับปะรด ทั้งนี้เนื่องจากสับปะรดในแปลงจะสุกไม่พร้อมกัน แต่จะทยอยกันสุกในช่วงระยะเวลา 3-5 สัปดาห์ ทำให้ต้องทำการเก็บเกี่ยว 3-4 ครั้งจึงจะหมดแปลง (จารุพันธ์, 2526) เมื่อผลสับปะรดเจริญเติบโตถึงระยะเก็บเกี่ยวสีของเปลือกผลจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลือง เนื้อผลจะเปลี่ยนจากสีขาวเป็นสีเหลือง ในบางฤดูผลสับปะรดอาจจะสุกพร้อมที่จะเก็บเกี่ยวได้แล้วโดยเนื้อภายในผลอาจจะสุกไปแล้วมากกว่าร้อยละ 50 แต่สีของเปลือกยังเป็นสีเขียวเช่นเดิมไม่เปลี่ยนเป็นสีเหลือง การจะดูว่าผลสับปะรดพร้อมที่จะเก็บเกี่ยวได้หรือยังจึงดูจากสีเปลือกเพียงอย่างเดียวไม่ได้ แต่ต้องพิจารณาร่วมกับลักษณะอื่นๆ ประกอบกันไปด้วย (จินดารัฐ, 2541) ดังนี้

2.3.1 ลักษณะภายนอกของผล

ลักษณะภายนอกของผล เช่น สีของเปลือกจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลืองหรือสีส้ม กลีบเลี้ยงเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีส้มหรือน้ำตาลอมแดง ตาของผลย่อยจะแบนราบ สีของตาเหลืองไม่น้อยกว่าร้อยละ 90 แต่ตาจะมีสีส้มไม่เกินร้อยละ 20 ผลมีขนาดโตเต็มที่ ก้านผลเหี่ยวตามแนวยาวและเป็นร่อง ผลมีความแข็งแรงลดลงและมีกลิ่นหอม (จารุพันธ์, 2526; สายชล, 2528)

2.3.2 การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมี

ผลสับปะรดเมื่อแก่จัดจะมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และความเป็นกรดเพิ่มขึ้นมากกว่าผลที่ยังอ่อน นอกจากนี้จะมีปริมาณน้ำตาลซูโครส และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเพิ่มขึ้นสูงสุด และมีปริมาณคงที่จนกว่าผลสับปะรดจะเริ่มเสื่อมสภาพ (จารุพันธ์, 2526)

2.3.3 การนับระยะเวลา

อายุของผลนับจากวันที่เริ่มแทงช่อดอกถึงผลดิบจะมีอายุน้อยกว่า 120 วัน ผลแก่ไม่จัดมีอายุ 120-150 วัน ผลแก่จัดมีอายุ 150-165 วัน และระยะผลเริ่มเสื่อมสภาพเมื่อมีอายุมากกว่า 165 วัน (จารุพันธ์, 2526)

2.3.4 ความถ่วงจำเพาะ

การวัดความถ่วงจำเพาะเป็นวิธีที่สามารถคัดสับปะรดให้มีระยะความสุกเท่าๆ กัน และเป็นวิธีที่ดีที่สุด ซึ่งให้ผลแน่นอน โดยมีหลักการคือ สับปะรดที่ลอยน้ำจะสุกน้อยกว่าสับปะรดที่จมน้ำ และสับปะรดที่จมในสารละลายเกลือร้อยละ 3 จะสุกมาก (Smith, 1984)

ส่วนใหญ่ในการเก็บเกี่ยวสับปะรดเกษตรกรจะอาศัยความชำนาญ ใช้การสังเกตจากสีของเปลือกเพียงอย่างเดียว การเก็บเกี่ยวสับปะรดระยะใดขึ้นกับระยะเวลาการเก็บรักษา การเก็บเกี่ยวเพื่อรับประทานผลสดในประเทศจะเก็บเกี่ยวเมื่อมีตาสีเหลืองร้อยละ 90 ตามีสีส้มไม่เกินร้อยละ 20 การเก็บเกี่ยวเพื่อรับประทานสดเพื่อส่งตลาดต่างประเทศ ผลสับปะรดควรจะมีตาสีเขียวทุกตาหรือมีตาสีเหลืองได้ไม่เกินร้อยละ 20 (โดยเฉพาะการส่งออกทางเรือ) ทั้งนี้เพราะสับปะรดที่สุกเกินไปจะเก็บในอุณหภูมิต่ำได้ไม่นาน จะเกิดอาการผิดปกติทางสรีระ เช่น เกิดอาการไส้สีน้ำตาล ซึ่งทำให้คุณภาพการบริโภคไม่ดี ถ้าเกิดมากจะไม่สามารถรับประทานได้ ในกรณีที่ส่งออกทางเครื่องบิน สามารถเก็บเกี่ยวเมื่อผลมีความแก่ร้อยละ 50 (จินดารัฐ, 2541)

2.4 องค์ประกอบทางเคมีของสับปะรด

สับปะรดเมื่อแก่จะมีรสหวานอมเปรี้ยว ผลสับปะรดสดประกอบด้วยน้ำร้อยละ 80-85 สารอาหารหลักที่พบในสับปะรดคือ คาร์โบไฮเดรต ซึ่งเป็นน้ำตาลร้อยละ 12-15 ประกอบด้วย น้ำตาลซูโครส น้ำตาลกลูโคส และน้ำตาลฟรุกโตส (Gonzalez และคณะ, 1999) มีแป้งเป็นส่วนประกอบน้อยกว่าร้อยละ 0.002 ของน้ำหนัก นอกจากนี้ผลสับปะรดยังมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 0.4 และไขมันร้อยละ 0.1 สำหรับกรดอินทรีย์มีปริมาณร้อยละ 0.6 โดยกรดอินทรีย์ที่สำคัญในสับปะรดมี 2 ชนิด คือ กรดซิตริก และกรดมาลิก (Dull, 1971; Smith, 1984) องค์ประกอบทางเคมีของสับปะรดจะขึ้นอยู่กับช่วงระยะเวลาการสุก และสภาพแวดล้อมขณะปลูก เช่น การบำรุงดูแลรักษา (Salvi และ Raiput, 1995) สำหรับส่วนประกอบทางเคมีของผลสับปะรดแสดงในตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 ส่วนประกอบทางเคมีของผลสับปะรด

ส่วนประกอบทางเคมี	ร้อยละ (น้ำหนักสด)
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้	10.8-17.5
น้ำตาลซูโครส	5.9-12.0
น้ำตาลกลูโครส	1.0-3.2
น้ำตาลฟรุกโตส	0.6-2.3
เซลลูโลส	0.43-0.54
เพกติน	0.06-0.16
ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (กรดซิตริก)	0.6-1.62
กรดซิตริก	0.32-1.22
กรดมาลิก	0.1-0.47
กรดออกซาลิก	0.005
เถ้า	0.30-0.42
น้ำ	81.2-86.2
เส้นใย	0.30-0.61
ไนโตรเจน	0.045-0.115
สารสี (ppm ของแคโรทีน)	0.2-2.5
แคโรทีน (mg)	0.13-0.29
แซนโธฟิล (mg)	0.03
เอสเทอร์ (ppm)	0.2-2.5

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ส่วนประกอบทางเคมี	ร้อยละ (น้ำหนักสด)
วิตามิน (μg/100g น้ำหนักสด)	
กรดโฟลิก	2.5-4.8
ไนอาซีน	200-800
ไธอามีน	69-125
ไรโบฟลาวิน	20-88
วิตามินบี 6	10-140
วิตามินซี	10-25

ที่มา : Akamine, 1976

2.5 สับปะรดพันธุ์นางแล

สับปะรดนางแล หรือสับปะรดพันธุ์น้ำผึ้ง กลุ่มสายพันธุ์ยาเคน เป็นพันธุ์ย่อยของพันธุ์ปัตตาเวียเพราะมีลักษณะ ต้น ใบและดอก คล้ายกัน การตั้งชื่อ "สับปะรดนางแล" เนื่องจากมีชาวบ้านนำพันธุ์สับปะรดมาจากประเทศสิงคโปร์เมื่อประมาณปี พ.ศ. 2480 มาปลูกในหมู่บ้านตำบลนางแล อำเภอเมือง จังหวัดเชียงรายเป็นครั้งแรก

ลักษณะของสับปะรดนางแล มีทรงพุ่มเล็กกว่าพันธุ์ปัตตาเวีย ขอบใบเรียบไม่มีหนามจะมีเฉพาะที่ปลายใบเล็กน้อย ผลมีรูปทรงกระบอก (ส่วนบนมีความกว้างเท่ากับ ส่วนล่างของผล ผลย่อยมีจำนวนน้อย และใหญ่กว่าพันธุ์ปัตตาเวีย) ตาของสับปะรดนางแลจะนูนโปนยื่นออกมาไม่ฝังลึก เนื้อจะมีรสหวานฉ่ำ สีเหลืองเข้มออกสีน้ำผึ้ง กลิ่นหอมเหมือนกลิ่นน้ำผึ้ง มีเยื่อใบต่ำ ขนาดของผลเฉลี่ยหนักตั้งแต่ 1-1.5 กิโลกรัม มีเปลือกบางไม่เหมาะสำหรับการขนส่งทางไกลเพราะอาจจะทำให้ผลช้ำได้ง่าย

2.5.1 ดัชนีการเก็บเกี่ยวสับปะรดนางแล

สีของผิว เมื่อเริ่มแก่สีจะเปลี่ยนจากสีเขียวอมม่วงแดงเป็นสีเขียว และสีของขนตาจะเริ่มเปลี่ยนจากสีชมพูม่วงเป็นสีน้ำตาลอ่อน (สีขนตาจะซีดลงและเริ่มเหี่ยว) สีผิวตาส่งเปลี่ยนเป็นสีเขียวอมเหลืองหรือเหลืองประมาณ 3-5 ตา ถ้าในฤดูหนาวอาจจะต้องรอสีตาล่างของผลเปลี่ยนเป็นสีเขียวอมเหลืองหรือเหลืองประมาณ 1 ใน 3 ของผล

ตาของสับปะรดนางแลจะสดใสและเต่งตึงโปนออกมา ก้านของสับปะรดจะเหี่ยวเป็นร่องเล็กๆ มองดูไม่ค่อยเห็น ใช้มือลูบหรือถูจะเห็นเป็นร่อง ใบรองผลจะเหี่ยว

สับปะรดนางแลจะมีคุณภาพดีตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนสิงหาคม จากนั้นจะเป็นสับปะรดที่บังคับให้ออกก่อนหรือหลังฤดูกาล ซึ่งคุณภาพจะต่ำ มีรสหวานอมเปรี้ยว การคัดเกรดตามคุณภาพสามารถดูได้จากการใช้นิ้วมือดีดแล้วฟังเสียง

2.5.2 การจัดชั้นคุณภาพแบ่งออกเป็น 3 เกรด คือ

เกรดเอ หรือน้ำหนึ่ง สับปะรดนางแลมีเนื้อแน่น เส้นใยต่ำ รสชาติหวานจัด ฉ่ำ เนื้อสีน้ำผึ้ง กลิ่นหอม ใช้นิ้วดีดที่ผลเสียงจะดังแน่นยิ่งเสียงดังค่อยเท่าไหร่คุณภาพยิ่งดี

เกรดบี หรือน้ำสอง สับปะรดนางแลมีรสชาติหวานอมเปรี้ยวนิดๆ เนื้อสีเหลืองไพร การ ใช้นิ้วดีดที่ผลเสียงไม่แน่น

เกรดซี หรือน้ำสาม สับปะรดนางแลเนื้อไม่ฉ่ำ เนื้อออกสีขาวอมเหลืองเล็กน้อย รสชาติอมหวาน (http://kanchanapisek.or.th/kp8/culture//////////chr/chr505.html)

2.6 สับปะรดพันธุ์ภูแล

สับปะรดภูแล คือสับปะรดที่เกิดมาจากสับปะรดพันธุ์ภูเก็ต ที่ปลูกในบริเวณตำนางแล อำเมือง จังหวัดเชียงราย ลักษณะเด่น คือ ผลมีขนาดเล็ก โดยเฉลี่ย 4-5 ผล/กิโลกรัม เนื้อสีเหลืองทองกรอบ รสหอมหวาน สามารถรับประทานได้ทั้งแกน (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ)

2.7 การเคลือบผิว

ผักและผลไม้โดยทั่วไปมีสารเคลือบผิวตามธรรมชาติ ทั้งนี้กระบวนการหลังการเก็บเกี่ยวทำให้สารเคลือบผิวบางส่วนหายไป ทำให้ผลิตผลสูญเสียน้ำได้ง่าย และสามารถแลกเปลี่ยนก๊าซได้มากขึ้น ดังนั้นวิธีการเคลือบผิวจึงมีวัตถประสงค์เพื่อลดการคายน้ำ ลดอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ ทำให้ผลิตผลหายใจได้ช้าลง นอกจากนี้ยังทำให้ผลิตผลเป็นมันวาว ดึงดูดผู้บริโภค

สารเคลือบผิวที่จำหน่ายทางการค้าโดยทั่วไปมักประกอบด้วยสารหลายชนิด อาทิ พาราฟินแวกซ์ (paraffin wax) ซึ่งเป็นสารที่ช่วยควบคุมการสูญเสียน้ำได้ดีมีความมันวาวน้อย ส่วนคาร์นูบาแวกซ์ (carnauba wax) เป็นสารเคลือบผิวที่ให้ความมันวาวดี แต่ควบคุมการสูญเสียน้ำได้น้อย ต่อมามีการพัฒนาสูตรที่ประกอบด้วยสารสังเคราะห์ประเภทพอลิเอทิลีน (polyethylene) และเรซินสังเคราะห์ (synthetic resin) ร่วมกับสารอิมัลซิไฟอิงเอเจนต์และสารลดแรงตึงผิว (นิธิยาและดนัย, 2538)

2.8.1 ไคโตซาน (Chitosan)

สารไคตินและไคโตซานเป็นวัสดุชีวภาพเกิดในธรรมชาติ จัดอยู่ในกลุ่มคาร์โบไฮเดรทผสมที่ประกอบด้วยอนุพันธ์ของน้ำตาลกลูโคสที่มีธาตุไนโตรเจนติดอยู่ ทำให้มีคุณสมบัติที่โดดเด่นและหลากหลาย มีประสิทธิภาพสูงในกิจกรรมชีวภาพและสามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ ดังนั้นจึงเป็นสารที่มีความปลอดภัย ในการใช้กับมนุษย์ สัตว์และสิ่งแวดล้อม สารไคตินและไคโตซานเป็นพอลิเมอร์ที่มีประจุบวก แต่มีคุณสมบัติพิเศษที่มีความสามารถทำปฏิกิริยาเคมีเชิงซ้อนได้อีกด้วยจึงทำให้ไคตินไคโตซานนี้มีลักษณะพิเศษในการนำมาใช้ดูดซับและจับตะกอนต่างๆ ในสารละลายแล้วนำกลับมาใช้ใหม่ได้ซึ่งเป็นการหมุนเวียนตามระบบธรรมชาติ

โครงสร้างทางเคมีของสารไคติน คล้ายคลึงกับเซลลูโลส คือเป็นเส้นใยที่ยาว แต่ที่แตกต่างกันคือ ไคตินจะประกอบด้วยอนุพันธ์ของน้ำตาลกลูโคสที่มีธาตุไนโตรเจน (ในรูปของหมู่อะซีโตมิโด " $NHCOCH_3$") เกาะอยู่ภายในโมเลกุลที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 2 ทำให้มีคุณสมบัติเฉพาะตัวในการเกิดปฏิกิริยากับสารอื่นๆ หลายๆ ชนิด โมโนเมอร์ของไคตินมีสูตรเคมี คือ $C_8H_{13}NO_5$ ประกอบด้วย C ร้อยละ 47.29 H ร้อยละ 6.45 N ร้อยละ 6.89 และ O ร้อยละ 39.37 พบได้ในเปลือกของสัตว์ เช่น กุ้ง ปู แกนปลาหมึก แมลง ตัวไหม หอยมุก และผนังเซลล์ของพวกรา ยีสต์ และจุลินทรีย์หลายชนิด

ไคตินเป็นโพลิเมอร์ที่เป็นสายยาวมีองค์ประกอบของหน่วยย่อยเป็นอนุพันธ์ของน้ำตาลกลูโคส มีชื่อว่า N-acetyl glucosamine ไคตินเป็นสารที่ละลายยากหรือไม่ค่อยละลาย ส่วนไคโตซานเป็นโพลิเมอร์ของหน่วยย่อยที่ชื่อว่า glucosamine ในธรรมชาติมีไคตินและไคโตซาน ประกอบอยู่ในโพลิเมอร์ที่เป็นสายยาวในสัดส่วนต่างๆ กัน ถ้ามีปริมาณของ glucosamine มากกว่า ร้อยละ 60 ขึ้นไป (นั่นคือมีปริมาณของ N-acetyl glucosamine น้อยกว่าร้อยละ 40 ลงมา) โพลิเมอร์นั้นจะละลายได้ในกรดอินทรีย์ต่างๆ นั้นหมายถึง มีปริมาณไคโตซาน มากกว่าร้อยละ 60 ฉะนั้นการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่ทำให้ไคตินเปลี่ยนไปเป็นไคโตซานซึ่งมีสูตรทางเคมีของโมโนเมอร์ คือ $C_6H_{11}NO_4$ โดยการลดลงของหมู่อะซิติล หรือเรียกว่า Deacetylation ขณะที่มีการลดลงของหน่วยย่อย N–acetyl glucosamine ย่อมมีการเพิ่มขึ้นของ glucosamine ในปริมาณที่เท่ากัน ซึ่งคือการเปลี่ยนแปลงไคตินให้เป็นไคโตซานนั่นเอง การจัดระดับของการ Deacetylation มีค่าร้อยละ หรือเรียกว่า Percent Deacetylation (ร้อยละของ DD) กล่าวคือเมื่อในโพลิเมอร์มีค่าร้อยละของ DD เกินกว่าร้อยละ 60 ขึ้นไป การละลายของไคโตซานในกรดอินทรีย์จะเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้เพราะการเพิ่มขึ้นของหมู่อะมิโนของ glucosamine ทำให้มีความสามารถในการรับโปรตอนจากสารละลายได้เพิ่มขึ้น ซึ่งช่วยให้การละลายดีขึ้น เพราะมีสมบัติเป็นประจุบวกเพิ่มขึ้น ดังนั้นไคโตซานจึงสามารถละลายได้ดีขึ้นในกรดต่างๆ เช่น กรดน้ำส้ม กรดแลกติก และกรดอินทรีย์อื่นๆ

คุณสมบัติที่สำคัญของสารโพลิเมอร์ชนิดนี้ คือ ไคตินโดยธรรมชาติไม่ละลายน้ำ และในสารอินทรีย์ทั่วไป ส่วนไคโตซานสามารถละลายได้ในกรดอินทรีย์หลายชนิด แล้วสามารถเปลี่ยนกลับคืนสภาพเดิมได้ ไคโตซานเป็นโพลิเมอร์ที่มีประจุบวก สารละลายมีลักษณะเหนียว ใส มีพฤติกรรมแบบ นอน-นิวโตเนียน (non-newtonian) สามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นเยื่อบางได้ตามธรรมชาติ มีลักษณะของพลาสติกใสและยืดหยุ่นได้ ดังนั้นไคโตซานสามารถขึ้นรูปได้หลายแบบ เช่น แผ่นเยื่อบาง เจล เม็ด เส้นใย คอลลอยด์และสารเคลือบผิว เป็นต้น ทั้งสารไคติน/ไคโตซาน สามารถดัดแปลงทางเคมีให้เป็นอนุพันธ์อื่นๆ ได้อีกมากมาย (สุวรี, 2543)

2.8 การเคลือบผิวด้วยไคซาน

การเปลี่ยนแปลงของผลสับปะรดหลังการเก็บเกี่ยวเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญอย่างหนึ่งที่มีผลต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษา ทั้งนี้เนื่องจากสับปะรดที่เก็บเกี่ยวมาแล้วยังคงมีชีวิต มีกระบวนการต่างๆ ที่ยังดำเนินอยู่ในเนื้อเยื่อของผลิตผล (Metabolic activities) เช่น การหายใจ การสูญเสียน้ำ นอกจากนั้นยังมีการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและชีวเคมีอื่นๆ เช่น การผลิตเอทิลีน การเปลี่ยนแปลงของสารประกอบคาร์โบไฮเดรต โปรตีน วิตามิน กรดอินทรีย์ ความแน่นเนื้อของผล สีของเนื้อและเปลือกเป็นต้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจะเกิดขึ้นช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับพันธุ์และสภาพแวดล้อมภายหลังการเก็บเกี่ยว (สายชล, 2528; El-Mir และคณะ, 2001) สับปะรดจัดเป็นผลไม้ประเภท Non-climacteric มีการเปลี่ยนแปลงอัตราการหายใจและการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีไม่มากนัก โดยมีอัตราการหายใจอยู่ในช่วง 22 mg.CO_2/kg.hr ที่อุณหภูมิ 23 องศาเซลเซียส มีการผลิตเอทิลีนเพิ่มสูงขึ้นแต่ไม่ถึงจุดสูงสุด (Ethylene climacteric) อย่างเห็นได้ชัด โดยสับปะรดจัดว่าเป็นผลไม้ที่มีการผลิตเอทิลีนต่ำในช่วง 0.1-1.0 μg /kg.hr (Paull, 1997)

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (TSS) ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก ในขณะที่ปริมาณกรดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย (จักรพงษ์, 2535) โดยปริมาณกรดจะเพิ่มขึ้นจากส่วนของแกนผล (4 meq/100 ml) ไปสู่ส่วนเนื้อ (10 meq/100 ml) (Paull, 1997) และค่า pH ภายในผลจะลดลงจาก 3.9 เป็น 3.7 ในผลที่สุกเต็มที่ (Dull, 1971) การเก็บรักษาสับปะรดที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส จะมีผลทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้และน้ำตาลเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย (Chen และ Paull, 1995; Paull, 1997) ส่วนปริมาณของ Ascorbic acid มีความแตกต่างกันไปตามพันธุ์ และผันแปรไปตามปริมาณแสงที่ได้รับ (Gortner และ Singleton, 1965)

ปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในสภาพบรรยากาศมีผลต่อการหายใจ การสร้างก๊าซเอทิลีน และกระบวนการออกซิเดชันต่างๆ เป็นต้น โดยสภาพที่มีปริมาณก๊าซออกซิเจนต่ำ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูง จะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผล ซึ่งสภาพการเก็บรักษา

ที่มีปริมาณออกซิเจนน้อย และ/หรือมีปริมาณกาซคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่าปกติเรียกว่า การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลง (Modified Atmosphere, MA) ปริมาณออกซิเจนในอากาศมีผลต่อการหายใจ การสร้างเอทิลีน และกระบวนการออกซิเดชัน ส่วนคาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้จากกระบวนการหายใจ หากมีมากเกินไปจะไปยับยั้งบางขั้นตอนของกระบวนการหายใจ และสามารถขัดขวางกระบวนการสังเคราะห์เอทิลีน ดังนั้นการเพิ่มปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์หรือลดปริมาณออกซิเจนสามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาออกไปได้ (จริงแท้, 2541) การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลงมีผลต่อคุณภาพด้านการบริโภคของผักและผลไม้ทั้งในด้านบวกและลบ นอกจากนี้ยังสามารถชะลอการสูญเสียกรดในผลไม้ได้ ผลสับปะรดที่เก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลง โดยใช้ถุงพลาสติกชนิด polyethylene สามารถชะลอการสลายสีเขียวในเปลือกสับปะรดได้ (Bartholomew และคณะ 2003)

การเก็บรักษาแบบควบคุมบรรยากาศ มีผลต่อการหายใจเป็น 3 ระดับ คือ การหายใจแบบใช้ก๊าซออกซิเจน ไม่ใช้ก๊าซออกซิเจน และทั้งสองแบบรวมกัน การหายใจแบบใช้ก๊าซออกซิเจนเกิดขึ้นเมื่อมีก๊าซออกซิเจนเพียงพอได้เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ส่วนการหายใจแบบไม่ใช้ก๊าซออกซิเจน เกิดขึ้นในบรรยากาศที่ไม่มีออกซิเจน ทำให้เกิดกระบวนการหมักมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และเอทิลแอลกอฮอล์เกิดขึ้น แต่ในสภาวะที่มีออกซิเจนต่ำ จะเกิดการหายใจทั้งสองแบบร่วมกันในสัดส่วนที่ผันแปรไปตามความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจน ทั้งนี้การที่ผลไม้เก็บรักษาในสภาพที่มีก๊าซออกซิเจนต่ำและคาร์บอนไดออกไซด์สูง มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องกับการหายใจ และอาจเกิดกลิ่นและรสชาติเปลี่ยนไป การสูญเสียคาร์โบไฮเดรตเนื่องมาจากการหายใจในบรรยากาศปกติของผลไม้จะเร็วกว่าในบรรยากาศที่มีก๊าซออกซิเจน 10 เปอร์เซ็นต์ ประมาณ 1.2-1.4 เท่า และในบรรยากาศที่ไม่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะเร็วกว่าในบรรยากาศที่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 10 เปอร์เซ็นต์ ประมาณ 1.35-1.55 เท่า ดังนั้น ผลไม้ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำจะมีอัตราการหายใจสูงกว่าผลไม้ที่เก็บรักษาแบบควบคุมบรรยากาศ การที่ออกซิเจนลดลง อาจทำให้เกิดการสังเคราะห์ ATP ลดลงด้วย นอกจากนี้การเพิ่มก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ อาจทำให้การสังเคราะห์กรดอะมิโนบางชนิดที่จำเป็นต่อการสังเคราะห์เอนไซม์เฉพาะบางชนิดเกิดได้ช้าลง หรืออาจทำให้การสลายตัวของสารระงับกิจกรรมของเอนไซม์เกิดช้าลง ซึ่งมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง Metabolic Pathway นอกจากนี้การเก็บรักษาแบบควบคุมบรรยากาศซึ่งมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงกว่าปกติ สามารถชะลอการลดลงของกรดอินทรีย์ (นิธิยาและคนัย, 2538)

สถิต (2543) รายงานว่าสารเคลือบผิวสามารถป้องกันการซึมผ่านก๊าซออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำผ่านเข้า-ออกของผลิตผล ลดการหายใจและคงความแน่นเนื้อได้ ความหนาของสารเคลือบผิวมีผลต่อการสูญเสียน้ำหนัก พบว่าสารเคลือบผิวที่มีความเข้มข้นสูง จะทำให้การสูญเสียน้ำหนักเกิดขึ้นน้อยและมีการซึมผ่านก๊าซออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำเข้า-ออกจากผลิตผลได้ต่ำกว่าสารเคลือบผิวที่มีความเข้มข้นต่ำ ในปี 1996 Le และ Tran ศึกษาการใช้ไคโตซานเคลือบผิวส้ม พบว่าไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1.6 และ 1.8 จะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาส้มได้นาน 35 ถึง 40 วัน ส่วนในผลลำไย ไคโตซานสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพด้านการบริโภค รวมถึงลดอัตราการหายใจ และการสูญเสียน้ำหนักได้ ทั้งนี้การเคลือบผิวด้วยไคโตซานจะขัดขวางการแลกเปลี่ยนก๊าซบริเวณผิว จึงเป็นผลทำให้เกิดการลดการใช้ออกซิเจน (Jiang และ Li, 2001) นอกจากนี้ผลสตรอเบอรี่ที่เคลือบผิวด้วยไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1.5 สามรถลดการสูญเสียน้ำและการเหี่ยวได้ เนื่องจากคุณสมบัติการเป็นฟิล์มเคลือบผิว (Hernandes-Munoz และคณะ, 2006) ส่วนในผลลิ้นจี่ที่เคลือบผิวด้วยไคโตซาน พบว่าสามารถชะลอการลดลงของปริมาณแอนโธไซยานินในเปลือก ชะลอการเปลี่ยนแปลงสีและคุณภาพด้านบริโภค (Jiang และคณะ, 2005) เช่นเดียวกับพืชตระกูลส้มที่เคลือบผิวด้วยไคโตซาน สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราและรักษาลักษณะปรากฏภายนอกได้ (Galed, และคณะ, 2004) นอกจากนี้ในผลลิ้นจี่ที่แกะเปลือกและเคลือบด้วยไคโตซานพบว่า สามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักและการลดลงของคะแนนการประเมินทางประสาทสัมผัส (Dong, 2004) ส่วนในลูกพีช ลูกแพรญี่ปุ่น และผลกีวี พบว่าไคโตซานสามารถลดอัตราการหายใจ และน้ำหนักโมเลกุลที่แตกต่างกันของไคโตซานมีผลต่อคุณภาพทั้งนี้มาจากคุณสมบัติความหนืดของสารเคลือบผิว (viscosity) ที่แตกต่างกัน โดยคุณสมบัติควบคุมการแพร่ผ่านของฟิล์มจะลดลง เมื่อความหนืดเพิ่มขึ้น (Jianming และคณะ, 1997) สำหรับน้ำหนักโมเลกุลของไคโตซาน Chen และ Hwa (1996) รายงานงานไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำมีคุณสมบัติการเลือกผ่านสูงกว่าที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง

นอกจากนี้ในมะม่วงตัดแต่งพร้อมบริโภคที่เคลือบผิวด้วยไคโตซานพบว่า สามารถชะลอการสูญเสียน้ำ ชะลอการเพิ่มขึ้นของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไตเตรตได้ และปริมาณวิตามินซี ซึ่งการใช้ไคโตซานเพื่อเคลือบผิวให้ผลในการรักษาคุณภาพและยืดอายุการวางจำหน่าย (Chien และคณะ, 2007) ในปี 2008 Meng และคณะ รายงานว่า การพ่นไคโตซานก่อนการเก็บเกี่ยวและเคลือบผิวด้วยไคโตซานหลังการเก็บเกี่ยว สามารถลดการสูญเสียน้ำหนักของผลอุ่นที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซียสได้ นอกจากนี้ผลอุ่นที่มีความสุกแก่เพิ่มขึ้นจะมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้นด้วย ในขณะที่ปริมาณกรดที่ไตเตรตได้จะมีปริมาณลดลงเมื่อผลอุ่นมีความสุกแก่มากขึ้น ทั้งนี้ชุดการทดลองที่ได้รับไคโตซานจะมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มสูงขึ้น

และมีอัตราของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไตเตรตได้ลดลง เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ซึ่งมีความสัมพันธ์กับการที่องุ่นมีอัตราการหายใจลดลงเนื่องจากการเคลือบผิวด้วยไคโตซาน ในผลส้ม (*Murcott tangor*) ที่เคลือบด้วยไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำสามารถรักษาความแน่นเนื้อ ปริมาณกรดที่ไตเตรตได้ ปริมาณวิตามินซี ของผลส้มที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียสได้ (Chien และคณะ, 2007a) และการเคลือบผิวแก้วมังกรตัดแต่งพร้อมบริโภคด้วยไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ พบว่าสามารถรักษาคุณภาพและยืดอายุการวางจำหน่ายได้ โดยลดการสูญเสียน้ำ รักษาปริมาณกรดที่ไตเตรตได้ ปริมาณวิตามินซี และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Chien และคณะ, 2007b)

2.9 ผลของความสุกแก่ต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยว

ความบริบูณ์ทางสรีรวิทยา (Physiologically mature) หมายถึงช่วงหรือวัยของพืช (หรือส่วนของพืชสวน) ที่แม้ว่าจะตัดออกจากต้นแล้วก็ยังสามารถเจริญไปเหมือนกับที่ยังอยู่บนต้นได้ ในทางพืชสวนผักและผลไม้ถูกเก็บเกี่ยวในวัยต่างๆ ตามความต้องการของผู้บริโภค ซึ่งวัยที่เหมาะสมสำหรับการเก็บเกี่ยวนี้เรียกว่าเป็นวัยที่มีความบริบูรณ์เช่นกัน แต่เป็นความบริบูรณ์ทางพืชสวน (Horticultural maturity) ความบริบูรณ์ทางพืชสวนนี้วัยของพืช (หรือส่วนของพืช) ได้พัฒนามาถึงระยะที่มีความเหมาะสมกับการบริโภคตามความต้องการเฉพาะกรณีของผู้บริโภค การพิจารณาว่าผัก ผลไม้ หรือดอกไม้ได้เจริญมาถึงระยะหรือวัยที่จะเก็บเกี่ยวได้หรือยัง หรือมีความบริบูรณ์ทางพืชสวนหรือยังนั้นเป็นเรื่องสำคัญมาก เพราะในระหว่างการเจริญเติบโตถึงแม้ว่าจะมีการดูแลบำรุงรักษาดีเพียงใด หากเก็บไม่ถูกวัยแล้ว คุณภาพผลิตผลที่ได้อาจไม่ได้คุณภาพตามความต้องการของผู้บริโภค การพิจารณาในเรื่องนี้ต้องมีหลักเกณฑ์หรือเครื่องบ่งชี้หรือเรียกกันว่า ดัชนีความบริบูรณ์ (Maturity index) ถ้าใช้เพื่อเก็บเกี่ยวเรียกว่า ดัชนีการเก็บเกี่ยว (Harvesting index) (จริงแท้, 2541) นอกจากนี้ความบริบูรณ์หรือความสุกแก่ของผลิตผลเป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดส่วนประกอบทางเคมีและอายุการเก็บรักษาของผักและผลไม้ (นิธิยา และ ดนัย, 2538)

ในปี 2008 Guerra และ Casquero รายงานว่า ผลพลัมพันธุ์ Green Gage ที่เก็บเกี่ยวในระยะที่มีความสุกแก่น้อยและสุกแก่มาก ร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ พบว่า ผลที่มีความสุกแก่น้อยจะมีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าผลที่มีความสุกแก่มาก อย่างไรก็ตามผลพลัมที่มีความสุกแก่น้อยจะมีคุณภาพด้อยกว่าผลที่มีความสุกแก่มาก ทั้งนี้เนื่องจากมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่ำ และมีปริมาณกรดที่ไตเตรตได้สูง (Abdi และคณะ, 1997) เช่นเดียวกับผลมะเขือเทศที่เก็บเกี่ยวในระยะ mature green สามารถรักษาคุณภาพในระหว่างการวางจำหน่ายได้ดีกว่าการเก็บเกี่ยวที่มีความสุกแก่มากกว่า (Getinet และคณะ, 2008)

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การเตรียมวัสดุทดลอง

3.1.1 การเตรียมวัสดุทดลอง

สับประรดพันธุ์นางแลและภูแลที่ใช้ในการทดลอง นำมาจากตำบลนางแล จังหวัดเชียงราย โดยสับปะรดพันธุ์นางแลถูกเก็บเกี่ยวที่อายุ 20 22 และ 24 สัปดาห์หลังจากติดผล ส่วนพันธุ์ภูแลถูกเก็บเกี่ยวที่ 20 สัปดาห์หลังจากติดผล (ระยะที่มีความสุกแก่ทางการค้า) หลังจากนั้นสับปะรดจะถูกคัดให้มีขนาดเท่ากัน ปราศจากตำหนิ และล้างด้วยน้ำสะอาด เป่าให้แห้ง ก่อนนำมาจุ่มในสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 2 หลังจากนั้นตากให้แห้ง ก่อนนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส

3.1.2 การทดลองที่ 1: ศึกษาผลของอายุการเก็บเกี่ยวและขนาดน้ำหนักโมเลกุลที่แตกต่างกันต่อคุณภาพของผลสับประรดพันธุ์นางแล

- วางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD มี 2 ปัจจัย
- ปัจจัยที่ 1 อายุการเก็บเกี่ยวของสับปะรดพันธุ์นางแลหลังจากติดผลที่ 20 22 และ 24 สัปดาห์
- ปัจจัยที่ 2 การเคลือบผิวด้วยไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ (83,000) กลาง (300,000) และสูง (700,000)

ในแต่ละชุดการทดลองมีทั้งหมด 4 ซ้ำ ทำการบันทึกผลทุก 3 วัน จนสิ้นสุดการทดลอง

3.1.3 การทดลองที่ 2: ศึกษาผลของขนาดน้ำหนักโมเลกุลที่แตกต่างกันต่อคุณภาพของผลสับประรดพันธุ์ภูแล

Treatment 1 ไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ

Treatment 2 ไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลปานกลาง

Treatment 3 ไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง

ในแต่ละชุดการทดลองมีทั้งหมด 4 ซ้ำ ทำการบันทึกผลทุกๆ 3 วัน จนสิ้นสุดการทดลอง

3.2 การบันทึกผลการทดลอง

3.2.1 การสูญเสียน้ำหนักสด

3.2.2 อัตราการหายใจ

3.2.3 การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของเปลือกและเนื้อของผลสับปะรด

3.2.4 การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและสีเนื้อของผลสับปะรด

3.2.5 ปริมาณกรดที่ไตเตรตได้

3.2.6 ปริมาณวิตามินซี

3.2.7 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

3.3 สถานที่ทำการทดลอง

อาคารปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ S4 มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ผลการทดลองด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% โดยวางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD (Completed Random Design) สำหรับการทดลองที่ 1 และ CRD สำหรับการทดลองที่ 2

บทที่ 4
ผลการศึกษาวิจัย

4.1 การทดลองที่ 1: ศึกษาผลของอายุการเก็บเกี่ยวและขนาดน้ำหนักโมเลกุลที่แตกต่างกันต่อคุณภาพของผลสับประรดพันธุ์นางแล

4.1.1 การสูญเสียน้ำหนัก อัตราการหายใจ และความแน่นเนื้อ

จากการศึกษาผลของอายุการเก็บเกี่ยวของสับปะรดพันธุ์นางแลหลังจากติดผลที่อายุ 20 22 และ 24 สัปดาห์ ร่วมกับการเคลือบผิวด้วยไคโตซานที่มีขนาดน้ำหนักโมเลกุลต่ำ กลาง และสูง ต่อการสูญเสียน้ำหนัก อัตราการหายใจ และความแน่นเนื้อ

ผลการทดลองพบว่า อายุการเก็บเกี่ยวของสับปะรดที่แตกต่างกัน ไม่มีผลต่อการสูญเสียน้ำหนัก แต่การเคลือบผิวด้วยไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่างกัน มีผลในการลดการสูญเสียน้ำหนักอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้ไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำสามารถลดการสูญเสียน้ำได้ดีที่สุด รองลงมาได้แก่ น้ำหนักโมเลกุลขนาดกลาง และสูงตามลำดับ ($P \leq 0.01$) (รูป 4-1) เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงอัตราการหายใจ พบว่า อายุการเก็บเกี่ยวของสับปะรดและขนาดน้ำหนักโมเลกุลที่แตกต่างกัน ไม่มีผลต่ออัตราการหายใจ อย่างไรก็ตามสับปะรดที่เคลือบผิวด้วยไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำและกลาง มีแนวโน้มอัตราการหายใจสูงกว่าน้ำหนักโมเลกุลสูง (รูป 4-2)

ส่วนผลของอายุการเก็บเกี่ยวของสับปะรดพันธุ์นางแล ร่วมกับการเคลือบผิวด้วยไคโตซานที่มีขนาดน้ำหนักโมเลกุลต่างกันต่อการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของเปลือกผลสับปะรด พบว่าอายุการเก็บเกี่ยวมีผลต่อความแน่นเนื้อของเปลือกอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.01$) โดยสับปะรดที่มีอายุ 24 สัปดาห์ มีความแน่นเนื้อของเปลือกต่ำกว่าผลสับปะรดที่มีอายุ 22 และ 20 สัปดาห์ ตามลำดับ ส่วนขนาดน้ำหนักโมเลกุลไม่มีความแตกต่างทางสถิติต่อการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของเปลือก อย่างไรก็ตามสับปะรดที่มีอายุการเก็บเกี่ยวที่ 20 สัปดาห์และเคลือบผิวด้วยไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ มีค่าความแน่นเนื้อสูงกว่าน้ำหนักโมเลกุลกลางและสูง (รูป 4-3) และเมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของเนื้อสับปะรดพันธุ์นางแล พบว่า อายุการเก็บเกี่ยวและน้ำหนักโมเลกุลของไคโตซาน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติต่อความแน่นเนื้อของเนื้อสับปะรด อย่างไรก็ตามผลสับปะรดที่มีอายุการเก็บเกี่ยวที่ 20 และ 22 สัปดาห์ และเคลือบผิวด้วยไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ มีแนวโน้มค่าความแน่นเนื้อของเนื้อสับปะรดสูงกว่าน้ำหนักโมเลกุลกลางและสูง (รูปที่ 4-4)

การเปลี่ยนแปลงของผลสับปะรดหลังการเก็บเกี่ยวเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญอย่างหนึ่งที่มีผลต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษา ทั้งนี้เนื่องจากสับปะรดที่เก็บเกี่ยวมาแล้วยังคงมีชีวิต มีกระบวนการต่างๆ ที่ยังดำเนินอยู่ในเนื้อเยื่อของผลิตผล (Metabolic activities) เช่น การหายใจ การสูญเสียน้ำ นอกจากนั้นยังมีการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและชีวเคมีอื่นๆ เช่น การผลิตเอทิลีน การเปลี่ยนแปลงของสารประกอบคาร์โบไฮเดรต โปรตีน วิตามิน กรดอินทรีย์ ความแน่นเนื้อของผล สีของเนื้อและเปลือกเป็นต้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจะเกิดขึ้นช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับพันธุ์และสภาพแวดล้อมภายหลังการเก็บเกี่ยว (สายชล เกตุษา, 2528; El-Mir และคณะ, 2001) สับปะรดจัดเป็นผลไม้ประเภท Non-climacteric มีการเปลี่ยนแปลงอัตราการหายใจและการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีไม่มากนัก โดยมีอัตราการหายใจอยู่ในช่วง 22 mg.CO_2/kg.hr ที่อุณหภูมิ 23 องศาเซลเซียส มีการผลิตเอทิลีนเพิ่มสูงขึ้นแต่ไม่ถึงจุดสูงสุด (Ethylene climacteric) อย่างเห็นได้ชัด โดยสับปะรดจัดว่าเป็นผลไม้ที่มีการผลิตเอทิลีนต่ำในช่วง 0.1-1.0 µg /kg.hr (Paull, 1997)

ปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในสภาพบรรยากาศมีผลต่อการหายใจ การสร้างก๊าซเอทิลีน และกระบวนการออกซิเดชันต่างๆ เป็นต้น โดยสภาพที่มีปริมาณก๊าซออกซิเจนต่ำ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูง จะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผล ซึ่งสภาพการเก็บรักษาที่มีปริมาณออกซิเจนน้อย และ/หรือมีปริมาณกาซคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่าปกติเรียกว่า การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลง (Modified Atmosphere, MA) ปริมาณออกซิเจนในอากาศมีผลต่อการหายใจ การสร้างเอทิลีน และกระบวนการออกซิเดชัน ส่วนคาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้จากกระบวนการหายใจ หากมีมากเกินไปจะไปยับยั้งบางขั้นตอนของกระบวนการหายใจ และสามารถขัดขวางกระบวนการสังเคราะห์เอทิลีน ดังนั้นการเพิ่มปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์หรือลดปริมาณออกซิเจนสามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาออกไปได้ (จริงแท้, 2541)

4.1.2 การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและสีเนื้อ

จากการศึกษาผลของอายุการเก็บเกี่ยวของสับปะรดพันธุ์นางแล ร่วมกับการเคลือบผิวด้วยไคโตซานที่มีขนาดน้ำหนักโมเลกุลต่างกันต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างของเปลือกผลสับปะรด พบว่า ผลสับปะรดที่มีอายุการเก็บเกี่ยวที่ 24 สัปดาห์ มีแนวโน้มค่าความสว่างสูงกว่าการเก็บเกี่ยวที่อายุ 22 และ 20 สัปดาห์ อย่างไรก็ตามค่าความสว่างไม่มีความแตกต่างทางสถิติ และเมื่อพิจารณาที่ขนาดน้ำหนักโมเลกุล พบว่าไม่มีผลต่อค่าความสว่างของเปลือกผลสับปะรด (รูปที่ 4-5) และเมื่อพิจารณาผลของอายุการเก็บเกี่ยวร่วมกับการเคลือบผิวด้วยไคโตซานที่มีขนาดน้ำหนักโมเลกุลต่างกัน ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างของเนื้อผลสับปะรด พบว่า อายุการเก็บเกี่ยวและขนาดน้ำหนักโมเลกุล ไม่มีผลต่อค่าความสว่างของเนื้อผลสับปะรด (รูปที่ 4-6)

การพิจารณาผลของอายุการเก็บเกี่ยวของสับปะรดพันธุ์นางแล ร่วมกับการเคลือบผิวด้วยไคโตซานที่มีขนาดน้ำหนักโมเลกุลต่างกันต่อการเปลี่ยนแปลงค่า b* ของเนื้อผลสับปะรด ทั้งนี้ค่า b* ที่เป็นบวกจะแสดงถึงการเป็นสีเหลืองของเนื้อสับปะรด ในขณะที่ค่า b* ที่เป็นลบ จะแสดงถึงการเป็นสีน้ำเงิน จากผลการทดลองพบว่า อายุการเก็บเกี่ยวและน้ำหนักโมเลกุลของไคโตซานที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อค่า b* ของเนื้อสับปะรด (รูปที่ 4-7)

ไคโตซานเป็นสารเคลือบผิวที่เป็นโพลิเมอร์ที่มีประจุบวก สามารถละลายได้ในกรดอินทรีย์หลายชนิด สารละลายมีลักษณะเหนียว ใส สามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นเยื่อบางได้ ดังนั้นไคโตซานสามารถขึ้นรูปได้หลายแบบ เช่น แผ่นเยื่อบาง เจล เม็ด เส้นใย คอลลอยด์และสารเคลือบผิว เป็นต้น (สุวรี, 2543) การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลงมีผลต่อคุณภาพด้านการบริโภคของผักและผลไม้ทั้งในด้านบวกและลบ นอกจากนี้ยังสามารถชะลอการสูญเสียกรดในผลไม้ได้ ผลสับปะรดที่เก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลง โดยใช้ถุงพลาสติกชนิด polyethylene สามารถชะลอการสลายสีเขียวในเปลือกสับปะรดได้ (Bartholomew และคณะ, 2003)

4.1.3 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ ปริมาณวิตามินซี และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

จากการศึกษาผลของอายุการเก็บเกี่ยวของสับปะรดพันธุ์นางแลที่มีอายุการเก็บเกี่ยวที่ 20 22 และ 24 สัปดาห์ ร่วมกับการเคลือบผิวด้วยไคโตซานที่มีขนาดน้ำหนักโมเลกุลต่ำ กลาง และสูง ต่อเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ ปริมาณวิตามินซี และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

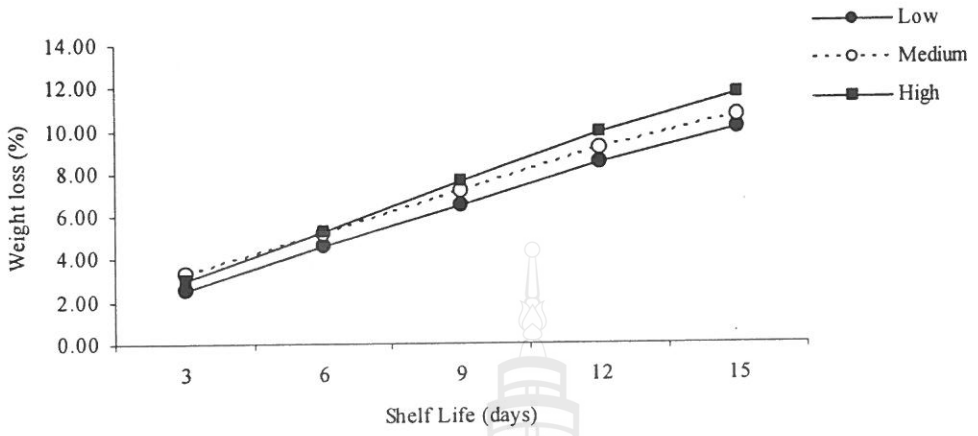
ผลการทดลองพบว่า อายุการเก็บเกี่ยวและน้ำหนักโมเลกุลของไคโตซานที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ของผลสับปะรดพันธุ์นางแล (รูปที่ 4-8) เช่นเดียวกับการเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซี ที่อายุการเก็บเกี่ยวและน้ำหนักโมเลกุลของไคโตซานที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซี อย่างไรก็ตามผลสับปะรดที่เก็บเกี่ยวที่อายุ 20 สัปดาห์ และเคลือบผิวด้วยไคโตซานที่มีขนาดน้ำหนักโมเลกุลต่ำ มีแนวโน้มปริมาณวิตามินซีสูงกว่าชุดการทดลองอื่น อย่างไรก็ตามผลการทดลองไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (รูปที่ 4-9)

เมื่อพิจารณาผลของอายุการเก็บเกี่ยวร่วมกับการเคลือบผิวด้วยไคโตซานที่มีขนาดน้ำหนักโมเลกุลที่แตกต่างกัน ต่อเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ พบว่า อายุการเก็บเกี่ยวมีผลต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยผลสับปะรดที่เก็บเกี่ยวที่ 24 สัปดาห์ มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงกว่าการเก็บเกี่ยวที่ 22 และ 20 สัปดาห์ ($P \leq 0.01$) ส่วนน้ำหนักโมเลกุลของไคโตซานที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลสับปะรดพันธุ์นางแล (รูปที่ 4-10)

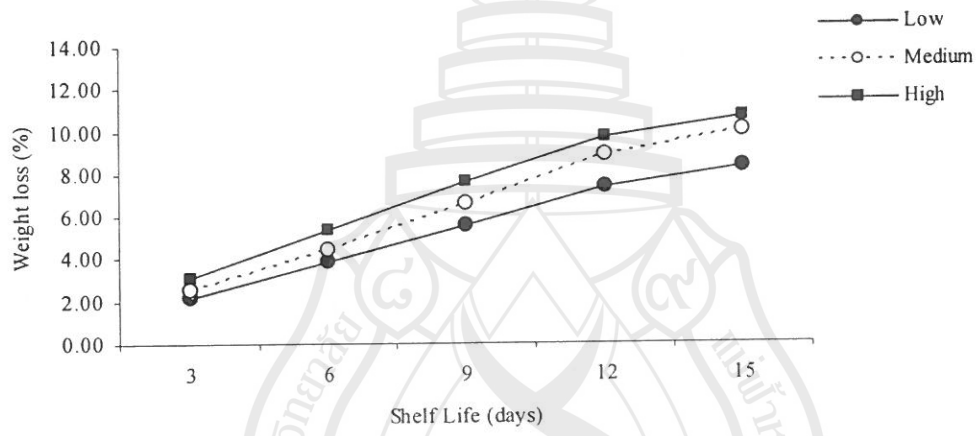
ในมะม่วงตัดแต่งพร้อมบริโภคที่เคลือบผิวด้วยไคโตซานพบว่า สามารถชะลอการสูญเสียน้ำ ชะลอการเพิ่มขึ้นของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไตเตรตได้ และปริมาณวิตามินซี ซึ่งการใช้ไคโตซานเพื่อเคลือบผิวให้ผลในการรักษาคุณภาพและยืดอายุการวางจำหน่าย (Chien และคณะ, 2007) ในปี 2008 Meng และคณะ รายงานว่า การพ่นไคโตซานก่อนการเก็บเกี่ยวและเคลือบผิวด้วยไคโตซานหลังการเก็บเกี่ยว สามารถลดการสูญเสียน้ำหนักของผลอุ่นที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซียสได้ นอกจากนี้ผลอุ่นที่มีความสุกแก่เพิ่มขึ้นจะมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้นด้วย ในขณะที่ปริมาณกรดที่ไตเตรตได้จะมีปริมาณลดลงเมื่อผลอุ่นมีความสุกแก่มากขึ้น ทั้งนี้ชุดการทดลองที่ได้รับไคโตซานจะมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มสูงขึ้น และมีอัตราของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไตเตรตได้ลดลง เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ซึ่งมีความสัมพันธ์กับการที่อุ่นมีอัตราการหายใจลดลงเนื่องจากการเคลือบผิวด้วยไคโตซาน ในผลส้ม (*Murcott tangor*) ที่เคลือบด้วยไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำสามารถรักษาความแน่นเนื้อ ปริมาณกรดที่ไตเตรตได้ ปริมาณวิตามินซี ของผลส้มที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียสได้ (Chien และคณะ, 2007a) และการเคลือบผิวแก้วมังกรตัดแต่งพร้อมบริโภคด้วยไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ พบว่าสามารถรักษาคุณภาพและยืดอายุการวางจำหน่ายได้ โดยลดการสูญเสียน้ำ รักษาปริมาณกรดที่ไตเตรตได้ ปริมาณวิตามินซี และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Chien และคณะ, 2007b)

นอกจากนี้ความบริบูรณ์หรือความสุกแก่ของผลิตผลเป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดส่วนประกอบทางเคมีและอายุการเก็บรักษาของผักและผลไม้ (นิธิยาและคนัย, 2538) ในปี 2008 Guerra และ Casquero รายงานว่า ผลพลัมพันธุ์ Green Gage ที่เก็บเกี่ยวในระยะที่มีความสุกแก่น้อยและสุกแก่มาก ร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ พบว่า ผลที่มีความสุกแก่น้อยจะมีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าผลที่มีความสุกแก่มาก อย่างไรก็ตามผลพลัมที่มีความสุกแก่น้อยจะมีคุณภาพด้อยกว่าผลที่มีความสุกแก่มาก ทั้งนี้เนื่องจากมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่ำ และมีปริมาณกรดที่ไตเตรตได้สูง (Abdi และคณะ, 1997) เช่นเดียวกับผลมะเขือเทศที่เก็บเกี่ยวในระยะ mature green สามารถรักษาคุณภาพในระหว่างการวางจำหน่ายได้ดีกว่าการเก็บเกี่ยวที่มีความสุกแก่มากกว่า (Getinet และคณะ, 2008)

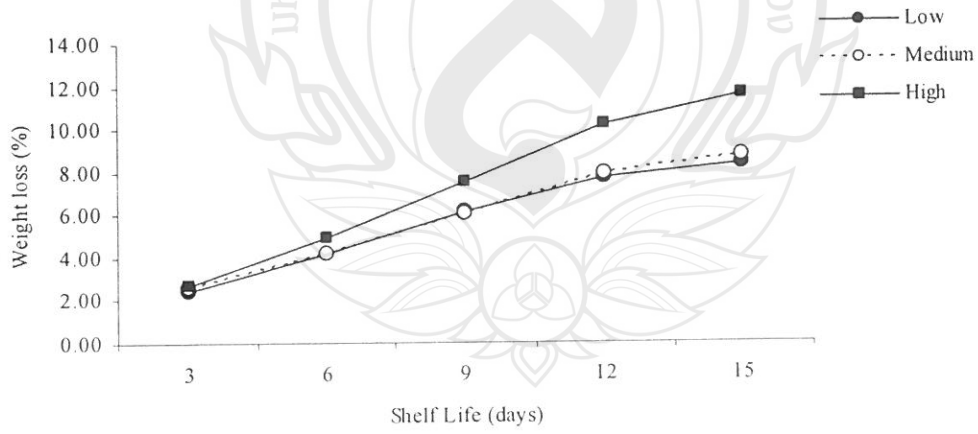
(ก)



(ข)

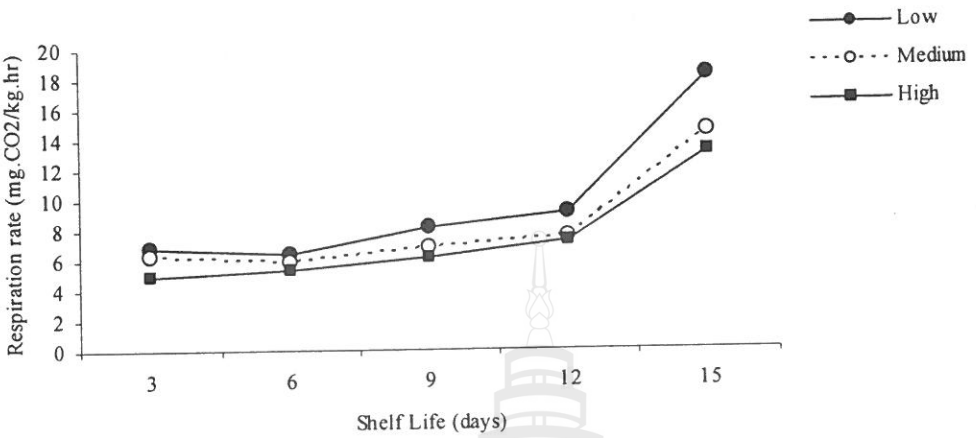


(ค)

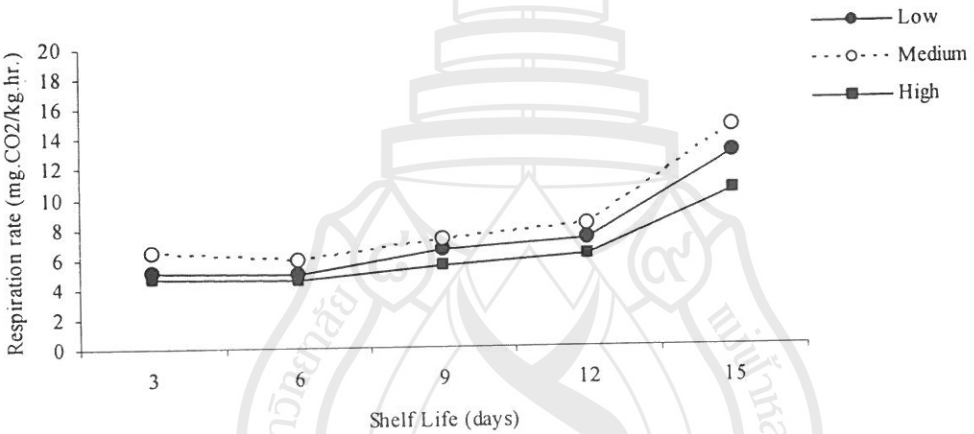


รูปที่ 4-1 การเปลี่ยนแปลงร้อยละการสูญเสียน้ำหนักสดของผลสับปะรดพันธุ์นางแล ที่เก็บเกี่ยวอายุ 20 สัปดาห์ (ก) 22 สัปดาห์ (ข) และ 24 สัปดาห์ (ค) และเคลือบผิวด้วยไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ กลาง และสูง

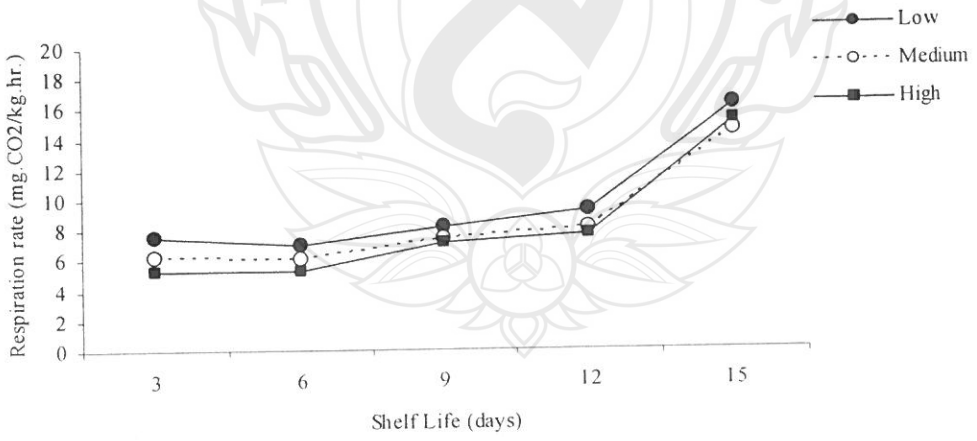
(ก)



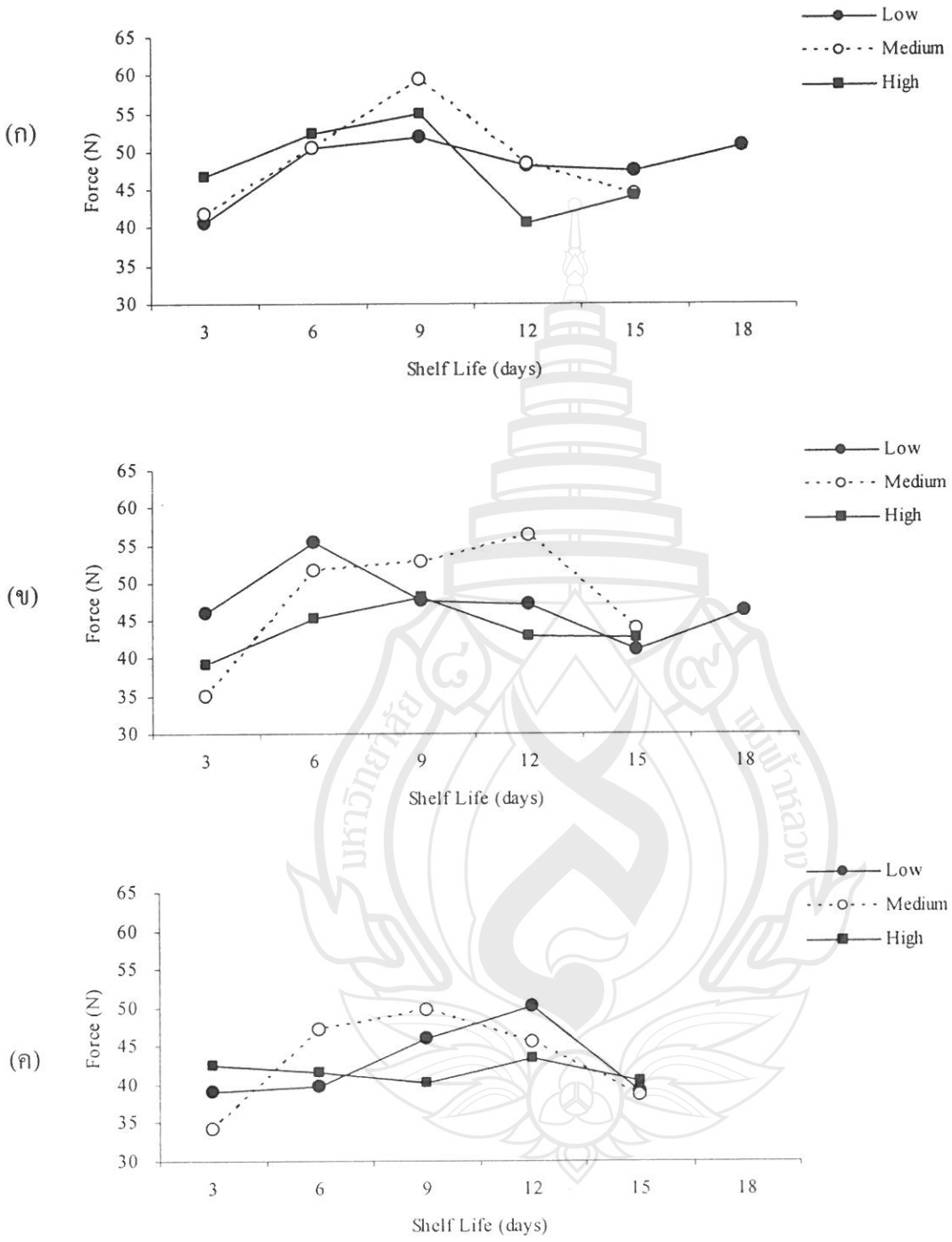
(ข)



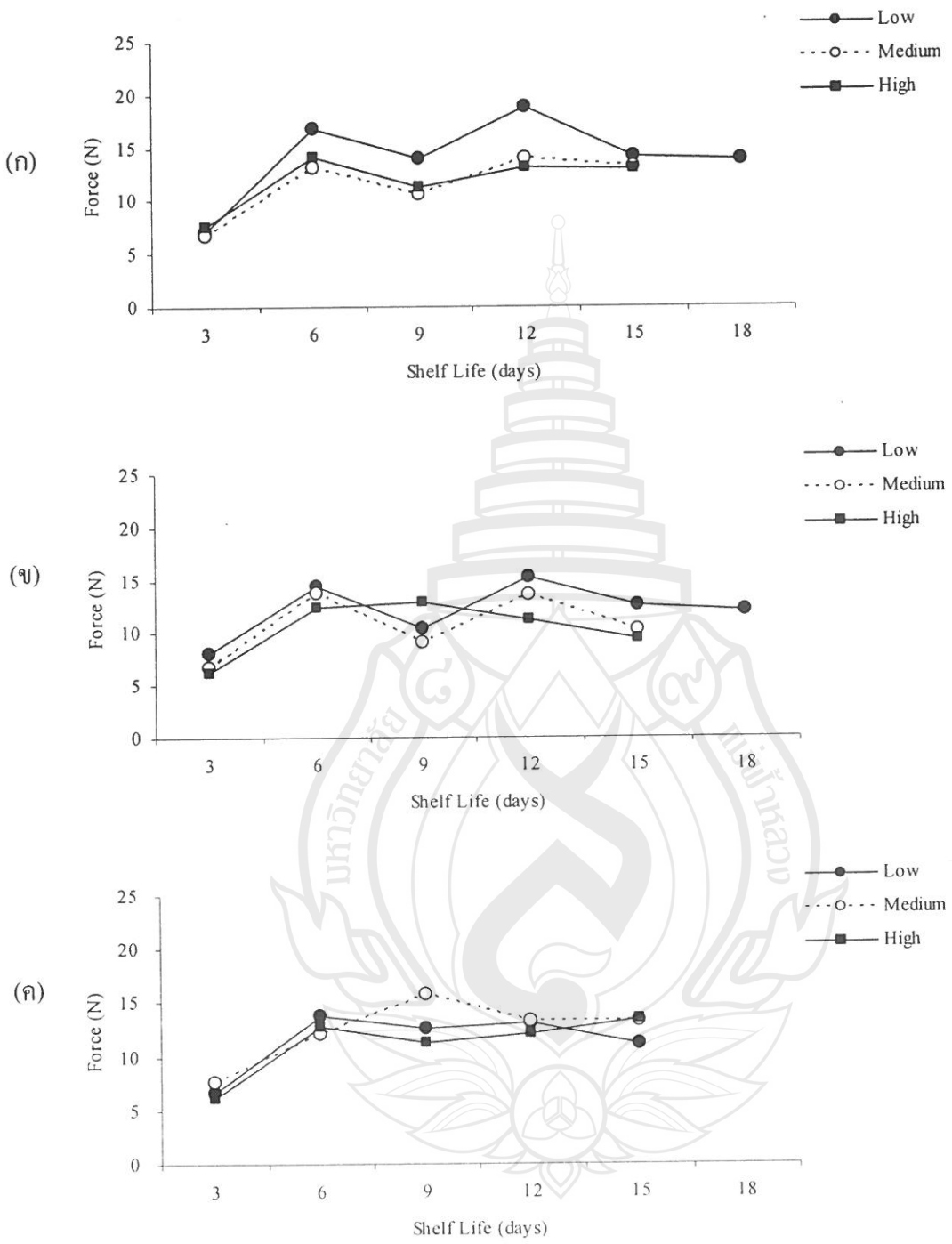
(ค)



รูปที่ 4-2 การเปลี่ยนแปลงอัตราการหายใจของผลสับปะรดพันธุ์นางแลที่เก็บเกี่ยวอายุ 20 สัปดาห์ (ก) 22 สัปดาห์ (ข) และ 24 สัปดาห์ (ค) และเคลือบผิวด้วยไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ กลาง และสูง

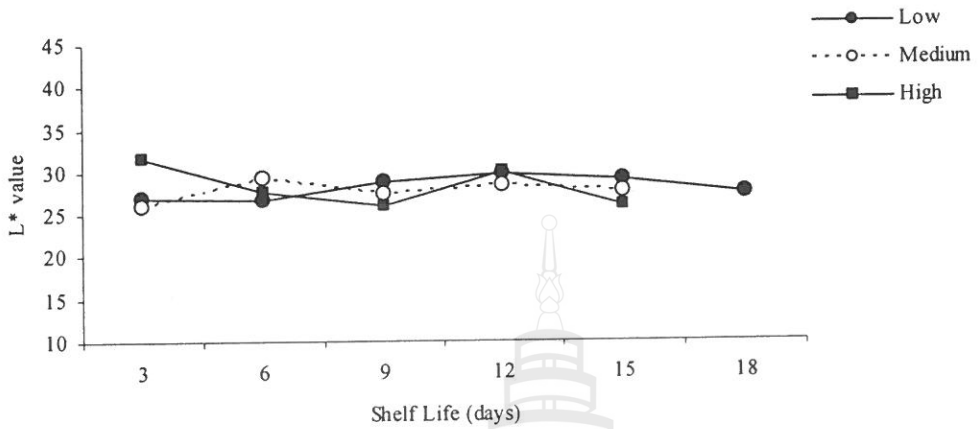


รูปที่ 4-3 การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของเปลือกผลสับปะรดพันธุ์นางแล ที่เก็บเกี่ยวอายุ 20 สัปดาห์ (ก) 22 สัปดาห์ (ข) และ 24 สัปดาห์ (ค) และเคลือบผิวด้วยไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ กลาง และสูง

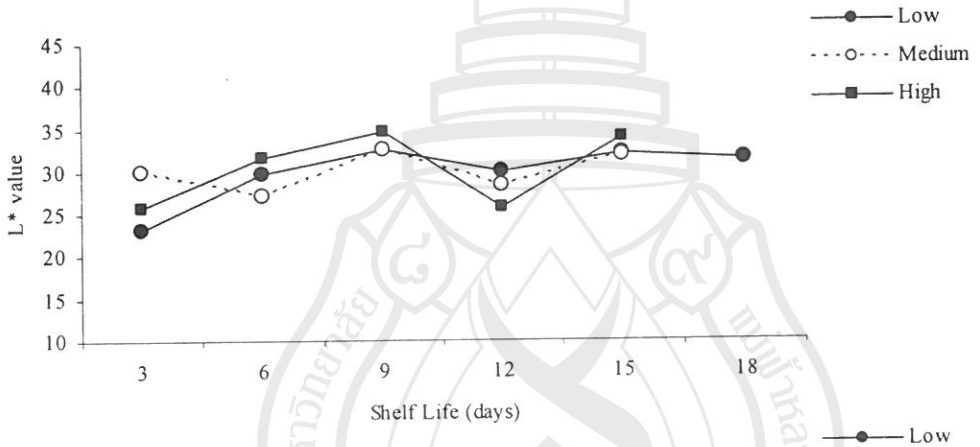


รูปที่ 4-4 การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของเนื้อผลสับปะรดพันธุ์นางแล ที่เก็บเกี่ยวอายุ 20 สัปดาห์ (ก) 22 สัปดาห์ (ข) และ 24 สัปดาห์ (ค) และเคลือบผิวด้วยไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ กลาง และสูง

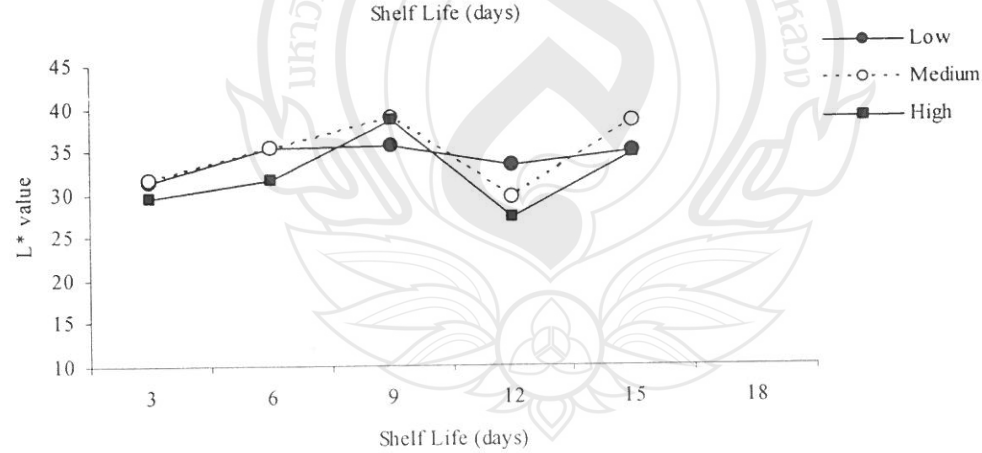
(ก)



(ข)

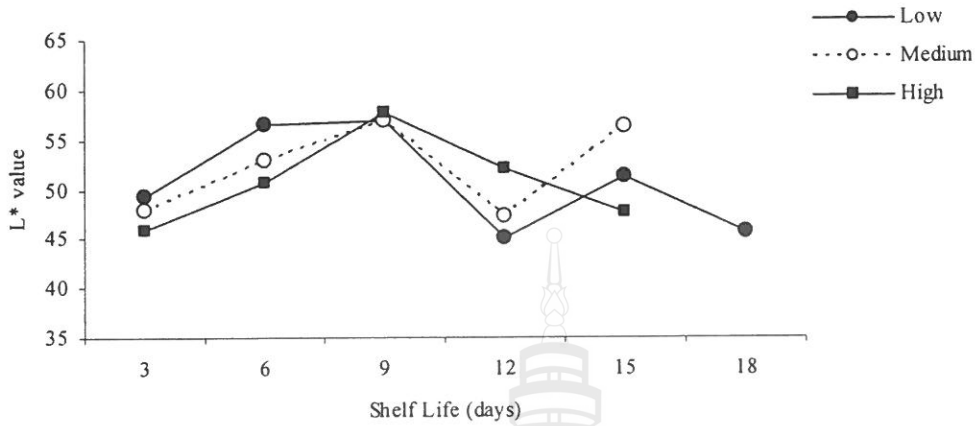


(ค)

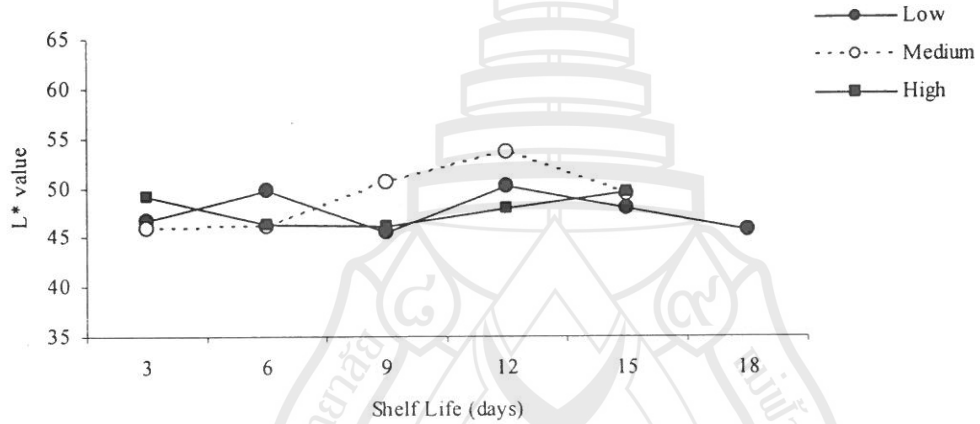


รูปที่ 4-5 การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L*) ของเปลือกผลสับปะรดพันธุ์นางแล ที่เก็บเกี่ยวอายุ 20 สัปดาห์ (ก) 22 สัปดาห์ (ข) และ 24 สัปดาห์ (ค) และเคลือบผิวด้วยไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ กลาง และสูง

(ก)

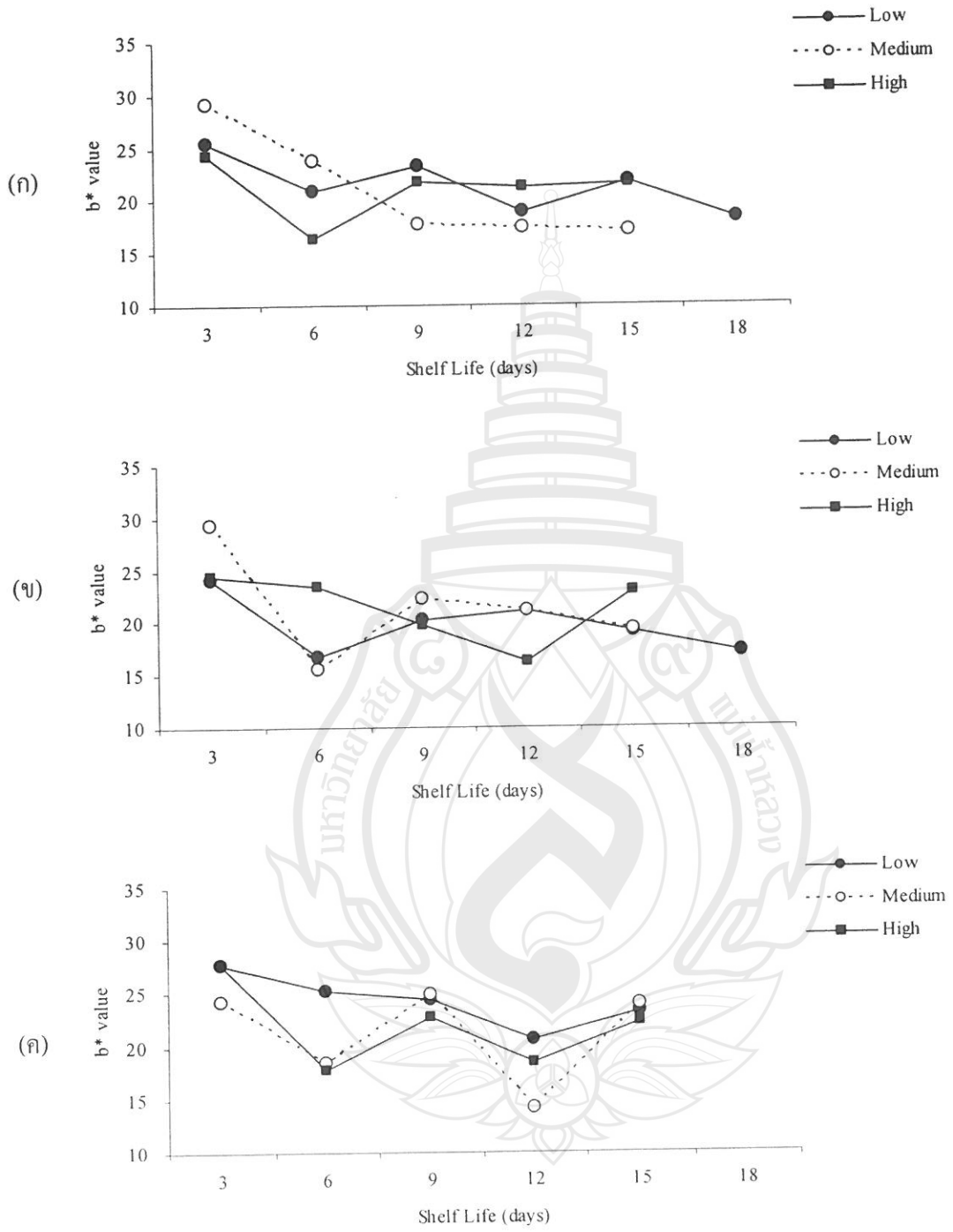


(ข)



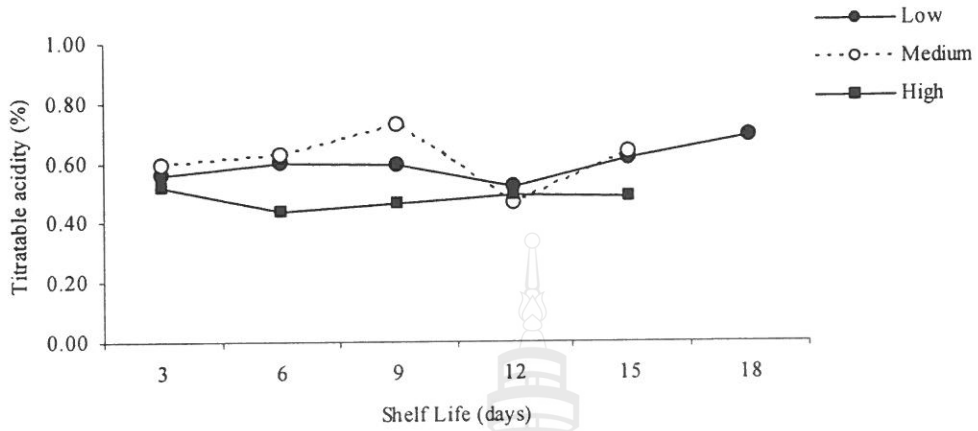
(ค)

รูปที่ 4-6 การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L*) ของเนื้อผลสับปะรดพันธุ์นางแล ที่เก็บเกี่ยวอายุ 20 สัปดาห์ (ก) 22 สัปดาห์ (ข) และ 24 สัปดาห์ (ค) และเคลือบผิวด้วยไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ กลาง และสูง

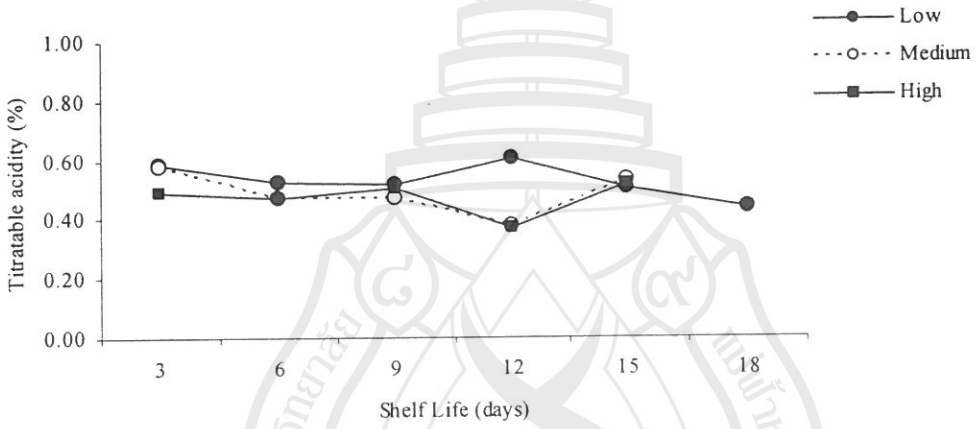


รูปที่ 4-7 การเปลี่ยนแปลงค่า b* ของเนื้อผลสับปะรดพันธุ์นางแล ที่เก็บเกี่ยวอายุ 20 สัปดาห์ (ก) 22 สัปดาห์ (ข) และ 24 สัปดาห์ (ค) และเคลือบผิวด้วยไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ กลาง และสูง

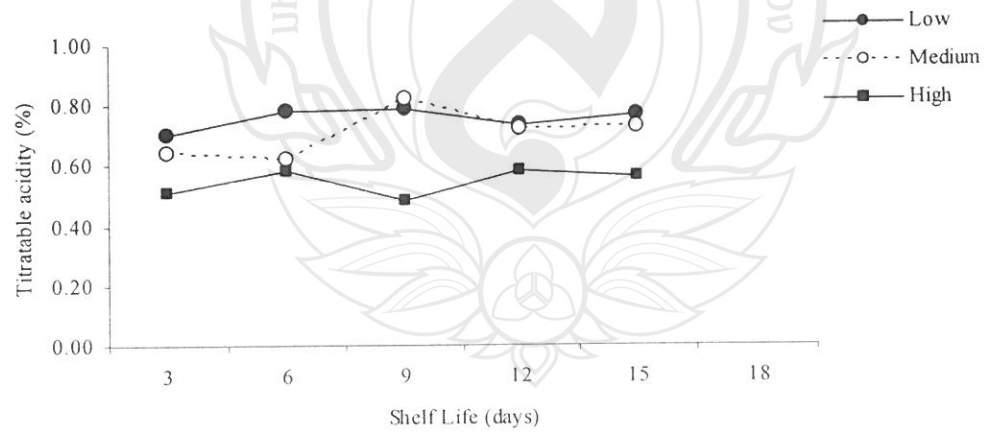
(ก)



(ข)

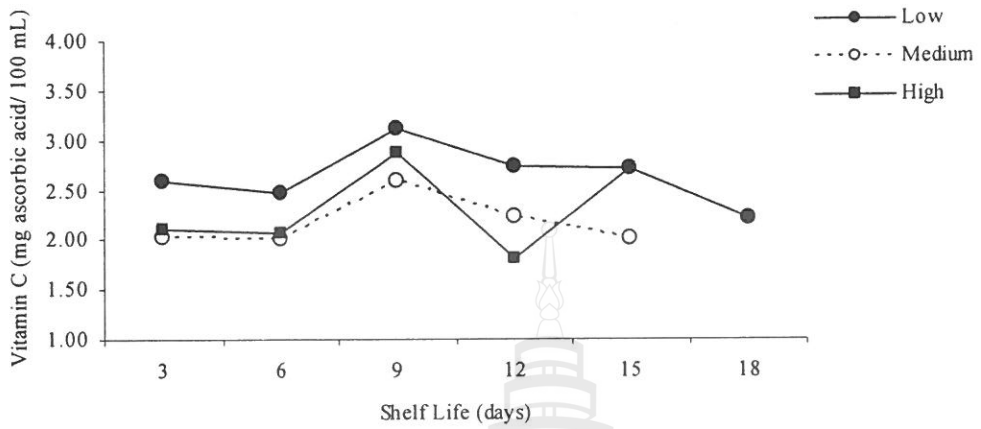


(ค)

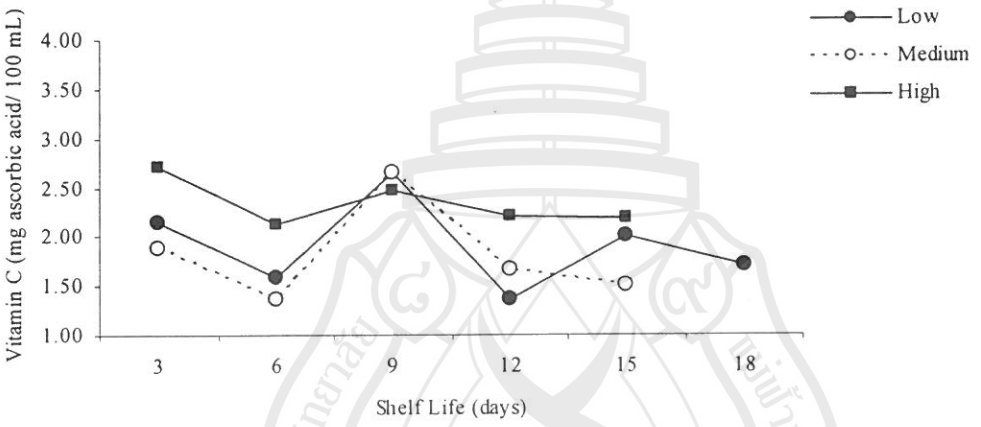


รูปที่ 4-8 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ของผลสับปะรดพันธุ์นางแล ที่เก็บเกี่ยวอายุ 20 สัปดาห์ (ก) 22 สัปดาห์ (ข) และ 24 สัปดาห์ (ค) และเคลือบผิวด้วยไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ กลาง และสูง

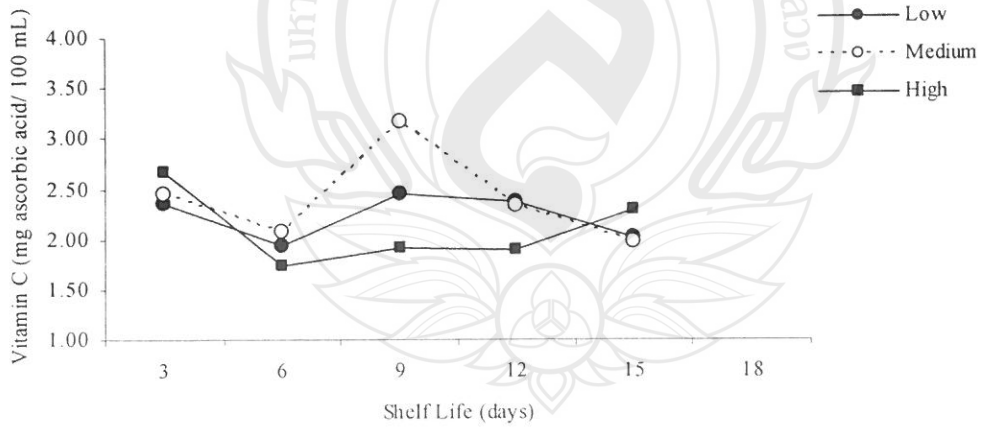
(ก)



(ข)

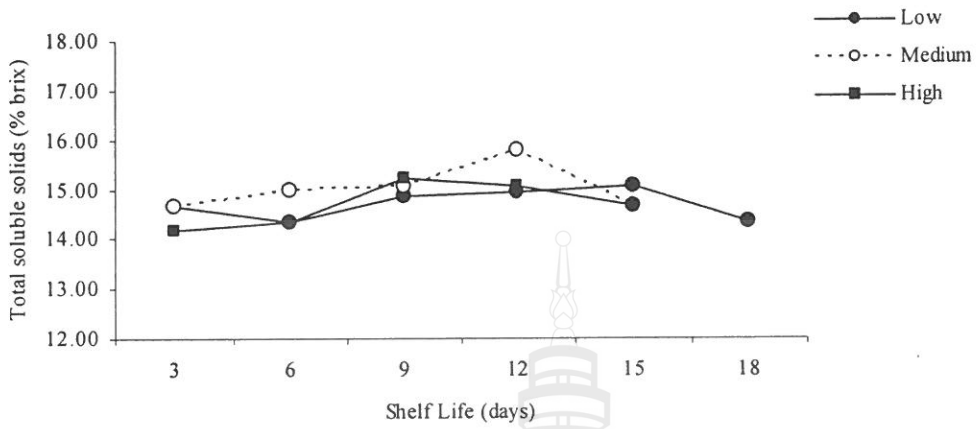


(ค)

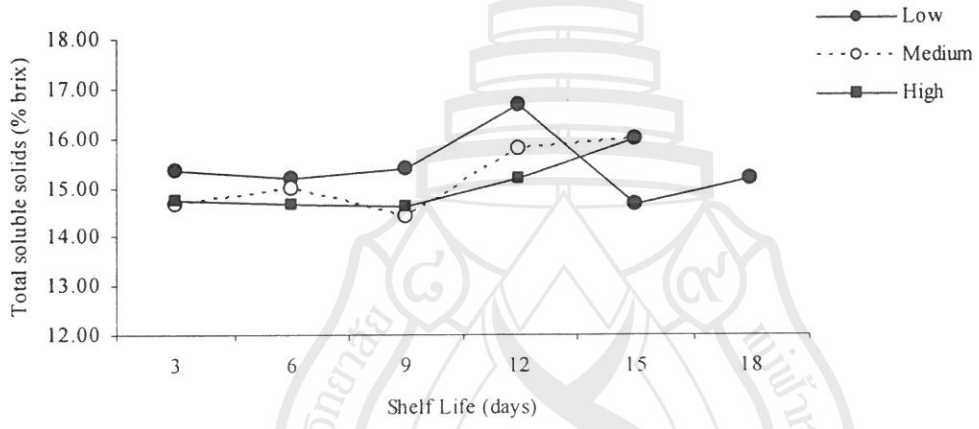


รูปที่ 4-9 การเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซีของผลสับปะรดพันธุ์นางแล ที่เก็บเกี่ยวอายุ 20 สัปดาห์ (ก) 22 สัปดาห์ (ข) และ 24 สัปดาห์ (ค) และเคลือบผิวด้วยไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ กลาง และสูง

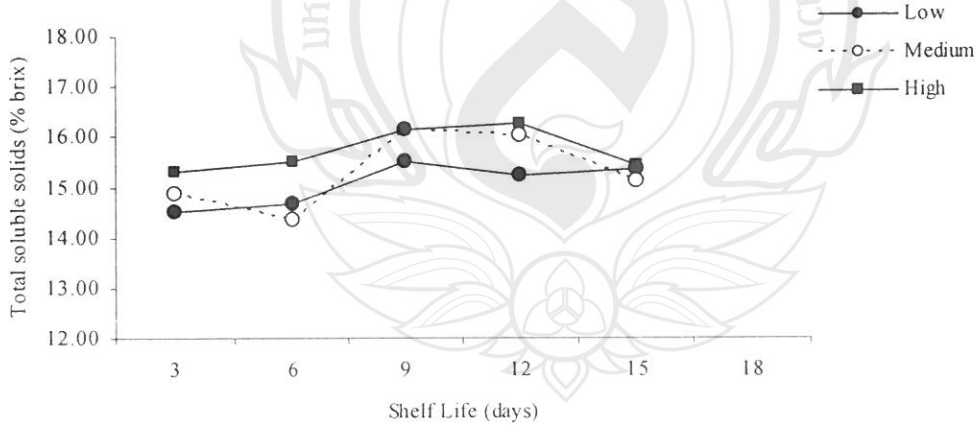
(ก)



(ข)



(ค)



รูปที่ 4-10 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลสับปะรดพันธุ์นางแล ที่เก็บเกี่ยวอายุ 20 สัปดาห์ (ก) 22 สัปดาห์ (ข) และ 24 สัปดาห์ (ค) และเคลือบผิวด้วยไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ กลาง และสูง

4.2 การทดลองที่ 2: ศึกษาผลของขนาดน้ำหนักโมเลกุลที่แตกต่างกันต่อคุณภาพของผลสับประรดพันธุ์ภูแล

4.2.1 การสูญเสียน้ำหนัก อัตราการหายใจ และ ความแน่นเนื้อ

จากการศึกษาผลของการเคลือบผิวด้วยไคโตซานที่มีขนาดน้ำหนักโมเลกุลต่ำ กลาง และสูงต่อการสูญเสียน้ำหนัก อัตราการหายใจ และความแน่นเนื้อของสับปะรดพันธุ์ภูแล

ผลการทดลองพบว่า การเคลือบผิวด้วยไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่างกัน มีผลต่อการลดการสูญเสียน้ำหนักอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้ไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำและกลาง สามารถลดการสูญเสียน้ำได้ดีกว่าขนาดน้ำหนักโมเลกุลสูง ($P \leq 0.01$) (รูป 4-11) เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงอัตราการหายใจ พบว่า ขนาดน้ำหนักโมเลกุลที่แตกต่างกัน ไม่มีผลต่ออัตราการหายใจ (รูป 4-12)

ส่วนการเคลือบผิวด้วยไคโตซานที่มีขนาดน้ำหนักโมเลกุลต่างกันต่อการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของเปลือกผลสับปะรด พบว่า หลังจากวันที่ 9 ขนาดน้ำหนักโมเลกุลมีผลต่อความแน่นเนื้อของเปลือกอย่างมีนัยสำคัญ โดยไคโตซานที่มีขนาดน้ำหนักโมเลกุลต่ำ มีค่าความแน่นเนื้อสูงกว่าขนาดน้ำหนักโมเลกุลกลางและสูง ($P \leq 0.01$) (รูป 4-13) และเมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของเนื้อผลสับปะรดพันธุ์ภูแล พบว่า หลังจากวันที่ 9 ขนาดน้ำหนักโมเลกุลมีผลต่อความแน่นเนื้อของเนื้อผลสับปะรด โดยการเคลือบด้วยไคโตซานที่มีขนาดโมเลกุลต่ำและกลาง มีค่าความแน่นเนื้อสูงกว่าน้ำหนักโมเลกุลสูงอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.01$) (รูป 4-14)

ผักและผลไม้โดยทั่วไปมีสารเคลือบผิวตามธรรมชาติ ทั้งนี้กระบวนการหลังการเก็บเกี่ยวทำให้สารเคลือบผิวบางส่วนหายไป ทำให้ผลิตผลสูญเสียน้ำได้ง่าย และสามารถแลกเปลี่ยนก๊าซได้มากขึ้น ดังนั้นวิธีการเคลือบผิวจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อลดการคายน้ำ ลดอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ ทำให้ผลิตผลหายใจได้ช้าลง นอกจากนี้ยังทำให้ผลิตผลเป็นมันวาว ดึงดูดผู้บริโภค สถิต (2543) รายงานว่าสารเคลือบผิวสามารถป้องกันการซึมผ่านก๊าซออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำผ่านเข้า-ออกของผลิตผล ลดการหายใจและคงความแน่นเนื้อได้

การเก็บรักษาแบบควบคุมบรรยากาศ มีผลต่อการหายใจเป็น 3 ระดับ คือ การหายใจแบบใช้ก๊าซออกซิเจน ไม่ใช้ก๊าซออกซิเจน และทั้งสองแบบรวมกัน การหายใจแบบใช้ก๊าซออกซิเจนเกิดขึ้นเมื่อมีก๊าซออกซิเจนเพียงพอได้เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ส่วนการหายใจแบบไม่ใช้ก๊าซออกซิเจน เกิดขึ้นในบรรยากาศที่ไม่มีออกซิเจน ทำให้เกิดกระบวนการหมักมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และเอทิลแอลกอฮอล์เกิดขึ้น แต่ในสภาวะที่มีออกซิเจนต่ำ จะเกิดการหายใจทั้งสองแบบร่วมกันในสัดส่วนที่ผันแปรไปตามความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจน ทั้งนี้การที่ผลไม้เก็บรักษาในสภาพที่มีก๊าซออกซิเจนต่ำ และคาร์บอนไดออกไซด์สูงมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของ

ปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องกับการหายใจ และอาจเกิดกลิ่นและรสชาติเปลี่ยนไป การสูญเสียคาร์โบไฮเดรตเนื่องมาจากการหายใจในบรรยากาศปกติของผลไม้จะเร็วกว่าในบรรยากาศที่มีก๊าซออกซิเจน 10 เปอร์เซ็นต์ ประมาณ 1.2-1.4 เท่า และในบรรยากาศที่ไม่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะเร็วกว่าในบรรยากาศที่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 10 เปอร์เซ็นต์ ประมาณ 1.35-1.55 เท่า ดังนั้น ผลไม้ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำจะมีอัตราการหายใจสูงกว่าผลไม้ที่เก็บรักษาแบบควบคุมบรรยากาศ การที่ออกซิเจนลดลง อาจทำให้เกิดการสังเคราะห์ ATP ลดลงด้วย นอกจากนี้การเพิ่มก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ อาจทำให้การสังเคราะห์กรดอะมิโนบางชนิดที่จำเป็นต่อการสังเคราะห์เอนไซม์เฉพาะบางชนิดเกิดได้ช้าลง หรืออาจทำให้การสลายตัวของสารระงับกิจกรรมของเอนไซม์เกิดช้าลง ซึ่งมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง Metabolic Pathway นอกจากนี้การเก็บรักษาแบบควบคุมบรรยากาศซึ่งมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงกว่าปกติ สามารถชะลอการลดลงของกรดอินทรีย์ (นิธิยาและคนัย, 2538)

ในปี 1996 Le และ Tran ศึกษาการใช้ไคโตซานเคลือบผิวส้ม พบว่าไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1.6 และ 1.8 จะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาส้มได้นาน 35 ถึง 40 วัน ส่วนในผลลำไย ไคโตซานสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพด้านการบริโภค รวมถึงลดอัตราการหายใจ และการสูญเสียน้ำหนักได้ ทั้งนี้การเคลือบผิวด้วยไคโตซานจะขัดขวางการแลกเปลี่ยนก๊าซบริเวณผิว จึงเป็นผลทำให้เกิดการลดการใช้ออกซิเจน (Jiang และ Li, 2001) นอกจากนี้ผลสตรอเบอรี่ที่เคลือบผิวด้วยไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1.5 สามรถลดการสูญเสียน้ำและการเหี่ยวได้เนื่องจากคุณสมบัติการเป็นฟิล์มเคลือบผิว (Hernandes-Munoz และคณะ, 2006)

4.2.2 การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและสีเนื้อ

จากการศึกษาผลของการเคลือบผิวด้วยไคโตซานที่มีขนาดน้ำหนักโมเลกุลต่างกันต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างของเปลือกผลสับปะรด พบว่าน้ำหนักโมเลกุลต่างกันไม่มีผลต่อค่าความสว่างของเปลือกผลสับปะรด (รูปที่ 4-15) และเมื่อพิจารณาผลของขนาดน้ำหนักโมเลกุลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง พบว่าน้ำหนักโมเลกุลไม่มีผลต่อค่าความสว่างของเนื้อผลสับปะรด (รูปที่ 4-16) เมื่อพิจารณาผลของการเคลือบผิวด้วยไคโตซานที่มีขนาดน้ำหนักโมเลกุลต่างกันต่อการเปลี่ยนแปลงค่า b* ของเนื้อผลสับปะรด ทั้งนี้ค่า b* ที่เป็นบวกจะแสดงถึงการเป็นสีเหลืองของเนื้อสับปะรด ในขณะที่ค่า b* ที่เป็นลบ จะแสดงถึงการเป็นสีน้ำเงิน จากผลการทดลองพบว่า น้ำหนักโมเลกุลของไคโตซานไม่มีผลต่อค่า b* ของเนื้อสับปะรด (รูปที่ 4-17)

ในผลลิ้นจี่ที่เคลือบผิวด้วยไคโตซาน พบว่าสามารถชะลอการลดลงของปริมาณแอนโธไซยานินในเปลือก ชะลอการเปลี่ยนแปลงสีและคุณภาพด้านบริโภค (Jiang และคณะ, 2005)

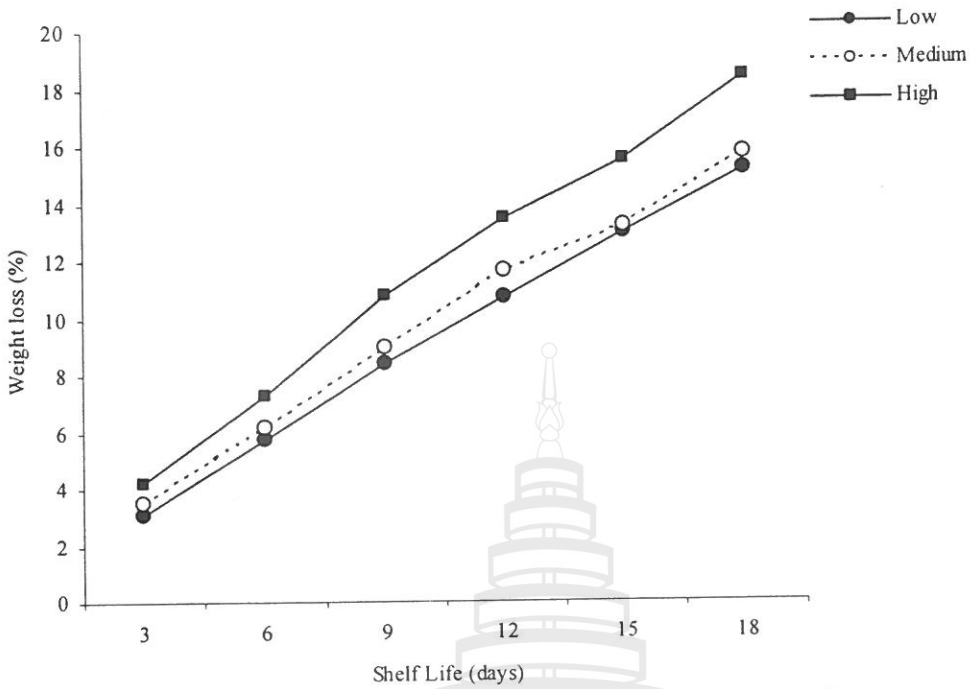
เช่นเดียวกับพืชตระกูลส้มที่เคลือบผิวด้วยไคโตซาน สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราและรักษาลักษณะปรากฏภายนอกได้ (Galed, และคณะ, 2004) นอกจากนี้ในผลลิ้นจี่ที่แกะเปลือกและเคลือบด้วยไคโตซานพบว่า สามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักและการลดลงของคะแนนการประเมินทางประสาทสัมผัส (Dong, 2004) ส่วนในลูกพีช ลูกแพรญี่ปุ่น และผลกีวี พบว่าไคโตซานสามารถลดอัตราการหายใจ และน้ำหนักโมเลกุลที่แตกต่างกันของไคโตซานมีผลต่อคุณภาพ ทั้งนี้มาจากคุณสมบัติความหนืดของสารเคลือบผิว (viscosity) ที่แตกต่างกัน โดยคุณสมบัติควบคุมการแพร่ผ่านของฟิล์มจะลดลง เมื่อความหนืดเพิ่มขึ้น (Jianming และคณะ, 1997) สำหรับน้ำหนักโมเลกุลของไคโตซาน Chen และ Hwa (1996) รายงานงานไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำมีคุณสมบัติการเลือกผ่านสูงกว่าที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง

4.2.3 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ ปริมาณวิตามินซี และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

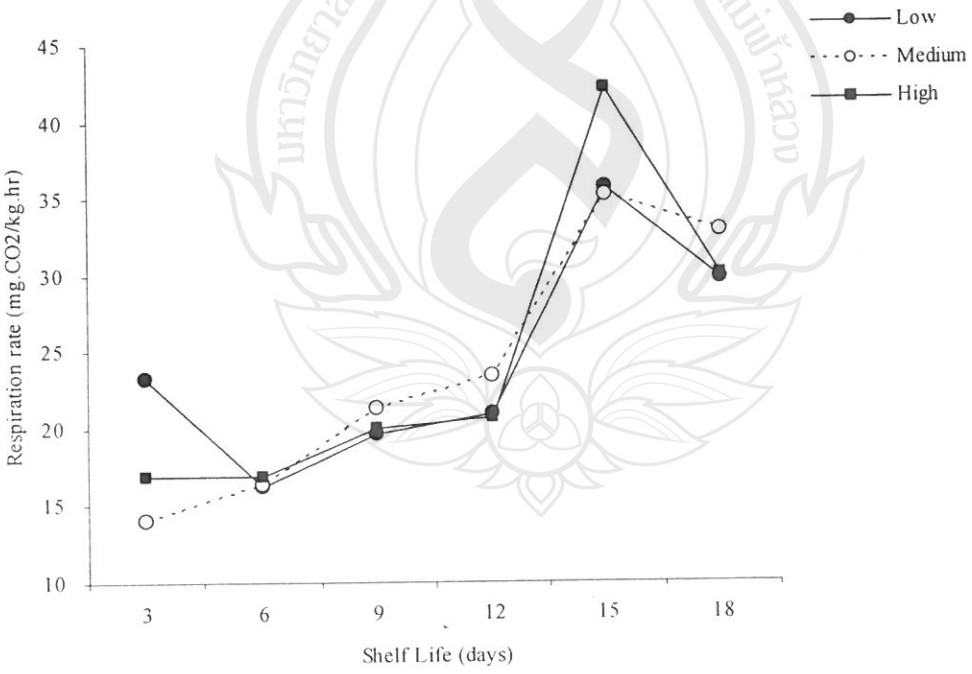
จากการศึกษาผลของการเคลือบผิวด้วยไคโตซานที่มีขนาดน้ำหนักโมเลกุลต่ำ กลาง และสูงต่อเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ ปริมาณวิตามินซี และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของสับปะรดพันธุ์ภูแล

ผลการทดลองพบว่า น้ำหนักโมเลกุลของไคโตซานที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ของผลสับปะรดพันธุ์ภูแล (รูปที่ 4-18) เช่นเดียวกับการเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซี ที่น้ำหนักโมเลกุลของไคโตซานที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซีของผลสับปะรดพันธุ์ภูแล (รูปที่ 4-19) เมื่อพิจารณาผลของการเคลือบผิวด้วยไคโตซานที่มีขนาดน้ำหนักโมเลกุลที่แตกต่างกัน ต่อเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ พบว่า น้ำหนักโมเลกุลของไคโตซานที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลสับปะรดพันธุ์ภูแล (รูปที่ 4-20)

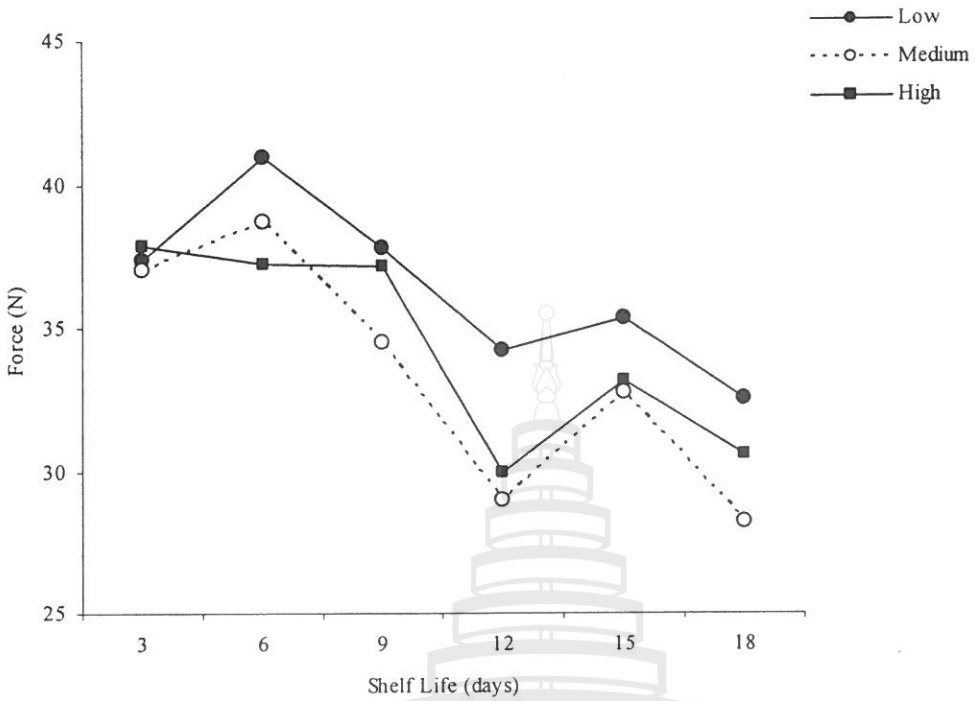
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (TSS) ของสับปะรดหลังการเก็บเกี่ยวไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก ในขณะที่ปริมาณกรดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย (จักรพงษ์ พิมพ์พิมล, 2535) โดยปริมาณกรดจะเพิ่มขึ้นจากส่วนของแกนผล (4 meq/100 ml) ไปสู่ส่วนเนื้อ (10 meq/100 ml) (Paull, 1997) และค่า pH ภายในผลจะลดลงจาก 3.9 เป็น 3.7 ในผลที่สุกเต็มที่ (Dull, 1971) การเก็บรักษาสับปะรดที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส จะมีผลทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้และน้ำตาลเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย (Chen และ Paull, 1995; Paull, 1997) ส่วนปริมาณของ Ascorbic acid มีความแตกต่างกันไปตามพันธุ์ และผันแปรไปตามปริมาณแสงที่ได้รับ (Gortner และ Singleton, 1965)



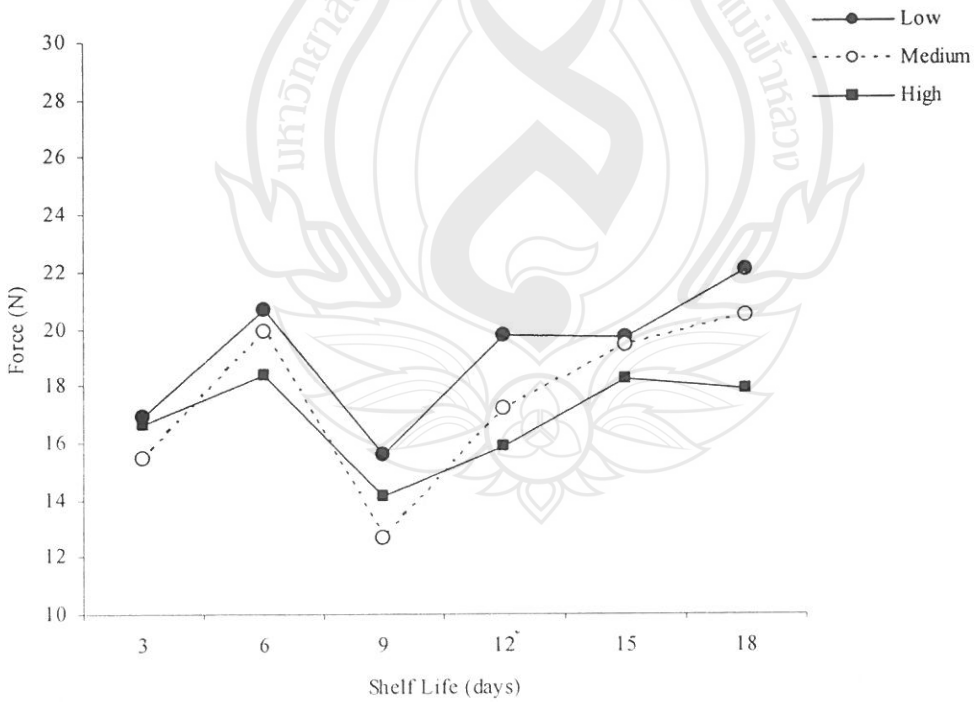
รูปที่ 4-11 การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผลสับปะรดพันธุ์ภูแล ที่เคลือบผิวด้วยไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ กลาง และสูง



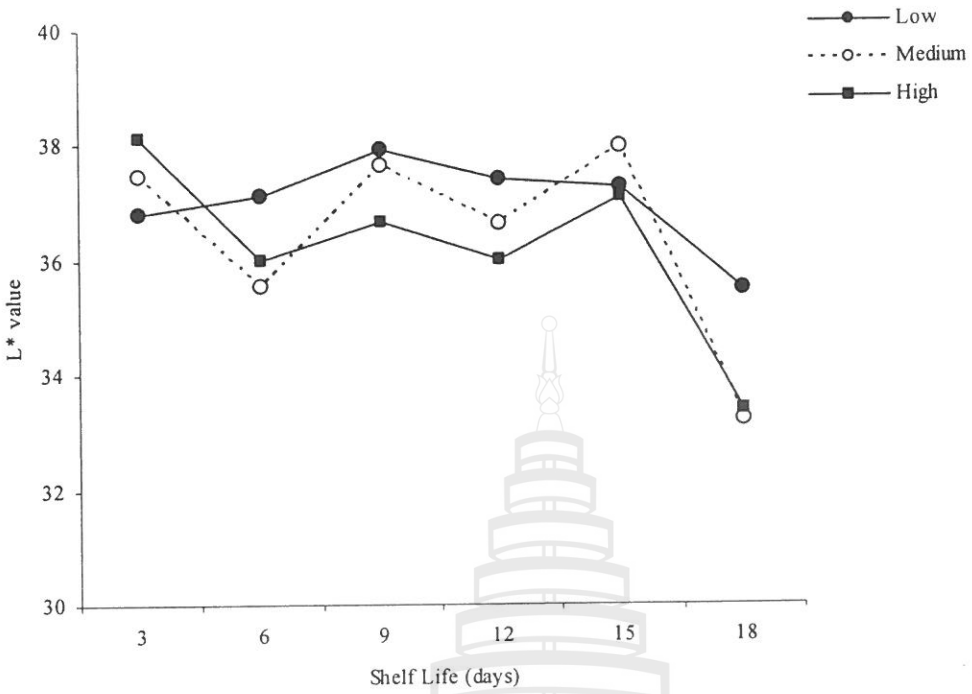
รูปที่ 4-12 การเปลี่ยนแปลงอัตราการหายใจของผลสับปะรดพันธุ์ภูแล ที่เคลือบผิวด้วยไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ กลาง และสูง



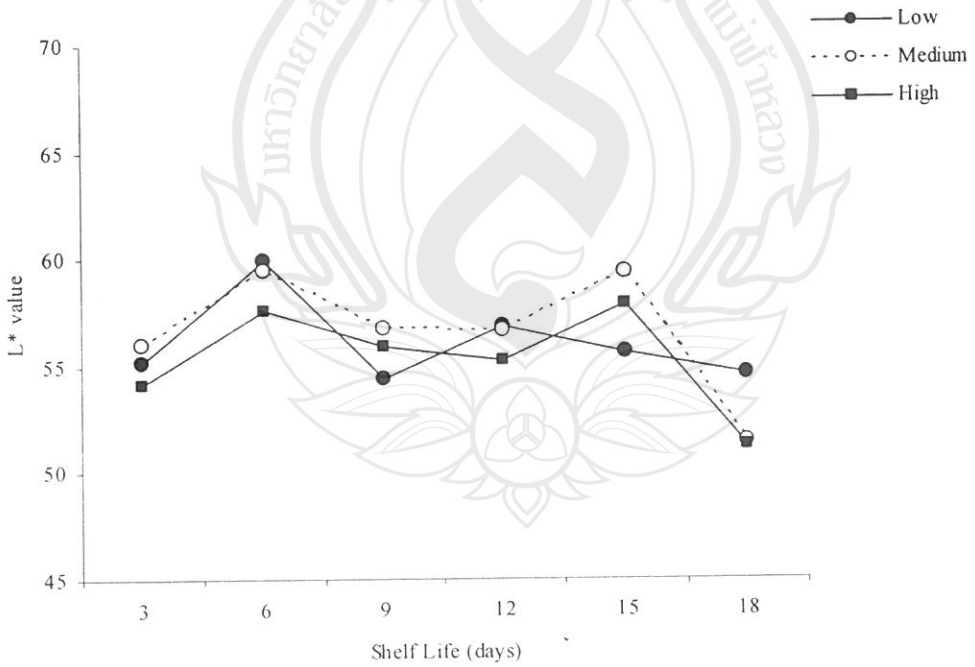
รูปที่ 4-13 การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของเปลือกผลสับปะรดพันธุ์ภูแล ที่เคลือบผิวด้วยไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ กลาง และสูง



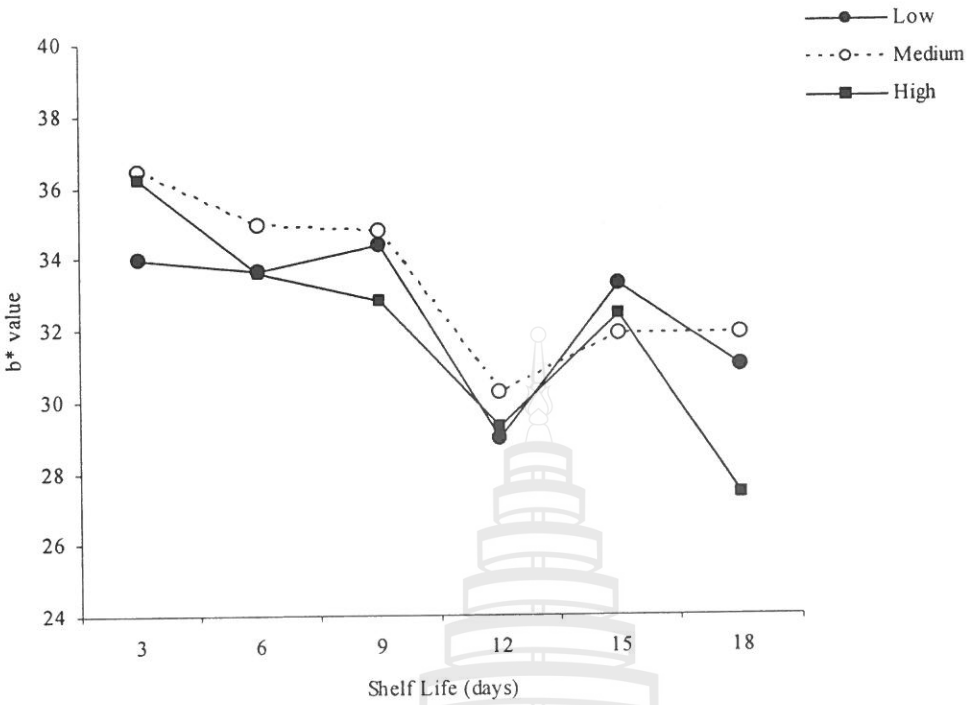
รูปที่ 4-14 การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของเนื้อผลสับปะรดพันธุ์ภูแล ที่เคลือบผิวด้วยไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ กลาง และสูง



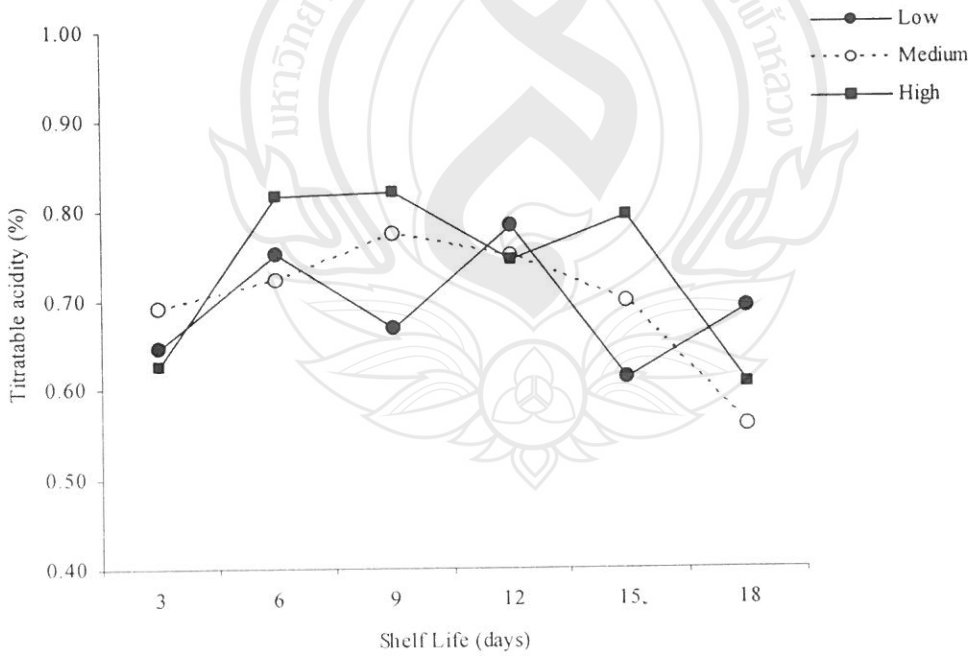
รูปที่ 4-15 การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L*) ของเปลือกผลสับปะรดพันธุ์ภูแล ที่เคลือบผิวด้วยไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ กลาง และสูง



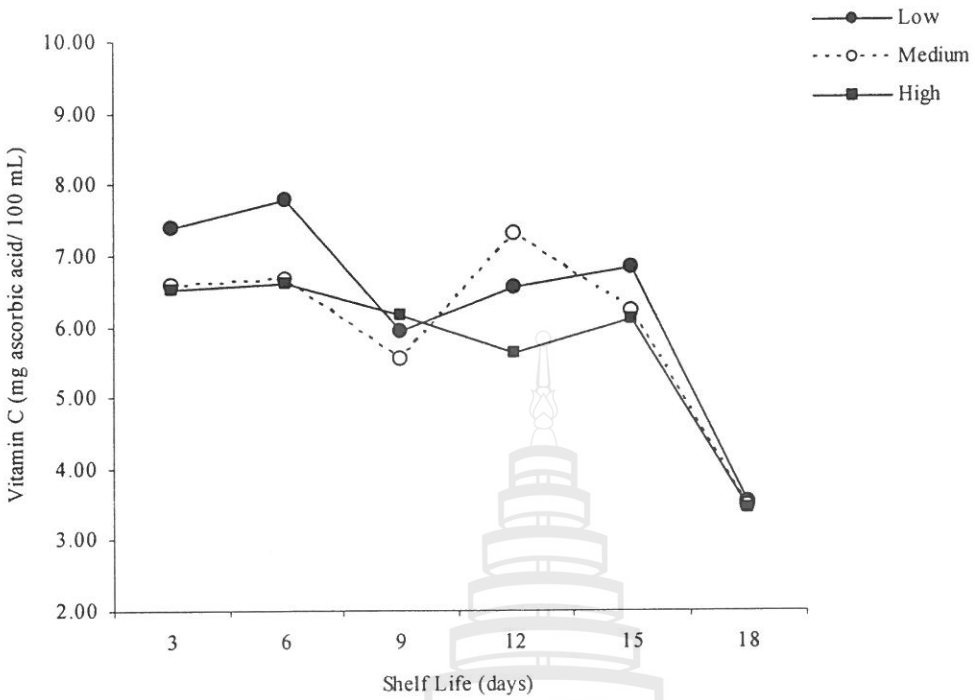
รูปที่ 4-16 การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L*) ของเนื้อผลสับปะรดพันธุ์ภูแล ที่เคลือบผิวด้วยไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ กลาง และสูง



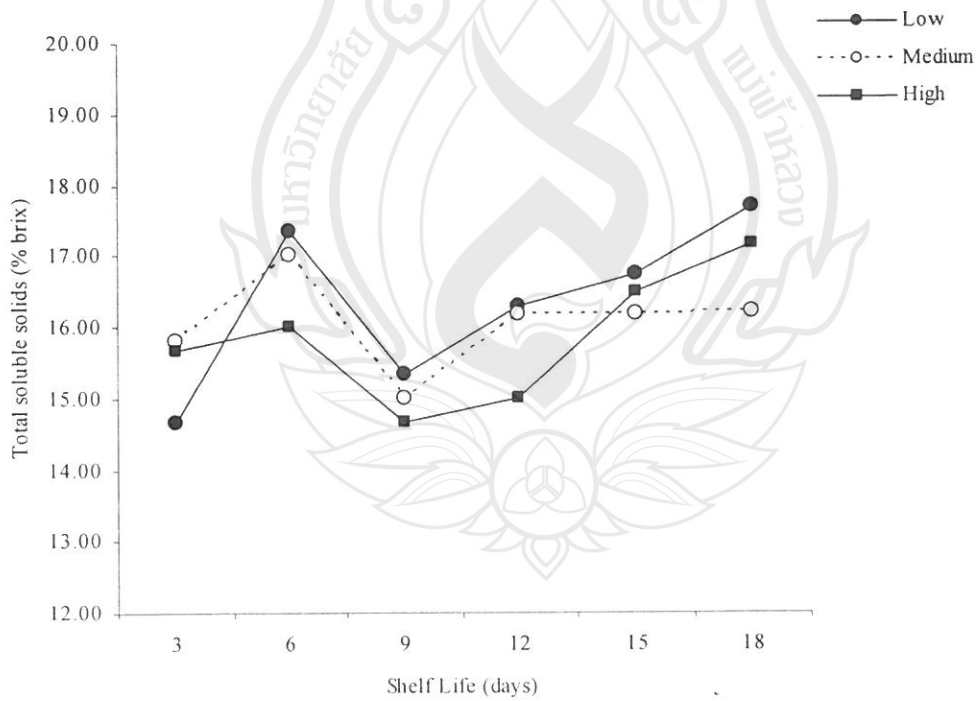
รูปที่ 4-17 การเปลี่ยนแปลงค่า b* ของเนื้อผลสับปะรดพันธุ์ภูแล ที่เคลือบผิวด้วยไคโตซาน ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ กลาง และสูง



รูปที่ 4-18 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ของผลสับปะรดพันธุ์ภูแล ที่เคลือบผิวด้วยไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ กลาง และสูง



รูปที่ 4-19 การเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซีของผลสับปะรดพันธุ์ภูแล ที่เคลือบผิวด้วยไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ กลาง และสูง



รูปที่ 4-20 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลสับปะรดพันธุ์ภูแล ที่เคลือบผิวด้วยไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ กลาง และสูง

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลลการทดลอง

การศึกษาผลของอายุการเก็บเกี่ยวหลังจากติดผลที่ 20 22 และ 24 สัปดาห์ และการเคลือบผิวด้วยไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ กลางและสูง ต่อคุณภาพของผลสับประรดพันธุ์นางแล พบว่า อายุการเก็บเกี่ยวมีผลต่อความแน่นเนื้อของเปลือกผลสับปะรด โดยสับปะรดที่เก็บเกี่ยวที่ 20 สัปดาห์ มีการลดลงของค่าความแน่นเนื้อช้ากว่าการเก็บเกี่ยวที่ 22 และ 24 สัปดาห์ ตามลำดับ นอกจากนี้อายุการเก็บเกี่ยวมีผลต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ โดยสับปะรดที่มีอายุ 24 สัปดาห์ มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงกว่าอายุ 22 และ 20 สัปดาห์ ตามลำดับ ส่วนการเคลือบผิวด้วยไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่างกัน มีผลต่อการลดการสูญเสียน้ำหนัก โดยไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำสามารถลดการสูญเสียน้ำได้ดีที่สุด รองลงมาได้แก่ น้ำหนักโมเลกุลกลาง และสูง ตามลำดับ

นอกจากนี้การศึกษาผลของการเคลือบผิวด้วยไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ กลางและสูง ต่อคุณภาพของผลสับปะรดพันธุ์ภูแล พบว่า ไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ สามารถลดการสูญเสียน้ำ ชะลอการลดลงของความแน่นเนื้อของเปลือกและเนื้อได้ดีกว่าไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลกลางและสูง ตามลำดับ

เอกสารอ้างอิง

จารุพันธุ์ ทองแถม, 2526, สับปะรดและอุตสาหกรรมสับปะรดในประเทศไทย, ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 158 น.

จินดารัฐ วีรวุฒิ และนรุณ วรามิตร, 2547, สับปะรด:พืชเศรษฐกิจ, สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ หน้า 364-367

จักรพงษ์ พิมพ์พิมล, 2535, อิทธิพลขององค์ประกอบทางเคมีภายในผลและการใช้สารเคลือบผิวต่อการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลของสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียและพันธุ์ภูเก็ต, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาพืชสวน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 71 หน้า.

จริงแท้ ศิริพานิช, 2541, สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักละผลไม้, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 396 หน้า

นิธิยา รัตนาปนนท์ และ คนัย บุณยเกียรติ, 2538, การปฏิบัติภายหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้, โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ, 236 หน้า

นิรมล สันติภาพวิวัฒนา และเนตรา สมบูรณ์แก้ว, 2547, ผลของสารเคลือบผิวไคโตซานต่ออายุการวางจำหน่ายสับปะรดพันธุ์นางแลและภูแล, รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์, มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง, เชียงราย, 55 หน้า

"สับปะรด" [online] available. http://prachuap.doae.go.th/pineappleforprachuap/sareravittaya.files/sareravittaya.htm (11 พฤศจิกายน 2551)

"สับปะรดนางแล" [online] available. http://kanchanapisek.or.th/kp8/culture//////////chr/chr505.html (16 มีนาคม 2551)

สายชล เกตุษา, 2538, สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวของผักและผลไม้, นครปฐม, โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ, 364 หน้า.

สุวรี จันทร์กระจ่าง, 2543, ภาพรวมการใช้สารไคติน/ไคโตซานในประเทศไทย, เอกสารประกอบการสัมมนาเรื่องเกษตรยุคใหม่กับไคติน-ไคโตซาน, จัดโดยชมรมไคติน-ไคโตซานร่วมกับศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC).

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กิจกรรมเผยแพร่งานวิจัยและถ่ายทอดเทคโนโลยี: โครงการวิจัยบูรณาการเรื่อง "โครงการศึกษาวิจัยการสร้างกระบวนการผลิตที่เป็นอุปทานผลไม้ประเภทที่ได้รับการคัดเลือกจากโครงการ Branding Project-Thai Produce and Grains: กรณีสับปะรดภูแล" วันที่ 28-29 พฤศจิกายน 2547 ณ โรงแรมวังคำ จังวัดเชียงราย

สถิต พูลทรัพย์, 2543, การใช้ไคติน ไคโตซาน ในการเกษตร, เอกสารประกอบการสัมมนาเรื่อง เกษตรยุคใหม่กับไคติน-ไคโตซาน, จัดโดยชมรมไคติน-ไคโตซานร่วมกับศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC)

Abdi, N., Holford, P., McGlasson, W.B., 1997, "Effect of harvest maturity on storage life of Japanese-type plums", Australian Journal of Experimental Agriculture, Vol. 37, pp. 391-397.

Bartholomew, D.P., Paull, R.E., and Rohrbach, K.G., 2003. The pineapple : botany, production, and use. CABI Publishing, New York.

Bartholomew, D.P. and Paull, R.E., 1986, Pineapple, pp. 371-388. In S. P. Monselise (ed.) Handbook of Fruit Set and Development, CRC Press, Inc., Boca Raton. Florida.

Chen, N.J. and Paull, R.E., 1995, "Effect of waxing and storage on pineapple fruit quality", Proceedings of the International Symposium on Postharvest Science and Technology of Horticultural Crops, Beijing. China. 27 June -1 July.

Chen, R.H., and Hwa, H.D., 1996, "Effect of molecular weight of chitosan with the same degree of deacetylation on the termal, mechanical, and permeability properties of the prepared membrane", Carbohydrate Polymers, Vol., 29, pp. 353-358.

Chien, P.J., Sheu, F., and Lin, H.R., 2007a, "Coating citrus (*Murcott tangor*) fruit with low molecular weight chitosan increases postharvest quality and shelf life", Food Chemistry, Vol. 100, pp. 1160-1164.

Chien, P.J., Sheu, F., and Lin, H.R., 2007b, "Quality assessment of low molecular weight chitosan coating on sliced red pitayas", Journal of Food Engineering, Vol. 79, pp. 736-740.

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

Dong, H., Cheng, L., Tan, J., Zheng, K., and Jiang, Y., 2004. "Effects of chitosan coating on quality and shelf life of peeled litchi fruit". Journal of Food Engineering. Vol. 64, pp.355-358.

Dull, G.G., 1971, The Pineapple, In A.C, Hulme (ed.), The Biochemistry of Fruits and their Products, Academic Press, Vol. 2, pp. 303-324.

El-Mir, M., Gerasopoulos, D., Metzidakis, I., and Kanellis, A.K., 2001, "Hypoxic acclimation prevents avocado mesocarp injury caused by subsequent exposure to extreme low oxygen atmospheres", Postharvest Biology and Technology, Vol. 23, No. 3, pp.215-226

Galed, G., Fernandez-Valle, M.E., Martinez, A., and Heras, A., 2004, "Application of MRI to mortitor the process of ripening and decay in citrus treated with chitosan solutions". Magnetic Resonance Imaging, Vol. 22, pp. 127-137.

Getinet, H., Seyoum, T., and Woldetsadik, K., 2008, "The effect of cultivar, maturity stage and storage environment on quality of tomatoes", Journal of Food Engineering, Vol. 87, pp. 467-478.

Gortner, W.A. and Singleton, V. L., 1965, "Chemical and physical development of the pineapple fruit. III. Nitrogenous and enzyme constituents", Journal of Food. Science, Vol.30, pp. 24 - 29.

González, J., Remaud, G., Jamin, E., Naulet, N. and Martin, G.G., 1999, "Specific natural isotope profile studied by isotope ratio mass spectrometry (SNIP-IRMS): 13C/12C Ratios of fructose, glucose, and sucrose for improved detection of sugar addition to pineapple juices and concentrates", Journal of Agricultural and Food Chemistry, Vol. 47, No. 6, pp. 2316-2321

Guerra, M., and Casquero, P.A., 2008, "Effect of harvest date on cold storage and postharvest quality of plum cv. Green Gage", Postharvest Biology and Technology, Vol. 47, pp. 325-332.

Hernandes-Munoz, P., Almenar, E., Ocio, M.J., and Gavara, R., 2006, "Effect of calcium dips and chitosan coatings on postharvest life of strawberries (Fragaria x ananassa)", Postharvest Biology and Technology, Vol. 39, pp. 247-253.

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

Jiang, Y., Li, J., and Jiang, W., 2005, "Effects of chitosan coating on shelf life of cold-stored litchi fruit at ambient temperature". Lebensm.-Wiss. U.-Technol. Vol. 38, 757-761.

Jianming, D., Hiroshi, G, and Shuichi, I., 1997, "Effect of chitosan coating on storage of peach, Japanese pear, and kiwifruit", Journal of Japan Society Horticulture Science, Vol. 66, pp. 15-22.

Le, D.D. and Tran, Q.B., 1996, "Research on using chitosan for storage of oranges in Vietnam," 2nd Asian Pacific Chitin Symposium, Bangkok, Nov., pp. 200-203.

Meng, X., Li, B., Liu, J., and Tian, S., 2008, "Physiological responses and quality attributes of table grape fruit to chitosan preharvest spray and postharvest coating during storage", Food Chemistry, Vol. 106, pp. 501-508.

Paull, R. E., 1997, Pineapple, pp. 371 –388, In S. Mitra (ed.), Postharvest physiology and storage of tropical and subtropical fruits, CAB International, New York.

Puall, R.E. and Rohrbach, K.G., 1982, "Symptom development of chilling injury in pineapple fruit", Journal of the American Society for Horticultural Science, Vol. 110, pp. 100-105.

Salvi, M.J. and Rajput, J.C., 1995, Pineapple, pp. 171 -182., In D.K. Salunkhe and S.S. Kadam (eds.), Handbook of Fruit Science and Technology Production, Composition, Storage and Processing, Mercel Dekker. Inc., New York.

Smith, L.G., 1984, "Pineapple specific gravity as an index of eating quality", Tropical Agriculture, Vol. 61, pp. 196-199.

ภาคผนวก

ภาคผนวก

1. ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ [Titratable acidity (AOAC, 1990)]

ทำการคั้นน้ำจากสับปะรด 5 mL ไตเตรทด้วย 0.1 N NaOH โดยใช้ 1% phenolphthalein 1-2 หยด เป็ร indicator จนถึงจุดยุติ คือเมื่อสารละลายมีสีชมพูอย่างน้อย 30 วินาที หรืออ่านค่า pH ของสารละลายที่ไตเตรทจนถึง 8.1 แล้วคำนวณค่าตามสูตร

$$\% \text{ Titratable acidity} = \frac{(\text{mL NaOH})(\text{N NaOH})(\text{meq.wt.acid}) \times 100}{\text{wt. of sample}}$$

meq. citric acid = 0.064

meq.wt. malic acid = 0.067

meq.wt.tartaric acid = 0.075

2. การวิเคราะห์ปริมาณ Vitamin C

ใช้น้ำคั้น 2 mL ใส่ในขวดรูปชมพู่ที่มี metaphosphoric acetic 5 mL แล้วไตเตรทด้วย dichlorophenolindophenol (dye solution) จนถึง end point คือ สารละลายที่มีสีชมพูอย่างน้อย 5 วินาที อ่านค่าปริมาณ dye solution ที่ใช้ แล้วคำนวณตามสมการ

$$\text{mg ascorbic acid/ 100 mL juice} = (X-B)(F/E)(V/Y) \times 100$$

X = ปริมาตรของ dye solution ที่ใช้ไตเตรทกับตัวอย่าง (mL)

B = ปริมาณเฉลี่ยของ dye solution ที่ใช้ไตเตรทกับ blank (mL)

F = mg equivalent ascorbic acid/ 1 mL dye solution

E = ปริมาตร standard ที่ใช้ (mL)

V = ปริมาตรสารละลายที่ใช้ไตเตรท (mL)

Y = ปริมาตรของสารละลายทั้งหมดที่ใช้ไตเตรท (mL)

การเตรียมสารละลาย metaphosphoric acetic acid

ชั่งสาร metaphosphoric acid (HPO_3) 12 กรัม ละลายในสารละลายที่มีกรด acetic 40 mL และน้ำ 200 mL ปรับปริมาตรเป็น500 mL เก็บในตู้เย็น อายุการใช้งานนาน 7-10 วัน

การเตรียมสารละลาย indophenol

ละลายเกลือโซเดียมของ 2,6-dichlorophenolindophenol 50 มิลิกรัม ในน้ำ 50 mL ที่มีโซเดียมไบคาร์บอเนต ($NaHCO_3$) 42 มิลลิกรัม กวนจนสารละลายหมดแล้วเติมน้ำให้ครบ 200 mL กรองแล้วเก็บใส่ขวดสีชาเก็บไว้ในตู้เย็น

การเตรียมสารละลายมาตรฐาน ascorbic acid ความเข้มข้น 1 mg/L

ละลายสาร ascorbic acid 50 มิลลิกรัม ด้วยสารละลาย HPO_3-HOAc ปรับปริมาตรเป็น 50 mL

3. ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

ผลสับปะรดจะถูกคั้นน้ำผ่านผ้าขาวบางสองชั้น นำน้ำคั้นที่ได้วิเคราะห์ด้วย Hand Refractometer (N-1E, Atago, Japan) เพื่อหาปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ โดยค่าที่อ่านได้มีหน่วยเป็น °Brix

4. การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและสีเนื้อของผลสับปะรด

วัดด้วยเครื่อง Colorimeter Hunter Lab รุ่น Colorquest XE บันทึกค่าที่ได้เป็น L* value และ b* value โดยวัดสีในระบบ Three dimensional color space

5. การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของเปลือกและเนื้อของผลสับปะรด

วัดความแน่นเนื้อบริเวณเปลือกและเนื้อสับปะรดด้วยเครื่อง Texture analyzer รุ่น TA-XT2 บันทึกค่าที่ได้เป็น Force (N)

6. การสูญเสียน้ำหนัก

แยกสับปะรดออกมา 1 ชุด เพื่อใช้ศึกษาการการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด ชั่งน้ำหนักเริ่มต้นก่อนการเก็บรักษา หลังจากนั้นชั่งผลทุก 3 วัน นำค่าที่ได้มาคำนวณผลดังนี้

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

7. อัตราการหายใจ

ทำการวิเคราะห์ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยการบรรจุผลสับปะรดไว้ในกล่องพลาสติกที่ปิดสนิท และเก็บรักษาไว้ประมาณ 3 ชั่วโมง หลังจากนั้นวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยใช้เครื่อง Gas Analyzer รุ่น Checkmate 9900 ค่าที่วัดได้มีหน่วยเป็นร้อยละคาร์บอนไดออกไซด์ แล้วนำไปคำนวณอัตราการหายใจที่มีหน่วยเป็น mg.CO_2/kg./hr

ประวัติคณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

1.ชื่อ นางสาวนิรมล สันติภาพวิวัฒนา

Miss. Niramon Suntipabvivattana

2.รหัสประจำตัวนักวิจัยแห่งชาติ -

3.ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์

4.หน่วยงานที่สังกัด สำนักวิชาอุตสาหกรรมเกษตร
มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง ตำบลท่าสุด อำเภอเมือง
จังหวัดเชียงราย 57100
โทรศัพท์ 0-5391-7015

5.ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา ประเทศ	ระดับปริญญา	ชื่อปริญญา	สาขาวิชา	สถาบัน
2539 ไทย	ปริญญาตรี	วท.บ (เกษตรศาสตร์)	พืชไร่	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2545 ไทย	ปริญญาโท	วท.ม (เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว)	เทคโนโลยี-หลังการเก็บเกี่ยว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ผู้ร่วมวิจัย

1.ชื่อ นางสาวเนตรา สมบูรณ์แก้ว

Miss Nettra Somboonkaew

2.รหัสประจำตัวนักวิจัยแห่งชาติ -

3.ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์

4.หน่วยงานที่สังกัด สำนักวิชาอุตสาหกรรมเกษตร

มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง ตำบลท่าสุด อำเภอเมือง

จังหวัดเชียงราย 57100

โทรศัพท์ 0-5391-7015

5.ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา ประเทศ	ระดับปริญญา	ชื่อปริญญา	สาขาวิชา	สถาบัน
2541/ ประเทศไทย	ปริญญาตรี	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เทคโนโลยีชนบท)	เทคโนโลยีชนบท	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
2544/ ประเทศอังกฤษ	ปริญญาโท	Master of Science (Postharvest Technology)	Postharvest Technology	Writtle College; University of Essex