อภินันทนาการ

สัญญาเลขที่ AG-AR 064/2552

สำนักหอสมุด

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ ผลของไคโตซานต่อคุณภาพหลังเก็บเกี่ยวและอายุการเก็บรักษาของหน่อไม้ฝรั่ง

Effect of Chitosan on Postharvest Quality and Storage Life of Asparagus Spears (*Asparagus officinalis* L.).

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร
วันลงทะเบียน 29 ก.ค. 2554
เลขทะเบียน.....
เลขเรียกหนังสือ.....

ผู้วิจัย
มยุรี กระจายกลาง

สังกัด
ภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร

คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก

สนับสนุนโดยกองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยนเรศวร

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ ได้รับทุนสนับสนุนจากกองทุนวิจัย มหาวิทยาลัยนเรศวร งบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2552 ในสาขาเกษตรศาสตร์และชีววิทยา ผู้วิจัย ขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่สนับสนุนงบประมาณประกอบการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณ นางสาวสุธิกา สมวรรณ ผู้ช่วยนักวิจัย รวมทั้ง เจ้าหน้าที่ประจำคณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร ทุกท่านที่มีส่วนอำนวยความสะดวก ให้ความช่วยเหลือในห้องปฏิบัติการและสนับสนุนข้อมูลให้การทำงานวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

มยุรี กระจายกลาง

30 มีนาคม 2553

บทคัดย่อ

มหาวิทยาลัยนเรศวร

ส่วนที่ 1 รายละเอียดเกี่ยวกับโครงการวิจัย

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย)	ผลของไคโตซานต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและอายุการเก็บรักษาของหน่อไม้ฝรั่ง
(ภาษาอังกฤษ)	Effect of Chitosan on Postharvest Quality and Storage Life of Asparagus Spears (*Asparagus officinalis* L.)
ชื่อผู้วิจัย	นางสาว มยุรี กระจายกลาง
หน่วยงานที่สังกัด	ภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก
หมายเลขโทรศัพท์	(office) 055 - 962722
ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยสาขา	เกษตรศาสตร์และชีววิทยา
งบประมาณแผ่นดิน	ประจำปีงบประมาณ 2552
จำนวนเงิน	240,000 บาท ระยะเวลาทำการวิจัย 12 เดือน
ตั้งแต่	เดือน 1 ธันวาคม 2551 ถึง เดือน 30 พฤศจิกายน 2552

ส่วนที่ 2 บทคัดย่อ (ภาษาไทย)

ศึกษาผลของการใช้ไคโตซานต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและอายุการเก็บรักษาของหน่อไม้ฝรั่ง โดยแช่หน่อไม้ฝรั่งในไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 0 (น้ำกลั่น, ชุดควบคุม) 0.5 1.0 และ 2.0% (w/v) นาน 30 วินาที หลังจากนั้นบรรจุลงในถุงพลาสติกปิดปากถุง ก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้แช่ (5.82±0.04 °C; 75.55±0.23% RH) นาน 14 วัน ตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เช่น เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงสีผิว สภาพภายนอก ความแน่นเนื้อ ตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของน้ำคั้นหน่อไม้ฝรั่ง เช่น ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง รวมทั้ง ประเมินอายุการเก็บรักษา วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ประกอบด้วย 3 ซ้ำ ๆ ละ 12 หน่อ วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลด้วย Analysis of Variance (ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple rang test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดำเนินการทดลองช่วงเดือน มีนาคม-เมษายน ของปี 2552 จากการทดลองพบว่า ไคโตซานที่ระดับ 1.0% (w/v) มีแนวโน้มช่วยชะลอการเสื่อมสภาพของหน่อไม้ฝรั่งได้ดีที่สุด โดยประเมินจากการเปลี่ยนแปลงของสีผิวและความแน่นเนื้อ ซึ่งให้อายุการเก็บรักษาสูงสุด เท่ากับ 11.8 วัน ในขณะที่ชุดควบคุมมีอายุการเก็บรักษาเพียง 9.8 วัน ณ อุณหภูมิตู้แช่

บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)

Effect of chitosan on postharvest quality and storage life of asparagus (*Asparagus officinalis* L.) spears was studied by soaking asparagus spears in chitosan at 0 (distilled water; a control), 0.5, 1.0 and 2.0% (w/v) for 30 s. The spears were then kepted in plastic bags, and stored at cool room temperature (5.82±0.04 °C; 75.55±0.23% RH) for 14 days. Changes in physical properties (weight loss, colour, external appearance and firmness), chemical properties of spear juices (SSC, TA, pH), and shelf life were recorded during the period of storage. Experiment was conducted in CRD with three replications (12 spears per rep.) during summer of the year 2009. Data was performed by using ANOVA. Means were compared using DMRT at the 5% level. The results showed that chitosan at 1.0% (w/v) appeared to be the most suitable condition to maintain postharvest quality of asparagus by maintaining spears' colour and keeping spears' firmness. Therefore, storage life of asparagus could be extended to 11.8 days, compared to a control only 9.8 days at cool room temperature.

สารบัญเรื่อง

เนื้อหา	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อ	ข
สารบัญเรื่อง	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อที่ใช้ในงานวิจัย	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	3
1.3 ขอบเขตและข้อจำกัดของการวิจัย	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.5 หน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์	4
บทที่ 2 การทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง	**5**
2.1 ความสำคัญทางเศรษฐกิจของหน่อไม้ฝรั่ง	5
2.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์	6
2.3 หน่อไม้ฝรั่งที่พบในประเทศไทย	7
2.4 การขยายพันธุ์และการปลูกหน่อไม้ฝรั่ง	8
2.5 การเก็บเกี่ยวหน่อไม้ฝรั่ง	10
2.6 การปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว	10
2.7 โรคและแมลงศัตรูของหน่อไม้ฝรั่ง	11
2.8 ปัญหาหลังการเก็บเกี่ยวหน่อไม้ฝรั่ง	**12**
2.9 ปัจจัยที่มีผลต่อการสูญเสียของผลิตผลสดภายหลังการเก็บเกี่ยว	**13**
2.10 แนวทางการลดการสูญเสียผักและผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว	**15**

สารบัญเรื่อง (ต่อ)

เนื้อหา	หน้า
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	**21**
3.1 การเตรียมพืชทดสอบก่อนการเก็บรักษา	21
3.2 แผนการทดลองและทรีตเมนต์	21
3.3 การเตรียมสารละลายไคโตซาน	21
3.4 การบันทึกข้อมูล	22
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	25
บทที่ 4 ผลการทดลอง	**26**
บทที่ 5 วิจารณ์	**57**
บทที่ 5 สรุป	**63**
บรรณานุกรม	**64**
ภาคผนวก	**70**

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตาราง 1.1 แสดงเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของหน่อไม้ฝรั่ง	**31**
ตาราง 1.2 แสดงคุณลักษณะจากการประเมินโดยประสาทสัมผัสของหน่อไม้ฝรั่ง	**32**
ตาราง 1.3 แสดงค่า L* ที่ตำแหน่ง 1, 2 และ 3 เซนติเมตร ของหน่อไม้ฝรั่ง	34
ตาราง 1.4 แสดงค่า a* ที่ตำแหน่ง 1, 2 และ 3 เซนติเมตร ของหน่อไม้ฝรั่ง	35
ตาราง 1.5 แสดงค่า b* ที่ตำแหน่ง 1, 2 และ 3 เซนติเมตร ของหน่อไม้ฝรั่ง	36
ตาราง 1.6 แสดงค่า C* ที่ตำแหน่ง 1, 2 และ 3 เซนติเมตร ของหน่อไม้ฝรั่ง	37
ตาราง 1.7 แสดงค่า h° ที่ตำแหน่ง 1, 2 และ 3 เซนติเมตร ของหน่อไม้ฝรั่ง	38
ตาราง 1.8 แสดงค่าแรงเฉือนของหน่อไม้ฝรั่ง	39
ตาราง 1.9 แสดงค่าเฉลี่ย pH ของน้ำคั้นหน่อไม้ฝรั่ง	40
ตาราง 1.10 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำของน้ำคั้นหน่อไม้ฝรั่ง	40
ตาราง 1.11 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณกรดที่ไตรเตรทได้ของน้ำคั้นหน่อไม้ฝรั่ง	41
ตาราง 1.12 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าวิตามินซีของน้ำคั้นหน่อไม้ฝรั่ง	41
ตาราง 1.13 แสดงปริมาณ Chlorophyll a, Chlorophyll b และ Chlorophyll Total ของหน่อไม้ฝรั่ง	42
ตาราง 1.14 แสดงปริมาณเส้นใยของหน่อไม้ฝรั่งส่วนยอด กลาง และโคน ของหน่อไม้ฝรั่ง	**43**
ตาราง 1.15 แสดงอายุการเก็บรักษาของหน่อไม้ฝรั่ง	**44**

สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
ภาพที่ 1 แสดงลักษณะของหน่อไม้ฝรั่งที่ตั้งตรงไม่โค้งงอ ปลายยอดตูมไม่บาน ไม่มีรอยตำหนิปราศจากโรคและแมลง ในวันที่ 0 (ณ วันแรกที่เริ่มทำการทดลอง)	**45**
ภาพที่ 2 แสดงการชุบหน่อไม้ฝรั่งในไคโตซาน ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ นาน 30 วินาที	45
ภาพที่ 3 แสดงลักษณะการเก็บรักษา ณ อุณหภูมิตู้เย็น	46
ภาพที่ 4 แสดงระดับการประเมินการเปลี่ยนแปลงสีผิวของหน่อไม้ฝรั่ง โดยใช้คะแนน 1-7	47
ภาพที่ 5 แสดงระดับการประเมินสภาพภายนอกของหน่อไม้ฝรั่ง โดยใช้คะแนน 1-7	47
ภาพที่ 6 แสดงระดับการประเมินความสดและอ่อนนิ่มของหน่อไม้ฝรั่ง โดยใช้คะแนน 1-7	48
ภาพที่ 7 แสดงการประเมินระดับความรุนแรงของหน่อไม้ฝรั่ง โดยใช้คะแนน 1 – 7	48
ภาพที่ 8 แสดงสภาพภายนอกของหน่อไม้ฝรั่งภายหลังใช้ไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ณ วันที่เริ่มทดสอบ (day 0)	49
ภาพที่ 9. แสดงสภาพภายนอกของหน่อไม้ฝรั่งภายหลังใช้ไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ แสดงภาพ ณ วันที่ 2 หลังการทดสอบ (day 2)	50
ภาพที่ 10. แสดงสภาพภายนอกของหน่อไม้ฝรั่งภายหลังใช้ไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ แสดงภาพ ณ วันที่ 4 หลังการทดสอบ (day 4)	51
ภาพที่ 11. แสดงสภาพภายนอกของหน่อไม้ฝรั่งภายหลังใช้ไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ **แสดงภาพ ณ วันที่ 6 หลังการทดสอบ (day 6)**	**52**
ภาพที่ 12. แสดงสภาพภายนอกของหน่อไม้ฝรั่งภายหลังใช้ไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ แสดงภาพ ณ วันที่ 8 หลังการทดสอบ (day 8)	**53**

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ	หน้า
ภาพที่ 13. แสดงสภาพภายนอกของหน่อไม้ฝรั่งภายหลังใช้ไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ แสดงภาพ ณ วันที่ 10 หลังการทดสอบ (day 10)	**54**
ภาพที่ 14. แสดงสภาพภายนอกของหน่อไม้ฝรั่งภายหลังใช้ไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ แสดงภาพ ณ วันที่ 12 หลังการทดสอบ (day 12)	55
ภาพที่ 15.แสดงสภาพภายนอกของหน่อไม้ฝรั่ งภายหลังใช้ไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ แสดงภาพ ณ วันที่ 14 หลังการทดสอบ (day 14)	56

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อที่ใช้ในงานวิจัย

Ag^+	silver ion	(โลหะเงิน)
C_2H_4	ethylene	(ฮอร์โมนพืชชนิดหนึ่ง มีสถานะเป็นก๊าซ มีผลต่อกระบวนการสุกของผลไม้ และการเสื่อมสภาพของพืช)
$CaCl_2$	calcium chloride	(แคลเซียมคลอไรด์)
CH_3COOH	acetic acid	(กรดอะซิติก หรือ น้ำส้มสายชู)
CI	Chilling injury	(อาการสะท้านหนาว)
day 0	the first day of experiment	(วันที่เริ่มการทดลอง)
day 2	the second day of experiment	(วันที่สองของการเก็บรักษา)
2,4-D	2-4-dichlorophenoxyacetic acid	(ฮอร์โมนพืชกลุ่มออกซิน)
g	gram	(กรัม)
g/L	gram per litre	(กรัมต่อลิตร)
GA	Gibberellin	(ฮอร์โมนพืชในกลุ่มของจิบเบอเรลลิน)
hr	hour	(ชั่วโมง)
Kg	kilogram	(กิโลกรัม)
M	Molar	(โมล)
meq. Wt.	Mili equivalent of weight	(จำนวนกรัมในหนึ่งโมเลกุล)
min	minute	(นาที)
sec	seconds	(วินาที)
ml	millilitre	(มิลลิลิตร)
mm	millimeter	(มิลลิเมตร)
mg/L	milligram per litre	(มิลลิกรัมต่อลิตร)
1-MCP	1-methylcyclopropene	(สารเคมีที่มีฤทธิ์ยับยั้งการทำงาของเอทธิลีน)
ppb	part per billion	(1 ส่วน ใน พันล้านส่วน)
ppm	part per million	(1 ส่วน ใน ล้านส่วน)
RH	Relative humidity	(ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ)
STS	silver thiosulphate	(สารประกอบโลหะเงิน)
^oC	degree Censius	(องศา เซนเซียส)
$\mu l\ l^{-1}$	micro litre per litre	(ไมโคร ลิตร ต่อ ลิตร)
%	percent	(สัดส่วน เป็น เปอร์เซ็นต์)
®	-	(สัญลักษณ์ชื่อทางการค้า)

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

หน่อไม้ฝรั่ง (Asparagus; *Asparagus officinalis* L.) จัดอยู่ในตระกูล Liliaceae จัดเป็นพืชผักที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย ปัจจุบันจัดเป็นพืชผักที่มีศักยภาพอันดับหนึ่งในการส่งออก และมีแนวโน้มขยายตัวอย่างต่อเนื่องทุกปี ในปี 2541 มีปริมาณและมูลค่าการส่งออกเท่ากับ 1,587 ตัน มูลค่า 207.5 ล้านบาทเพิ่มขึ้นจากปี 2539 ที่มีการส่งออกเพียง 1,133 ตัน คิดเป็นมูลค่า 103.6 ล้านบาท (เอื้องฟ้า, 2543) และในปี 2543 เฉพาะญี่ปุ่นประเทศเดียว ซึ่งถือเป็นตลาดต่างประเทศที่สำคัญที่สุด สั่งนำเข้าหน่อไม้ฝรั่ง (หน่อเขียว) จากประเทศไทย รวม 1,886.60 ตัน (วรรณภา, 2545) นอกจากความต้องการหน่อไม้ฝรั่งบริโภคสดแล้วยังมีการส่งออกในรูปของหน่อไม้ฝรั่งบรรจุกระป๋อง ซึ่งก็มีปริมาณการส่งออกบ้าง แต่ส่วนแบ่งตลาดยังไม่มากนัก (กมลและคณะ, 2544)

ปัจจุบันพื้นที่ปลูกทั้งประเทศ (ปี 2544/2545) มี 9,800 ไร่ ผลผลิต รวม 11,760 ตัน พื้นที่ปลูกส่วนใหญ่กระจายตัวอยู่แถบภาคตะวันตก โดยเฉพาะจังหวัด ราชบุรี นครปฐม กาญจนบุรี คิดเป็นพื้นที่การปลูกร้อยละ 74 ของพื้นที่ทั้งหมด ซึ่งเป็นการรวมกลุ่มกันผลิตเพื่อส่งให้กับโรงงาน โดยมีการทำสัญญาตกลงซื้อขายกันล่วงหน้าปีต่อปี โดยมีกรมส่งเสริมการเกษตรเป็นผู้ดูแลกำกับให้มีการปฏิบัติตามข้อตกลงของสัญญาทั้งสองฝ่าย (วรรณภา, 2545)

หน่อไม้ฝรั่งเป็นพืชผักที่ต้องดูแลเอาใจใส่เป็นพิเศษตั้งแต่ขบวนการผลิตจนถึงขบวนการการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว (Postharvest) เพื่อให้ได้คุณภาพตรงตามความต้องการของตลาด โดยทั่วไปภายหลังจากการทำความสะอาด หน่อไม่ฝรั่งจะถูกนำมาคัดขนาด ตัดแต่งและบรรจุ ก่อนนำไปเก็บรักษาไว้ในห้องเย็น ประมาณ 2-5 องศาเซลเซียส ($^{\circ}$C) (วรรณภา, 2545) อย่างไรก็ตาม ปัญหาหลักที่พบในระหว่างในระหว่างการขนส่งและการเก็บรักษา คือ การหัก บอบช้ำ รวมทั้ง การเน่าเสีย นอกจากนี้แล้วเนื่องจากประเทศไทยอยู่ในเขตอากาศร้อนและชื้น ผักและผลไม้ส่วนใหญ่จึงยิ่งมีอายุการเก็บรักษาที่สั้นหากเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง โดยเฉพาะ ผักและที่มีเปลือกบาง มักชอกช้ำและเสียหายง่าย เนื่องจากเกิดการสูญเสียน้ำ และเกิดการเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือก นอกจากนี้ยังเอื้ออำนวยต่อการเข้าทำลายของเชื้อจุลินทรีย์ต่าง ๆ ส่งผลให้มีอัตราการเน่าเสียสูง คุณภาพต่ำ ทำให้ไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค และขายได้ในราคาที่ต่ำ (จริงแท้, 2542) ดังนั้น การพัฒนาหาวิธีการลดการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่ง

การเก็บรักษาผลิตผลที่อุณหภูมิต่ำร่วมกับการบรรจุในสภาพดัดแปลงบรรยากาศเป็นขบวนการหนึ่งที่นิยมใช้สำหรับการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลทางการเกษตรในปัจจุบัน เนื่องจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำทำให้กระบวนการทางชีวเคมีเกิดขึ้นช้าลง เช่น อัตราการหายใจ อัตราการผลิตแก๊สเอทธิลีน และยับยั้งขบวนการเมตาโบลิซึมของจุลินทรีย์ (จริงแท้, 2542; Kader, 1992) นอกจากนี้การเก็บรักษาที่

อุณหภูมิต่ำร่วมกับการบรรจุในสภาพดัดแปลงบรรยากาศของภาชนะบรรจุ น่าจะมีความสำคัญ ในการเก็บรักษา และป้องกันการสูญเสียน้ำในไม้ผลแต่ละชนิดได้ แต่อย่างไรก็ตามความสำเร็จของการเก็บรักษาต้องขึ้นอยู่กับระดับของอุณหภูมิที่เหมาะสมกับชนิดของผลิตผลนั้น ๆ และการปฏิบัติที่ถูกต้องในขณะบรรจุหีบห่อ และบ่อยครั้งยังพบว่าการบรรจุที่ไม่ดีอาจมีการปนเปื้อนของเชื้อสาเหตุที่ทำให้ผลิตผลเกิดการเน่าเสียได้

การเคลือบผิวเป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลได้ และจัดเป็นการเก็บรักษาผลิตผลในสภาพดัดแปลงบรรยากาศแบบหนึ่ง เพราะการเคลือบผิวจะเป็นการจำกัดการแลกเปลี่ยนก๊าซในผลิตผล (จริงแท้และธีรนุต, 2543) คล้ายกับการเก็บรักษาไว้ในถุงพลาสติก อย่างไรก็ตามการใช้สารเคลือบผิวมีข้อกัดในการเลือกชนิดและระดับความเข้มข้นให้เหมาะสมกับผลไม้แต่ละชนิด นอกจากนี้ค่านิยมของการใช้สารสกัดจากธรรมชาติเพื่อทดแทนการใช้สารเคมี ในปัจจุบัน ส่งผลให้มีการพัฒนาหาสารสกัดจากธรรมชาติที่ให้ผลต่อการเก็บรักษาในสภาพดัดแปลงบรรยากาศ เช่น ไคโตซาน (Chitosan) จึงเป็นทางเลือกใหม่อีกทางหนึ่งที่น่าส่งเสริมและพัฒนามาประยุกต์ใช้ในการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลทางการเกษตร

ไคโตซาน(Chitosan) เป็นอนุพันธุ์ของไคติน(Chitin) ซึ่งเป็นโพลิเมอร์ชีวภาพในกลุ่มคาร์โบไฮเดรตที่มีมากเป็นอันดับสองรองจากเซลลูโลส (Cellulose) ไคตินมีสูตรโครงสร้างคล้ายคลึงกับเซลลูโลสซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของผนังเซลล์พืช แต่อย่างไรก็ตามไคตินเป็นโพลิเมอร์ในสัตว์ โดยเฉพาะเป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์ที่เป็นเส้นใย ที่ทำหน้าที่ยึดสารต่างๆให้เป็นแผ่นหรือเป็นเส้นที่แข็งแรงสามารถห่อหุ้มอวัยวะภายในได้ เช่น ปีกแมลงต่างๆ เลือกหุ้มอวัยวะของสัตว์ที่มีปล้อง เช่น กุ้ง ปู หอย เป็นต้น (สมใจ, 2546) ไคโตซานมีประสิทธิภาพเหนือกว่าไคตินในส่วนของความสามารถในการละลายน้ำที่สูงกว่าไคติน ในปัจจุบันจึงได้มีการสกัดและนำมาประยุกต์ใช้ในกิจกรรมทางชีวภาพมากยิ่งขึ้น ทั้งในด้านการแพทย์ (การรักษาโรคและการเสริมความงาม) ทางสิ่งแวดล้อมตลอดจนการนำมาใช้เป็นสารเคลือบผิวผลิตผลทางการเกษตรเพื่อลดการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวเป็นต้น

จากการศึกษาของ Choi *et al.* (2002) ภายหลังการใช้ไคโตซานเป็นสารเคลือบผิวในผลิตผลทางการเกษตร พบว่า สามารถควบคุมคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลได้ในระดับหนึ่ง และพบว่าการเคลือบผลมะนาวด้วยไคโตซาน 0.5% (w/v) และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 25 และ 13 $^{\circ}$C สามารถยืดอายุการเก็บรักษาไว้ได้นานถึง 19 และ 70 วัน ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับที่ไม่ใช้ไคโตซาน (เก็บรักษาได้เพียง 17 และ 50 วัน ตามลำดับ) (Boontawee, 2002) นอกจากนี้ยังพบว่าไคโตซานมีประสิทธิภาพสูงในการควบคุมโรคที่เกิดหลังการเก็บเกี่ยว ซึ่งมีผลโดยตรงต่อการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลทางการเกษตร ทั้งในผลไม้และผักสด อาทิ แอปเปิ้ล (Gemma and Du, 1996) สาลี่ (ดนัย และ เสาวคนธ์, 2545) มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้และพันธุ์เขียวเสวย (Luimnark, 1998) องุ่น (Romanazzi *et al.*, 2002) แครอท (Cheah *et al.*, 1997) มะเขือเทศ (Reddy *et al.*, 1998) ลิ้นจี่ (มยุรี, 2546) ละมุด (ชิโรวรรณและคณะ, 2549) กล้วยไข่ (มยุรี, 2551) และมะละกอ (มยุรี, 2552: เอกสารยังไม่ตีพิมพ์) เป็นต้น จะเห็นได้ว่าไคโต

ซานมีคุณสมบัติที่โดดเด่นและหลากหลาย และยังย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ จึงเป็นสารที่มีความปลอดภัยในการใช้กับมนุษย์ สัตว์และสิ่งแวดล้อม

ดังนั้น ผู้วิจัยได้ตระหนักถึงความสำคัญของปัญหาดังกล่าวจึงได้จัดทำโครงการวิจัยเพื่อศึกษาลักษณะที่เกิดขึ้นให้เกิดความเข้าใจถึงการเปลี่ยนแปลงพื้นฐานอันจะนำไปสู่การพัฒนาหาวิธีการในการชะลอการเสื่อมสภาพ ดังกล่าว ซึ่งจะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของจัดการหลังเก็บเกี่ยว ลดการสูญเสียทั้งปริมาณและคุณภาพให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพและมาตรฐานตามความต้องการของผู้บริโภค รวมทั้งเผยแพร่เทคโนโลยีหรือทางเลือกใหม่ในการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวดังกล่าวให้แก่เกษตรกร ผู้ประกอบธุรกิจเกี่ยวกับหน่อไม้ฝรั่งและนักวิชาการที่เกี่ยวข้องในอนาคต อันจะส่งผลให้หน่อไม้ฝรั่งดังกล่าวมีคุณภาพและมาตรฐานต่อผู้บริโภค เป็นที่ยอมรับของตลาดทั้งภายในและต่างประเทศ ซึ่งส่วนหนึ่งเป็นการเพิ่มมูลค่าสินค้าเกษตรเพื่อการส่งออก นอกจากนี้ยังเป็นการเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกร ผู้ส่งออก และธุรกิจที่เกี่ยวข้อง อันจะนำไปสู่การพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศโดยส่วนรวมและเป็นไปตามยุทธศาสตร์การพัฒนาขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศตามมติคณะรัฐมนตรี

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาผลของการเคลือบผิวหน่อไม้ฝรั่งด้วยไคโตซานต่อคุณภาพหลังเก็บเกี่ยวและอายุการเก็บรักษา ณ อุณหภูมิตู้แช่ โดยประเมินการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมีบางประการที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพของหน่อไม้ฝรั่ง

1.3 ขอบเขตและข้อจำกัดของการวิจัย

เป็นการศึกษาพียงฤดูกาลผลิตในปี 2552 เท่านั้น และเป็นการเปรียบเทียบระดับความเข้มข้นของสารเคลือบผิวไคโตซานเพื่อชะลอการเสื่อมสภาพของหน่อไม้ฝรั่งในห้องปฏิบัติการ เท่านั้น ยังไม่ได้มีการดำเนินการในพื้นที่ผลิตจริง

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทราบข้อมูลพื้นฐานในการเปลี่ยนแปลงทั้งทางกายภาพ และทางเคมีที่สอดคล้องกับคุณภาพของหน่อไม้ฝรั่งหลังการเก็บเกี่ยว

1.4.2 ทราบศักยภาพความเป็นไปได้ของการเคลือบผิวด้วยไคโตซานร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำต่อคุณภาพของหน่อไม้ฝรั่ง

1.4.3 สามารถพัฒนาวิธีการหรือแนวทางใหม่ในการชะลอการเสื่อมสภาพและยืดอายุการเก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่งได้ รวมทั้งสามารถนำความรู้ที่ได้ไปสู่การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวในเชิงพาณิชย์ต่อไป

1.4.4 สามารถพัฒนาเป็นเอกสารเผยแพร่ข้อมูลพื้นฐานในวารสารวิชาการต่าง ๆ ได้

1.5 หน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1.5.1 หน่วยงานภาครัฐ เช่น กรมส่งเสริมการเกษตร กรมวิชาการเกษตร หรือสถาบันอุดมศึกษา รวมไปถึง คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.5.2 หน่วยงานภาคเอกชน เช่น บริษัทส่งออก, กลุ่มพ่อค้าขายปลีก และ ขายส่งทั้งในและต่างประเทศ, กลุ่มร้านค้าที่มีการค้าขายผลิตผลทางการเกษตร และเกษตรกรกลุ่มผู้ผลิต ในรูปแบบของข้อมูล เอกสารเผยแพร่งานวิจัยถึงแนวทางการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวที่ถูกต้องต่อการเก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่ง รวมทั้งวิธีการเคลือบผิวที่ถูกต้อง

บทที่ 2
การทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความสำคัญทางเศรษฐกิจของหน่อไม้ฝรั่ง

หน่อไม้ฝรั่งมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Asparagus officinalis* L. จัดอยู่ในวงศ์ Liliaceae (กรมพัฒนาที่ดิน, 2546) มีถิ่นกำเนิดอยู่ที่ประเทศแถบชายฝั่งทะเลเมดิเตอร์เรเนียนและเอเชียตะวันออกกลาง ก่อนที่จะแพร่เข้าสู่ประเทศแถบยุโรป และต่อมาชาวตะวันตกก็ได้นำพืชผักชนิดนี้ไปปลูกต่อในประเทศจีนและคาบสมุทรมลายู จนแพร่หลายไปทั่วโลก รวมทั้งในประเทศไทยด้วย

หน่อไม้ฝรั่งเป็นพืชผักที่ได้รับความสนใจมากในปัจจุบัน เพราะเป็นพืชที่มีแนวโน้มในด้านความต้องการของตลาดสูง ทั้งการส่งออกในรูปหน่อสดและอุตสาหกรรมแปรรูป ดังนั้นเกษตรกรจึงเริ่มหันมาปลูกหน่อไม้ฝรั่งกันมากขึ้นๆ หน่อไม้ฝรั่งที่พบเห็นอยู่ทั่วๆ ไป มีทั้งชนิดหน่อสีขาวซึ่งใช้สำหรับแปรรูป มีปลูกกันมากที่จังหวัดสุพรรณบุรี และชนิดหน่อสีเขียว ซึ่งใช้รับประทานสด มีปลูกกันมากที่จังหวัดนครปฐม กาญจนบุรี นนทบุรี และนครราชสีมา ไม่ว่าจะเป็นหน่อชนิดใดก็ตาม การปลูกจะมาจากพันธุ์เดียวกัน หรืออาจจะปลูกจากต่างพันธุ์กันก็ได้ แต่จะให้ผลผลิตหน่อสีขาว หรือสีเขียวขึ้นอยู่กับวิธีการปฏิบัติซึ่งแตกต่างกัน ถ้าต้องการให้ได้หน่อสีขาว ก็ต้องพูนโคนกลบดินให้สูงประมาณ 30 เซนติเมตร ประเทศในเขตอบอุ่น เช่น ในยุโรป อเมริกา และญี่ปุ่น จะเก็บหน่อมาใช้ประโยชน์ได้เฉพาะในฤดูใบไม้ผลิ ในขณะที่ประเทศไทยนั้นสามารถปลูกและเก็บเกี่ยวหน่อไม้ฝรั่งได้ตลอดทั้งปี เราจึงควรใช้ความได้เปรียบนี้ผลิตหน่อไม้ฝรั่งเพื่อการส่งออกในช่วงเวลาที่ประเทศเหล่านั้นไม่สามารถเก็บผลผลิตได้ อันเนื่องมาจากฤดูกาลไม่เหมาะสม เนื่องจากหน่อไม้ฝรั่งเป็นพืชค่อนข้างใหม่ เทคโนโลยีการผลิตที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทยอยู่ในขั้นกำลังพัฒนา แม้ว่าจะมีการปลูกหน่อไม้ฝรั่งในประเทศไทยมานานแล้วก็ตาม แต่วิธีการปลูก พันธุ์ที่ใช้ปลูก การปฏิบัติดูแลรักษา ตลอดจนเทคนิคต่าง ๆ ในการเพิ่มผลผลิตและวิธีการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว เพื่อให้ได้หน่อที่มีคุณภาพที่ดีที่สุดเป็นที่ต้องการของตลาดยังไม่เป็นที่เปิดเผยมากนัก

สำหรับสถานการณ์การผลิตของประเทศไทยในปัจจุบันประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกและผลิตหน่อไม้ฝรั่งเพิ่มขึ้นทุกปีโดยในปี 2543 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกหน่อไม้ฝรั่งเพียง 6,123 ไร่ ผลผลิตรวม 5,674 ตัน แต่ในปี 2547 ไทยมีพื้นที่ปลูกเพิ่มขึ้นเป็น 13,145 ไร่ ผลผลิตรวม 19,717.5 ตัน เพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 114 และ 247 ตามลำดับ ส่งผลให้ในปี 2547 ไทยเป็นผู้ผลิตหน่อไม้ฝรั่งในอันดับที่ 15 ของโลก โดยมีประเทศจีนเป็นผู้ผลิตและส่งออกอันดับ 1 ของโลก ซึ่งพื้นที่ปลูกหน่อไม้ฝรั่งของไทยส่วนใหญ่จะปลูกหน่อไม้ฝรั่งแบบหน่อเขียวโดยปลูกในจังหวัดนครปฐม ราชบุรี กาญจนบุรี สุพรรณบุรี ประจวบคีรีขันธ์ กาฬสินธุ์ สกลนคร มหาสารคาม นครราชสีมา ร้อยเอ็ดและสระแก้ว

สำหรับทิศทางการส่งออกหน่อไม้ฝรั่งของไทยในรอบ 5 ปี ที่ผ่านมาพบว่ามีมูลค่าเพิ่มขึ้นทุกปี จากปี 2543 ที่สามารถส่งออกได้ปริมาณ 3,819 ตัน มูลค่า 258 ล้านบาท ปี 2547 ไทยส่งออกหน่อไม้ฝรั่ง

ปริมาณ 10,872 ตัน คิดเป็นมูลค่ากว่า 899 ล้านบาท โดยประเทศคู่ค้าที่สำคัญของไทย คือ ญี่ปุ่นและไต้หวัน ซึ่งไต้หวันไทยส่งออกในปริมาณร้อยละ 58 และญี่ปุ่นไทยส่งออกประมาณร้อยละ 36 และในปี 2548 ประเทศไทยส่งออกหน่อไม้ฝรั่งเป็นปริมาณ 15,772 ตัน คิดเป็นมูลค่ากว่า 1,134,806 ล้านบาทในรูปของหน่อสดหรือแช่แข็งและในปี 2549 ประเทศไทยส่งออกหน่อไม้ฝรั่งเป็นปริมาณ 14,272 ตัน คิดเป็นมูลค่ากว่า 994,090 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2550)

2.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

หน่อไม้ฝรั่งเป็นพืชข้ามปี สามารถมีอายุนาน 3-10 ปี ลักษณะต้นเป็นไม้เนื้ออ่อน ลำต้นเจริญจากเหง้าใต้ ดิน ใบมีลักษณะคล้ายเข็ม เมื่อแก่จะตายและมีรากใหม่ ระบบรากเป็นระบบรากชั่วคราว เมื่อแก่จะตายและมีรากใหม่ ดอกเพศผู้และเพศเมียแยกกันอยู่คนละต้น หน่อไม้ฝรั่งเจริญเติบโตได้ดี ในสภาพดินร่วนซุยระบายน้ำดี pH 6-6.7 อุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 20-30°C หน่อไม้ฝรั่งประกอบด้วย (สุนทร , 2539)

ราก รากของหน่อไม้ฝรั่งมี 2 ชนิด คือ รากเนื้อ หรือรากแก้ว (fleshy root หรือ tuberous root) และรากฝอย (fibrous root)

รากเนื้อ เกิดจากส่วนตาของลำต้นใต้ดิน (root stock) มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1/8 - 1/4 นิ้ว ทำหน้าที่เก็บสะสมอาหารและยึดลำต้นให้ตั้งอยู่ได้ เป็นรากที่ดูดซึมอาหารได้ดีเท่ารากฝอย ที่ผิวนอกของรากเนื้อมีรากขนอ่อน (root hair) ปกคลุมอยู่ทั่วไป รากเนื้อจะแผ่ขยายได้ปีละ 1 ฟุต สำหรับความลึกของการหยั่งรากขึ้นอยู่กับความลึกของหน้าดิน ความลึกของระดับน้ำใต้ดิน และความชื้นในดิน โดยทั่วไปจะสามาระหยั่งลึกลงไปในดินได้มากกว่า 1 เมตร จึงควรเลือกปลูกหน่อไม้ฝรั่งในดินที่มีหน้าดินลึก

รากฝอย เป็นรากที่แตกออกจากรากเนื้อ ทำหน้าที่ดูดซึมอาหารในดิน (absorptive root) และยึดเหนี่ยวให้ต้นตั้งอยู่ได้ ปกติจะทำหน้าที่ได้เพียง 1 ปี ก็จะตายไป

ลำต้นและใบ ส่วนของลำต้นในดิน (root stock หรือ rhizome หรือ crown) ติดอยู่กับส่วนราก ส่วนของลำต้นเหนือดินจะเจริญมาจากตาข้างของลำต้นใต้ดิน เมื่อเจริญขึ้นมาเป็นยอดแล้ว เรียกว่า ตายอด (bud shoot) หรือ สเปียร์ หรือหน่อ ปลายของหน่อจะปกคลุมด้วยใบแท้ ซึ่งต่อมาเมื่อหน่อเจริญขึ้นจะเห็นใบแท้เป็นเกล็ดบาง ๆ อยู่บริเวณข้อ ลำต้นเหนือดินจะมีความสูงประมาณ 90-120 เซนติเมตร มีลักษณะคล้ายเฟิร์น ส่วนที่เห็นว่าเป็นใบนั้นแท้จริงแล้วไม่ใช่ใบจริง ๆ แต่เป็นกิ่งก้านที่เปลี่ยนไปทำหน้าที่แทนใบ เรียกว่า คลาโดด (cladodes) หรือ คลาโดฟิล (cladophyll) ซึ่งเป็นส่วนที่สร้างอาหารให้แก่ต้น

ดอกและผล หน่อไม้ฝรั่งเป็นพืชที่มีต้นตัวผู้และต้นตัวเมียแยกต้นกัน คือมีต้นที่ให้ดอกตัวผู้และต้นที่ให้ดอก ตัวเมียอย่างละเท่า ๆ กัน ซึ่งต้องอาศัยแมลงเป็นตัวช่วยผสมเกสร สำหรับต้นตัวผู้อาจให้ดอกที่เป็นดอกสมบูรณ์เพศ แต่น้อยมาก ในประเทศที่มีอากาศร้อนชื้นเช่นในประเทศไทยนั้น ต้นกล้า

หน่อไม้ฝรั่งจะเจริญเติบโตเร็วมาก ภายในเวลา 4 เดือนนับจากวันงอก ต้นหน่อไม้ฝรั่งก็จะออกดอก การจำแนกว่าต้นใดเป็นต้นตัวผู้และต้นใดเป็นต้นตัวเมียสังเกตดูได้จากลักษณะดอกดังนี้

ดอกตัวผู้ มีลักษณะเป็นรูประฆัง มีสีเขียวแกมเหลือง มีขนาดดอกใหญ่ และยาวกว่าดอกตัวเมีย ดอกส่วนใหญ่จะอยู่ตามข้อและอยู่เป็นกลุ่มๆ ละ 2-3 ดอก ภายในดอกประกอบด้วยอับเรณู 6 อัน และเกสรตัวเมียที่ไม่สมบูรณ์

ดอกตัวเมีย มีขนาดเล็กมองเห็นได้ชัดและมีไม่มากเหมือนดอกตัวผู้ ประกอบด้วยเกสรตัวผู้ 6 อัน ที่ไม่สมบูรณ์รังไข่ 3 พู และก้านเกสรตัวเมียขนาดสั้น ดอกตัวเมียและดอกสมบูรณ์เพศจะให้ผลแบบเบอรี่ (berry) ขนาดเล็ก ขณะที่ผลยังอ่อนอยู่จะมีสีเขียว เมื่อผลแก่จะเปลี่ยนเป็นสีแดง ผลมีรูปร่างค่อนข้างกลม โดยปกติแต่ละผลจะมี 3 เมล็ดบางผลมีถึง 6 เมล็ด เมล็ดมีสีดำรูปร่างกึ่งกลมกึ่งเหลี่ยม มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1/8 นิ้ว โดยปกติต้นหน่อไม้ฝรั่งที่ให้ดอกตัวผู้หรือเรียกง่าย ๆ ว่าต้นตัวผู้โดยเฉลี่ยจะให้หน่อสดมากกว่าและนานกว่าต้นตัวเมีย แต่ต้นตัวเมียจะให้หน่อสดที่มีขนาดเฉลี่ยแล้วใหญ่กว่าหน่อสดของต้นตัวผู้

2.3 หน่อไม้ฝรั่งที่พบในประเทศไทย

หน่อไม้ฝรั่งที่นิยมปลูกกันในประเทศไทยมี 2 ลักษณะ คือ ปลูกแบบหน่อเขียวและปลูกแบบหน่อขาว (สุนทร, 2539)

หน่อเขียว หน่อเขียวคือหน่อไม้ฝรั่งที่มีการปล่อยให้หน่ออ่อนงอกพ้นเหนือดินและได้รับแสงแดดอย่างเพียงพอ จึงทำให้ได้หน่อที่มีสีเขียว ปกติจะใช้บริโภคสดหรือแช่แข็ง เพื่อส่งออกไปจำหน่ายยังตลาดต่างประเทศ การปลูกหน่อไม้ฝรั่งแบบหน่อเขียวนี้จะยุ่งยากกว่าหน่อขาว เนื่องจากผู้ปลูกต้องควบคุมคุณภาพของหน่อให้ได้มาตรฐาน คือต้องให้หน่อมีความยาวประมาณ 20-30 เซนติเมตร และให้มีความเขียวของหน่อวัดจากปลายยอดลงมาไม่ต่ำกว่า 18 เซนติเมตรนอกจากนี้ปลายของหน่อซึ่งมีก้านใบเล็ก ๆ จะต้องไม่บาน หน่อไม่โค้งหรือคดงอและมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่ต่ำกว่า 0.8 เซนติเมตรจึงจะขายได้ราคาดี

หน่อขาวหน่อขาวคือหน่อไม้ฝรั่งที่มีการใช้ดินหรือ อินทรีย์วัตถุกลบหรือคลุมโคนต้น เพื่อไม่ให้หน่ออ่อนถูกแสงแดด จึงทำให้หน่อที่ได้เมื่อถอนออกมามีสีขาวหน่อขาวไม่จำเป็นต้องรักษาคุณภาพในเรื่องรูปร่างและขนาดมากเหมือนกับหน่อเขียวเนื่องจากหน่อขาวจะต้องนำมาลอกเปลือกหรือตัดส่วนที่มีตำหนิออกก่อนที่จะนำไปบรรจุลงในกระป๋อง ดังนั้นหน่อขาวจึงขายได้ราคาถูกกว่าหน่อเขียว

ปัจจุบันพันธุ์หน่อไม้ฝรั่งที่ปลูกในประเทศไทยมีอยู่ 5 สายพันธุ์ (สุนทร, 2539) ได้แก่

พันธุ์แมรี่วอชิงตัน เป็นพันธุ์ผสมเปิด (open pollination) พันธุ์แรกที่นำเข้ามาปลูกในประเทศไทย ให้ผลผลิตสูง ต้านทานโรคราสนิม สีของหน่อเป็นสีเขียว

พันธุ์แคลิฟอร์เนีย 309 เป็นพันธุ์ผสมเปิดที่ให้ผลผลิตสูง ต้านทานโรคสูง สีของหน่อเป็นสีเขียว

พันธุ์แคลิฟอร์เนีย 500 เป็นพันธุ์ผสมเปิดที่ให้ผลผลิตสูง หน่อมีขนาดปานกลาง ส่วนปลายหน่อจะมีกาบใบหุ้มแน่น สีของหน่อเป็นเขียว

พันธุ์บร็อคอิมปรู๊ฟ เป็นพันธุ์ลูกผสมที่ให้ผลผลิตดีมาก หน่อมีขนาดใหญ่ โดยเฉพาะส่วนโคนหน่อ จะใหญ่ แต่ส่วนปลายยอดหน่อจะเรียวเล็กกว่า ส่วนโคนส่วนปลายหน่อจะมีกาบใบหุ้มไม่ค่อยแน่น มีปลูกเชิงการค้าในจังหวัดต่าง ๆ ของภาคตะวันตก เช่น จังหวัดนครปฐม ราชบุรี กาญจนบุรี และสุพรรณบุรี ซึ่งพันธุ์นี้เป็นพันธุ์ที่นิยมปลูกในปัจจุบัน จึงเป็นตัวอย่างพันธุ์ที่นำมาศึกษาในงานวิจัยนี้

พันธุ์บร็อคอิมพีเรียล เป็นพันธุ์ลูกผสมที่ให้ผลผลิตดี หน่อมีลักษณะของส่วนปลายหน่อและโคนหน่อกลมมนสวย ส่วนปลายหน่อจะมีกาบใบหุ้มแน่น มีปลูกเชิงการค้าในจังหวัดนครปฐม ราชบุรี กาญจนบุรี

2.4 การขยายพันธุ์และการปลูกหน่อไม้ฝรั่ง

ในการปลูกหน่อไม้ฝรั่งสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การปลูกด้วยเมล็ดเหมือนกับการปลูกผัก และการปลูกด้วยการแบ่งสวนของหน่อไม้ฝรั่งที่อยู่ใต้ดินซึ่งมีอายุมากแล้ว สำหรับการปลูกด้วยเมล็ดนั้น จะต้องทำการเพาะกล้าเสียก่อน (สุนทร, 2539) ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

การเตรียมเมล็ด นำเมล็ดมาแช่น้ำอุ่นที่อุณหภูมิประมาณ 50-55 °C นานครึ่งชั่วโมง แล้วนำไปหุ้มด้วยผ้าชื้นไว้ประมาณ 2 วันหรือแช่น้ำอุ่นเสร็จแล้วนำไปแช่ในน้ำธรรมดานาน 1 วัน ผึ่งเมล็ดให้พอหมาดๆคลุกด้วยยาป้องกันกำจัดเชื้อราแล้วนำไปเพาะทันที

การเตรียมแปลงเพาะกล้า ยกแปลงให้ได้ขนาดกว้าง 1 เมตร ยาว 10 เมตร สูง 30 เซนติเมตร ย่อยดินให้ละเอียดตากดินไว้ 7-10 วันใส่ปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมักที่สลายตัวดีแล้วจำนวน 30 กิโลกรัมต่อแปลง แล้วคลุกกับดินสม่ำเสมอ ปรับหรือเกลี่ยดินในแปลงให้เรียบร้อย ใช้ไม้ทำเป็นร่องลึก 1-2 เซนติเมตร ตามแนวขวางบนแปลง แต่ละร่องห่างกันประมาณ 15-20 เซนติเมตร แล้วจึงหยอดเมล็ดลงในร่อง

การหยอดเมล็ด นำเมล็ดมาหยอดลงในร่องที่เตรียมไว้ หยอดเมล็ดเป็นจุดๆละ 1 เมล็ด ห่างกันจุดละ 10-15 เซนติเมตร เพื่อไม่ให้ต้นกล้าขึ้นแน่นและแย่งอาหารกัน โรยทับด้วยฟูราดานบางๆเพื่อป้องกันแมลง จากนั้นจึงใช้ดินกลบเมล็ดโดยใช้นิ้วเขี่ยดินขอบร่องลงกลบในร่องบางๆแล้วใช้ฟางหรือหญ้าแห้งที่สะอาดคลุมแปลง ละลายยาป้องกันเชื้อรา เช่น แคปแทนหรือแมนโคแซปในอัตรา 2 ช้อนแกงต่อน้ำ 10 ลิตร ใส่บัวรดน้ำราดให้ทั่วแปลงแล้วจึงรดน้ำตาม

การให้น้ำ วิธีการให้น้ำที่เหมาะสมคือ การให้น้ำแบบพ่นฝอยหรือสปริงเกอร์ แต่เนื่องจากวิธีนี้ต้องใช้ต้นทุนสูงจึงหันมาใช้วิธีอื่น เช่น ปล่อยตามร่องหรือให้แบบปั๊มมีสายยางราด

การใส่ปุ๋ย การให้ปุ๋ยในระยะแรก ๆ จะให้ในรูปของปุ๋ยละลายน้ำ โดยใช้ปุ๋ยสูตร 21-0-0 อัตรา 10 กรัม (3-4 ช้อนชา) ต่อน้ำ 20 ลิตรให้สลับกับปุ๋ยสูตร 15-15-15 ในอัตราที่เท่ากัน ละลายปุ๋ยใส่บัวรดน้ำราดบนแปลงแล้วรดน้ำตามให้ชุ่มประมาณ 10-15 วันต่อครั้ง ให้ประมาณ 3-4 ครั้ง จากนั้นเริ่มให้ปุ๋ยเม็ด

สำหรับปุ๋ยเม็ดให้ใช้สูตร 15-15-15 อัตรา 15-20กรัม (5-7 ช้อนชา) ต่อพื้นที่ปลูกประมาณ 1 ตารางเมตรใส่ปุ๋ยเม็ดเดือนละครั้ง ประมาณ 2-3 ครั้ง ใส่พร้อมกับปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยคอก 200-300 กรัม

การตัดแต่งต้นกล้า การตัดแต่งต้นกล้าจะทำให้ต้นโปร่งขึ้น ไม่เป็นที่สะสมของโรคและแมลง และสามารถพ่นสารเคมีป้องกันกำจัดโรคและแมลงได้อย่างทั่วถึง นอกจากนี้การตัดแต่งต้นจะทำให้มีการสะสมอาหารที่เหง้าและตามากขึ้น ทำให้เหง้าและตามีขนาดใหญ่ขึ้น ดังนั้นการตัดแต่งต้นกล้าหน่อไม้ฝรั่งจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งและมักจะทำเมื่อต้นกล้า อายุประมาณ 2 1/2 - 3 เดือนขึ้นไป

การพูนโคนต้นกล้า ถ้าต้นกล้าหน่อไม้ฝรั่งมีเหง้าลอยพ้นดิน มักมีสาเหตุมาจากการที่หยอดเมล็ดตื้น หรือให้น้ำแบบสายยางฉีดรด หรือให้น้ำตามร่องจนชะดินลงมา ดังนั้นควรมีการตรวจแปลงกล้าอย่างสม่ำเสมอ ถ้าพบว่าต้นกล้าที่แตกขึ้นมาใหม่มีขนาดเล็กและเป็นฝอย รากและเหง้าเล็กลง ทำให้ได้ต้นกล้าที่ไม่สมบูรณ์ จึงควรทำการพรวนดินกลบเหง้า (พูนโคนต้น) ต้นกล้าด้วย

การเตรียมแปลงปลูก ขุดหรือไถดินให้ลึกประมาณ 30-40 เซนติเมตร ตากดินไว้ประมาณ 10-15 วัน เก็บเศษหญ้าและวัชพืชออกจากแปลงให้หมด ใส่ปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมักที่สลายตัวดีแล้วคลุกเคล้าไปในดินให้มากที่สุด อย่างน้อย 2 ตันต่อไร่ จากนั้นย่อยพรวนดินชั้นผิวหน้าดินให้มีขนาดเล็กลง ถ้าดินเป็นกรดให้ใส่ปูนขาวเพื่อปรับสภาพความเป็นกรดด่างให้พอเหมาะ สำหรับระยะปลูกที่เหมาะสมคือ 50 ×50 เซนติเมตร

การย้ายต้นกล้า ก่อนถึงวันกำหนดย้ายกล้า 2-3 วัน ควรให้น้ำเพื่อให้ดินอ่อนตัวจะได้ทำการขุดต้นได้ง่าย และควรตัดลำต้นเหนือดินออกให้หมด โดยตัดให้เหลือส่วนที่อยู่เหนือดินประมาณ 10 เซนติเมตรแล้วนำต้นกล้าไปแช่ไว้ในน้ำที่มีส่วนผสมของสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา เช่น เบนเลท หรือแคปแทน หรือไดเทนเอ็ม 45 ฯลฯ อย่างน้อย 10 นาทีและก่อนย้ายปลูก 1 วันจะต้องให้น้ำในแปลงปลูกที่เตรียมไว้อย่างดีแล้วเพื่อให้ดินมีความชื้นพอเหมาะต่อการขุดหลุมปลูก สำหรับการเตรียมหลุมปลูกนั้นควรมีการกำหนดจุดปลูกด้วยการขึงเชือกให้ตึงเพื่อเป็นแนว แล้วใช้ไม้ที่มีความยาว 50 เซนติเมตรทำเครื่องหมายตำแหน่งที่จะปลูกไว้บนแปลงปลูก โดยใช้ระยะระหว่างต้น 50 เซนติเมตรและระยะระหว่างแถว 150 เซนติเมตรจากนั้นขุดหลุมกว้างประมาณ 15-20เซนติเมตร ลึก 15-20เซนติเมตร (1 หน้าจอบ) คลุกเคล้าปุ๋ยหมักที่หมักดีแล้ว 2 กะลามะพร้าว และปุ๋ยวิทยาศาสตร์สูตร 15-15-15 ในอัตรา 2 ช้อนชากับดินที่ขุดขึ้นมา แล้วใส่ลงไปในหลุมปลูก นำกล้าหน่อไม้ลงปลูกให้อยู่ต่ำกว่าระดับผิวดินประมาณ 10 เซนติเมตร โดยแผ่รากให้กระจายออกไปโดยรอบ แล้วกลบดินจากนั้นหยอดฟูราดานไว้รอบต้น (หรือรองก้นหลุม) ประมาณ 1 ช้อนชา เพื่อป้องกันแมลง หรือเสี้ยนดินที่อาจจะมากัดกินต้นกล้าได้

การให้น้ำ วิธีการให้น้ำหน่อไม้ฝรั่ง มีหลายวิธีทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพพื้นที่เป็นสำคัญ เช่น การให้น้ำแบบเรือฉีดพ่น การให้น้ำแบบร่อง การให้น้ำแบบสปริงเกอร์ ทั้งนี้เกษตรกรจะต้องคำนึงถึงข้อดีและข้อเสียด้วยว่าจะเลือกให้น้ำวิธีใดจึงจะเหมาะสม

การกำจัดวัชพืช ใช้สารเคมีที่ให้ผลดีและไม่เป็นอันตรายต่อหน่อ ได้แก่ เมตริบูซิน เช่น เซ็งเคอร์ เป็นสารเคมีที่ใช้กำจัดวัชพืชใบกว้าง ส่วนพืชใบแคบใช้ได้ดีกับหญ้าตีนกา อัตรา 30 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร

การไว้ต้นแม่เหนือดิน หลังจากย้ายกล้าประมาณ 1 สัปดาห์ ต้นจะงอกโผล่พ้นดิน เมื่อต้นหน่อไม้ฝรั่งมีอายุมากขึ้นจำนวนต้นจะเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ ต้นที่งอกช่วงแรกก็จะเริ่มแก่ ถ้าไม่มีการตัดต้นออกบ้างบริเวณกอจะแน่น มีผลทำให้เป็นแหล่งสะสมโรคและแมลงอีกทั้งการให้หน่อใหม่จะเล็กลงด้วย ดังนั้นในช่วงเดือนที่ 3 หลังจากย้ายปลูกควรมีการตัดแต่งต้นออกบ้าง และตัดแต่งอีกครั้งในช่วงก่อนเก็บเกี่ยวประมาณ 15 วัน โดยให้เหลือต้นแม่เพียง 4-6 ต้นต่อกอ

การทำค้าง โดยปกติจะทำค้างเมื่อต้นหน่อไม้ฝรั่งมีอายุ 2 เดือนหลังจากย้ายกล้าปลูก ไม้ที่ใช้ทำค้างอาจเป็นไม้รวกหรือไม้อื่น ๆ ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1-2 นิ้วความสูงของค้างแล้วแต่ความเหมาะสม การปักค้างจะปักเป็นจุด ๆ ละ 2 หลัก และใช้เชือกไนล่อนขนาดพอเหมาะขึงตามความยาวของแปลงระยะห่างของไม้แต่ละจุดประมาณ 2 เมตร หรือแล้วแต่ความเหมาะสม ซึ่งการทำค้างนี้จะทำไปตลอดอายุของการปลูกหน่อไม้ฝรั่งหากไม้ค้างผุควรทำการเปลี่ยนไม้ค้างอยู่เสมอ

2.5 การเก็บเกี่ยวหน่อไม้ฝรั่ง

ควรเก็บเกี่ยวหน่อไม้ฝรั่งหลังจากย้ายปลูกประมาณ 4-5 เดือน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความสมบูรณ์ของต้นหน่อไม้ฝรั่งเป็นสำคัญ เมื่อเริ่มเก็บเกี่ยว จะต้องเก็บเกี่ยวทุกวันในช่วงเช้าเวลา 06.00-09.00 น. โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การทำหน่อขาว ต้องเก็บในช่วง ตอนเช้ามืดเวลา 06.00 น. เพราะถ้าหน่อเจริญพ้นดินที่กลบไว้จะทำให้ส่วนปลายของหน่อมีสีเขียวส่วนโคนมีสีขาว ไม่เป็นที่ต้องการ ของโรงงานผลิตหน่อไม้ฝรั่งกระป๋อง แต่ปัจจุบันโรงงานบางแห่งยอมรับหน่อไม้ฝรั่งที่ส่วนปลายมีสีเขียวยาวไม่เกิน 2 นิ้ว ซึ่งเรียกว่า พวกกรีนทิป การเก็บเกี่ยวหน่อไม้ฝรั่งทำได้ง่าย ในกรณีที่เป็นหน่อสีเขียว จะเก็บเกี่ยวเมื่อหน่อโผล่พ้นผิวดินประมาณ 25 เซนติเมตร โดยใช้มือถอน ส่วนพวกหน่อสีขาวต้องใช้พลั่วขนาดเล็กคุ้ยดินแล้วจึงใช้มือถอน เมื่อถอนแล้วต้องกลบดินให้เรียบร้อย การถอนควรถอนอย่างระมัดระวัง อย่าให้ต้นที่เหลืออยู่ในกอได้รับความกระทบกระเทือน เพราะจำทำให้ไม่ออกหน่อต่อไป ไม่ควรจับตรงปลายหน่อจะทำให้ช้ำได้ โดยทั่วไปถ้าใช้แรงงานไร่ละ 1 คน จะใช้เวลาเก็บเกี่ยวประมาณ 2 ชั่วโมง และตัดแต่งอีกประมาณ 1 ชั่วโมง เมื่อเริ่มเก็บเกี่ยวแล้ว การเก็บเกี่ยวจะต้องทำต่อเนื่องกันทุกวัน แต่หยุดพักการเก็บเกี่ยวเมื่อสภาพต้นทรุดโทรมมาก (ให้เกรดเอเพียง 20-30 เปอร์เซ็นต์) ของผลผลิตทั้งหมด โดยปกติจะเก็บหน่อได้เฉลี่ยวันละ 5-10 กิโลกรัมต่อไร่ (สุนทร, 2539)

2.6 การปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว

2.6.1 ภายหลังการเก็บเกี่ยว ต้องนำหน่อไม้ฝรั่งเข้าร่มทันที และการดำเนินการขั้นตอนต่าง ๆ ควรจะกระทำในที่ร่มทั้งหมด เช่น การนำไปล้างน้ำสะอาด เพื่อชำระเอาดินและสิ่งสกปรกออก หรือตัดให้ได้ความยาวตามมาตรฐานการรับซื้อ

2.6.2 นำหน่อไม้ฝรั่งไปตัดแต่งโคน ให้ได้ความยาวตามที่พ่อค้ารับซื้อต้องการ ปกติจะตัดให้มีความยาว 25 เซนติเมตร คัดเกรดหน่อไม้ฝรั่งออกตามลักษณะที่ต้องการ เช่น เกรดเอตูม เกรดเอบาน เกรด

บีตุม เกรดบีบาน เกรดซี และตกเกรด ส่วนขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางที่โคนหน่อนั้น ผู้รับซื้อแต่ละแหล่งจะกำหนดไว้ไม่เท่ากัน ดังนั้น ถ้าเกษตรกรจะปลูกก็ควรทำความตกลงเรื่องเกรดกับผู้ซื้อให้เรียบร้อยก่อน

2.6.3 นำหน่อไม้ฝรั่งที่คัดเกรดเรียบร้อยแล้วมา มัดรวมกันเป็นมัด ๆ หนักมัดละประมาณ 1-5 กิโลกรัม เพื่อสะดวกในการบรรจุและถ่ายออกจากภาชนะบรรจุ.

2.6.4 ต้องทำการขนส่งออกสู่ตลาดหรือผู้รับซื้อให้เร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้ และในการขนส่ง ถ้าเป็นระยะทางไกล ควรมีการลดความร้อนให้หน่อไม้ฝรั่งโดยการใช้น้ำแข็งป่นโรยสลับกับหน่อไม้ฝรั่งเป็นชั้น ๆ ในภาชนะบรรจุ

2.7 โรคและแมลงศัตรูของหน่อไม้ฝรั่ง

โรคลำต้นไหม้ สาเหตุเกิดจากเชื้อรา *Phomopsis asparagi* มีการเข้าทำลายบริเวณโคนต้น ลำต้น กิ่งก้านและใบ ทำให้เกิดแผลสีน้ำตาลรูปยาวรีคล้ายรูปไข่ แผลที่เกิดจะขนานไปกับลำต้น ที่แผลจะมีจุดสีดำเล็กๆขึ้นเต็มเนื้อเยื่อ ขอบแผลจะแห้งเป็นสีเทา ต่อมาขนาดของแผลจะขยายขนาดเพิ่มขึ้น ทำให้ลำต้นไหม้แห้งเป็นทางยาว เมื่อระบาดรุนแรงต้นจะหักตรงรอยแผล ต้นทรุดโทรมทำให้ใบร่วงและต้นแห้งตายไปในที่สุด

การป้องกันกำจัดทำได้โดยตัดแต่งกิ่งหรือส่วนที่เป็นโรคไปเผาทำลาย และควบคุมโดยพ่นด้วยสารเคมี เช่น ไดเทนเอ็ม 45, คูโปรซาน, เดอโรซาล, เบนเลทโอดี (สุนทร, 2539)

โรคแอนแทรคโนส สาเหตุเกิดจากเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* ลักษณะอาการคล้ายคลึงกับโรคลำต้นไหม้แต่ต่างกันตรงที่โรคแอนแทรคโนส บริเวณกลางแผลจะพบจุดสีส้มปนขาวหรือน้ำตาลเรียงเป็นวงซ้อนกันหลายๆชั้น ลักษณะของต้นจะเหี่ยว แฟบ เป็นสีเขียวอมเหลืองคล้ายถูกน้ำร้อนลวก ใบก็เป็นสีเหลืองซีด ถ้ามีความชื้นสูงแผลที่เกิดบริเวณโคนต้นจะเน่าเละ

การป้องกันกำจัด ทำทางระบายน้ำให้ดีอย่าให้น้ำขังแฉะ เก็บเศษซากพืชและถอนต้นที่เป็นโรคไปเผาทำลาย ถ้ามีการระบาดให้ฉีดพ่นสารป้องกันกำจัดโรคพืชกลุ่มเบนโนมิล เช่น เบนเลทโอดี, ไธอะเบนดาโซล เช่น พรอนโต้ อัตราที่ใช้ตามระบุข้างภาชนะบรรจุ ฉีดพ่นทุก 7 วัน (สุนทร, 2539)

เพลี้ยไฟ เป็นแมลงศัตรูที่สำคัญมากของหน่อไม้ฝรั่ง ทำลายหน่อไม้ฝรั่งได้ทั้งในระยะตัวอ่อนและตัวเต็มวัย โดยใช้ปากดูดน้ำเลี้ยงที่ปลายหน่อและภายในกาบใบ การทำลายระยะแรกจะมองไม่ค่อยเห็น ทำให้หน่อไม้ฝรั่งมีอาการยอดหงิกและใบเป็นฝอย การทำลายอาจเป็นหย่อมๆหรือกระจายทั่วไป ต้นที่ถูกทำลายรุนแรงจะแคระแกร็น ยอดจะมีสีเหลืองซีด ส่วนของลำต้นและกิ่งก้านที่ถูกเพลี้ยไฟดูดกินน้ำเลี้ยงจะมีรอยสีขาว แล้วเปลี่ยนเป็นสีเหลืองและสีน้ำตาล ยอดของหน่อไม้ฝรั่งที่เคยถูกเพลี้ยไฟดูดกินน้ำเลี้ยงจนหงิกจะสามารถแตกยอดใหม่จะเจริญได้เป็นปกติ

การป้องกันและกำจัด แหล่งที่ไม่เคยมีการระบาดมาก่อนใช้สารฆ่าแมลง เช่น เซฟวิน 85% แต่ถ้าแหล่งปลูกนั้นเพลี้ยไฟเริ่มดื้อต่อสารฆ่าแมลงแล้วควรฉีดพ่นด้วยสารฆ่าแมลงชนิดชนิดอื่นๆ เช่น โตกุไธ

ออน, เมซูโรลหรือพอสซ์ แต่เมื่อฉีดพ่นสารฆ่าแมลงเหล่านี้แล้วควรทิ้งระยะไว้ประมาณ 7-10 วัน จึงเก็บหน่อไม้ฝรั่งออกจำหน่าย (สุนทร, 2539)

หนอนกระทู้หอม จะเข้าทำลายหน่อไม้ฝรั่งในระยะที่เป็นตัวหนอน โดยจะกัดกินส่วนต่างๆ เช่น ใบ ลำต้นและหน่อ กรณีของใบจะทำลายจนเหลือแต่ก้านใบ ส่วนหน่อจะถูกกัดเป็นรูลึกทำให้เสียคุณภาพ แมลงชนิดนี้ชอบกัดกินหน่อไม้ฝรั่งที่อยู่ในระยะต้นกล้าเนื่องจากสามารถกัดกินได้ง่ายกว่าหน่อไม้ฝรั่งที่เจริญเติบโตเต็มที่แล้ว ตัวเต็มวัยซึ่งเป็นผีเสื้อจะวางไข่ได้ครั้งละมากๆทำให้ตัวหนอนที่ฟักออกจากไข่มีจำนวนมากพอที่จะกัดกินหน่อไม้ฝรั่งจนเกิดความเสียหายได้อย่างมาก (สุนทร, 2539)

การป้องกันกำจัด

ฉีดพ่นด้วยสารฆ่าแมลงพวกสารระงับการลอกคราบ เช่น อทาบรอน อัตราตามฉลากพิจารณาพ่นเป็นครั้งคราวที่จำเป็นเนื่องจากราคาค่อนข้างแพง

ฉีดพ่นด้วยเชื้อไวรัสอัตรา 30 ซีซี.ต่อน้ำ 20 ลิตร ให้พ่นประมาณ 4-5 วันต่อครั้ง ระยะเวลาที่เหมาะสมในการฉีดพ่นคือในช่วงเวลาเย็น

2.8 ปัญหาหลังการเก็บเกี่ยวของหน่อไม้ฝรั่ง

2.8.1 การเกิดเส้นใยของหน่อไม้ฝรั่ง

การเกิดเส้นใยที่ทำให้หน่อไม้ฝรั่งเหนียวและเป็นเสี้ยน ซึ่งปริมาณเส้นใยหน่อไม้ฝรั่งบริเวณส่วนโคนจะมีปริมาณมากกว่าส่วนของปลายยอด (จำนง, 2529) หน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องหรือมีความชื้นต่ำจะมีการสร้างเส้นใยได้ดีกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำหรือความชื้นสูง (Clore *et al.*, 1976) หน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 °C มีค่าแรงเฉือนต่ำกว่าหน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 26-27 °C โดยสาเหตุที่ทำให้ค่าแรงเฉือนเพิ่มขึ้นคือการที่ผนังเซลล์มีความหนาเพิ่มขึ้น (Chang, 1983; King *et al.*, 1987) โดยเฉพาะเซลล์ fiber ในกลุ่มท่อลำเลียงมีความสัมพันธ์กับกระบวนการ lignification ซึ่งเป็นกระบวนการที่ทำให้เกิดการสร้างและสะสมลิกนินขึ้นภายในผนังเซลล์โดยเส้นใย คือ เซลล์ sclerenchyma มีผนังหนา (เทียมใจ, 2539: ภูวดล, 2539) เนื่องจากมีการสะสม เซลลูโลส เพกติน และลิกนิน บริเวณผนังเซลล์ ซึ่งเซลล์ที่มีการสะสมลิกนินที่ผนังเซลล์เรียกว่า lignified wall ได้แก่ fiber ในกลุ่มเซลล์ท่อลำเลียง และ sclerenchyma sheath เป็นต้น (สุธี, 2539) และจากการที่มี sclerenchyma โดยเฉพาะ fiber ของกลุ่มเซลล์ท่อลำเลียงจะมีผลต่อคุณภาพของหน่อไม้ฝรั่ง (จริงแท้, 2542) โดยจะส่งผลให้เนื้อสัมผัสเป็นเสี้ยนเหนียวและไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค

2.8.2 การสูญเสียคุณค่าทางอาหาร

การสูญเสียวิตามินซี พบว่าหน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 19-25 °C มีการสูญเสียวิตามินซีได้ร้อยละ 40 ภายในเวลา 1 วัน (Kays, 1991) การสูญเสียวิตามินเกิดจากกิจกรรมของเอนไซม์ต่างๆ เช่น ascorbic oxidation, phenolase, cytochrom oxidase และ peroxidase โดยเอนไซม์เหล่านี้ถูกกระตุ้นให้มีกิจกรรมสูงขึ้นตามอุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษา (Mapson, 1970)

การสูญเสียความหวาน ที่เกิดจากปริมาณน้ำตาลในหน่อลดลงเนื่องจากการหายใจ และหน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงกว่า 1 °C จะสูญเสียน้ำตาลได้ภายใน 24 ชั่วโมง ภายหลังการเก็บเกี่ยวพบว่าน้ำตาลส่วนหนึ่งถูกนำไปใช้ในการสร้างผนังเซลล์ (Waldron and Selendran, 1990) และ Lill *et al.* (1990) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของหน่อไม้ฝรั่งทันทีหลังการเก็บเกี่ยว พบว่าหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 24 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 16 °C ปริมาณของน้ำตาลอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าโปรตีนในส่วนของปลายยอดโดยที่โปรตีนยังไม่มีการเปลี่ยนแปลง และโปรตีนลดลงประมาณ 25% หลังจากการเก็บรักษาเป็นเวลา 72 ชั่วโมง ส่วน Total free amino acid ก็เช่นกันจะมีปริมาณลดลงประมาณ 75% เมื่อเก็บรักษานาน 48 ชั่วโมง นอกจากนี้อุณหภูมิในสภาพแปลงปลูก ฤดูกาลปลูก จะมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโต คุณภาพของสารอาหารและรสชาติ การสร้างเส้นใยของหน่อไม้ฝรั่ง

2.8.3 การเกิดโรค

โดยส่วนใหญ่หน่อไม้ฝรั่งมีปัญหาเนื่องจากการเข้าทำ ลายเชื้อแบคทีเรีย *Erwinia carovotora* และเชื้อรา *Fusarium oxysporum* ทำ ให้เกิดโรคเน่าบริเวณปลายหน่อ เนื้อเยื่อจะนิ่ม ฉ่ำน้ำ ทำให้ลื่น และเกิดกลิ่นเหม็น เป็นลักษณะไม่เป็นที่ต้องการ

2.8.4 การบานของปลายหน่อ

เป็น ลักษณะที่ไม่ต้องการของผู้บริโภคและตลาดส่งออก โดยบริเวณปลายหน่อจะมีแขนงโผล่กาบใบออกมา ลักษณะเช่นนี้จะเกิดได้เร็วขึ้นเมื่ออยู่ในสภาพที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 30 °C (อรษา, 2537)

2.9 ปัจจัยที่มีผลต่อการสูญเสียของผลิตผลสดภายหลังการเก็บเกี่ยว

ผลิตผลทางพืชสวนนั้นมีการเปลี่ยนแปลงต่างๆเกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลา ดังนั้นการที่ผลิตผลเหล่านี้จะดำรงสภาพอยู่เหมือนเดิมจึงเป็นไปไม่ได้ เพราะจะมีปัจจัยภายในของผลิตผลเองและปัจจัยภายนอกที่จะส่งเสริมให้ผลิตผลนั้นๆเสื่อมสภาพลง ดังนี้ (จริงแท้, 2542)

2.9.1 ปัจจัยภายในที่มีผลต่อการสูญเสียของผลิตผล

การคายน้ำ พืชและผลิตผลสดต่างๆต้องคายน้ำอยู่ตลอดเวลาเพื่อระบายความร้อนที่เกิดจากการหายใจ ในขณะเดียวกันปริมาณความชื้นภายในผลิตผลมักมีอยู่สูงกว่าความชื้นในอากาศภายนอก น้ำภายในผลิตผลจึงมีศักยภาพที่สูญเสียออกจากผลิตผลอยู่ตลอดเวลา ถึงแม้ผลิตผลจะมีเนื้อเยื่อโครงสร้างต่างๆเพื่อป้องกันการระเหยของน้ำ ได้แก่ ชั้นของ epidermis รวมทั้งไข (wax) และ cutin ที่เคลือบผิวอยู่ แต่ผลิตผลก็จำเป็นต้องมีช่องเปิดต่างๆเช่น ปากใบ และ lenticel เพื่อถ่ายเทอากาศนำเอาออกซิเจนเข้าไปสำหรับการหายใจ และระบายคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา การสูญเสียน้ำออกจากผลิตผลจึงเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ การสูญเสียน้ำออกจากผลิตผลนอกจากจะทำให้น้ำหนักที่ขายได้ลดลงแล้ว ยังทำให้รสชาติของผลิตผลลดลงด้วยโดยเฉพาะในแง่ของเนื้อสัมผัส และยังทำให้ผิวเหี่ยวย่นไม่ดึงดูดใจต่อผู้บริโภค

การหายใจ การหายใจเป็นกระบวนการทางชีวเคมีที่สำคัญที่สุดอย่างหนึ่งในการดำรงอยู่ของสิ่งมีชีวิต เป็นกระบวนการที่พืชใช้พลังงานที่สะสมไว้ในรูปของสารประกอบอินทรีย์ เช่น คาร์โบไฮเดรต ไปใช้ในการเจริญเติบโตหรือดำรงชีวิตเอาไว้ และปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำออกมา ดังนั้น การหายใจจึงเป็นการดึงเอาอาหารสะสมออกไปจากผลิตผลตลอดเวลา คุณค่าทางอาหารของผลิตผลต่อผู้บริโภคจึงลดลงเรื่อยๆ รสชาติก็อาจลดลงด้วย นอกจากนั้นแล้วการหายใจยังให้ความร้อนออกมา ซึ่งความร้อนนี้จะช่วยกระตุ้นให้อัตราการเปลี่ยนแปลงอื่นๆเกิดขึ้นได้เร็วขึ้น ทำให้ผลิตผลเสื่อมคุณภาพเร็วขึ้นด้วย

การผลิตเอทธิลีน แก๊สเอทธิลีนเป็นฮอร์โมนพืชอย่างหนึ่งซึ่งมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของพืชและผลิตผลค่อนข้างมาก เนื้อเยื่อพืชทุกชนิดสร้างเอทธิลีนได้ โดยปกติปริมาณการผลิตเอทธิลีนจะมีน้อย แต่เมื่อผลิตผลถูกกระทบกระเทือน เช่น การเกิดบาดแผล การสัมผัสกับความเย็น จะมีการสร้างเอทธิลีนขึ้นเป็นอันมากและเอทธิลีนจะไปกระตุ้นกระบวนการต่างๆให้เกิดขึ้น เช่น กระบวนการสุก การสลายตัวของคลอโรฟิลล์ และการหลุดร่วงของดอกและใบ

การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมี องค์ประกอบทางเคมีของพืชก็มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นภายหลังการเก็บเกี่ยว เช่น การสร้างหรือเสื่อมสลายตัวของสารสี (pigment) การเปลี่ยนแปลงแป้งเป็นน้ำตาล การเพิ่มของปริมาณลิกนิน (lignin) ในผลิตผลที่มีเส้นใยมาก เป็นต้น การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้นำไปสู่การสูญเสียของผลิตผลทางใดทางหนึ่งด้วยกันทั้งสิ้น

การพัฒนาและการเจริญเติบโตของผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยว ผลิตผลบางชนิดเมื่อเก็บเกี่ยวมาแล้วยังมีการพัฒนา มีการเจริญเติบโตขึ้นให้เห็นได้ชัด เช่น การงอกของมันฝรั่ง มันเทศ หอม และกระเทียม การเจริญเติบโตดังกล่าวต้องใช้อาหารที่มีสะสมอยู่จึงทำให้ผลิตผลเสื่อมสภาพได้เร็วขึ้น ผลิตผลบางอย่างมีการตอบสนองต่อแสงและแรงโน้มถ่วงของโลกด้วย เช่น ดอกเยอบีร่า หน่อไม้ฝรั่ง ถ้าวางในลักษณะนอนราบจะโค้งงอขึ้น ลักษณะต่างๆเหล่านี้ไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค จัดได้ว่าเป็นการสูญเสียผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยวเช่นเดียวกัน

2.9.2 ปัจจัยภายนอกที่มีผลต่อการสูญเสียผลิตผล

อุณหภูมิ อุณหภูมิมีอิทธิพลต่อกระบวนการต่างๆภายในผลิตผลทุกอย่าง และมีผลต่อปัจจัยอื่นๆภายนอกด้วย ในด้านของผลิตผลเอง อุณหภูมิสูงจะเร่งปฏิกิริยาเคมีต่างๆให้เกิดขึ้นเร็วขึ้น ดังนั้นการหายใจและการเปลี่ยนแปลงทางเคมีอื่นๆภายในผลิตผลก็จะเกิดขึ้นเร็ว ทำให้ผลิตผลเสียหายได้ง่าย ในทางตรงกันข้าม อุณหภูมิต่ำจะทำให้ผลิตผลสามารถเก็บรักษาไว้ในสภาพเดิมได้นานกว่า แต่ในบางกรณีอุณหภูมิต่ำก็อาจก่อให้เกิดอันตรายได้ โดยเฉพาะกับผลิตผลในเขตร้อนอาจเกิดอาการผิดปกติที่เรียกว่า อาการสะท้านหนาว (chilling injury) ขึ้นได้

ความชื้น ปริมาณไอน้ำในอากาศนอกจากเป็นตัวกำหนดอัตราการสูญเสียของผลิตผลแล้ว ยังมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอื่นๆด้วย เช่น ในสภาพที่มีความชื้นสูงจะช่วยกระตุ้นให้เกิดการงอกขึ้นในหอมและกระเทียม นอกจากนั้นเชื้อราชนิดต่างๆที่มีอยู่บนผิวของผลิตผล ก็สามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาพที่

มีความชื้นสูง ทำให้ผลิตผลเน่าเสียได้ง่าย การเก็บรักษาจึงต้องมีการควบคุมปริมาณความชื้นให้พอเหมาะ ไม่ให้มีการสูญเสียน้ำจากพืชมากเกินไป

องค์ประกอบของบรรยากาศ ในบรรยากาศปกติมีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบอยู่ประมาณ 21% ซึ่งจำเป็นสำหรับการหายใจของผลิตผล ถ้าหารมีปริมาณออกซิเจนต่ำช่วยลดอัตราการหายใจและยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลได้ แต่ถ้าออกซิเจนน้อยเกินไปอาจทำให้เกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic) และทำให้ผลิตผลเสียหายได้ และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หากมีการสะสมในที่เก็บรักษามากเกินไป ก็จะทำให้เกิดการผิดปกติในการหายใจและทำให้ผลิตผลเสียหายได้เช่นกัน

แสงและแรงโน้มถ่วง แสงและแรงโน้มถ่วงของโลกนอกจากจะมีอิทธิพลต่อผลิตผลที่กำลังเจริญเติบโตดังที่กล่าวมาแล้ว ยังอาจจะได้ข้อดีและข้อเสีย เช่น มันฝรั่งในสภาพการเก็บรักษาที่มีแสงจะมีการสร้างคลอโรฟิลล์ขึ้นมา ทำให้มันฝรั่งมีสีเขียวและมีการสะสมของสารพิษเกิดขึ้นด้วยซึ่งเป็นอันตรายกับผู้บริโภค แต่ในทางตรงกันข้าม การเก็บรักษาผักรับประทานใบในสภาพที่มีแสงจะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้ เพราะการสังเคราะห์แสงยังคงเกิดขึ้น สำหรับแรงโน้มถ่วงของโลกนอกจากจะทำให้ผลิตผล เช่น หน่อไม้ฝรั่ง โค้งงอแล้วอาจจะมีอิทธิพลต่อกระบวนการทางชีวเคมีต่างๆภายในผลิตผล และอาจทำให้อายุการเก็บรักษาแตกต่างๆกันไปได้ในการวางผลิตผลในท่าต่างๆกัน

โรคและแมลง ส่วนใหญ่การเข้าทำลายของโรคและแมลงรบกวนมักเกิดขึ้นในแปลงปลูก แต่เนื่องจากผลิตผลโดยทั่วไปจะมีความสามารถในการต้านทานโรคอยู่แล้วในตัว อาการผิดปกติต่างๆจึงมักไม่ปรากฏให้เห็น จนกระทั่งเมื่อผลิตผลเริ่มเสื่อมสภาพ เช่น เมื่อเกิดการสุกขึ้น ความต้านทานต่อโรคต่างๆลดลง เชื้อจุลินทรีย์ที่แอบแฝงอยู่ก่อนแล้วก็จะเจริญเติบโตและก่อให้เกิดความเสียหายได้อย่างรวดเร็ว

2.10 แนวทางการลดการสูญเสียผักและผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว

2.10.1 การใช้ความเย็น

การเก็บรักษาผลิตผลโดยใช้ความเย็นหรืออุณหภูมิต่ำ มีวัตถุประสงค์ในการลดอุณหภูมิเพื่อชะลออัตราการหายใจ ชะลอปฏิกิริยาทางเคมีต่างๆของกระบวนการเมตาบอลิซึมภายในเซลล์ให้ช้าลง ชะลอการแก่และการสุกให้ช้าลง ผลไม้จะนิ่มและอ่อนตัวช้าลง ลดการคายน้ำให้น้อยลง ลดการทำลายของเชื้อจุลินทรีย์ต่างๆ และยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชในส่วนที่ไม่ต้องการ เช่น การงอก และการแตกหน่อ เป็นต้น สารที่ใช้เป็นตัวกลางให้ความเย็นอาจเป็น น้ำเย็น น้ำแข็ง หรือเครื่องทำความเย็นชนิดหนึ่งชนิดใดก็ได้ และก่อนที่จะนำผลิตผลมาเก็บในห้องเย็น ต้องลดอุณหภูมิของผลิตผลลงเสียก่อน โดยทำการลดความร้อนด้วยวิธีใดที่เหมาะสมแล้วจึงนำมาเก็บรักษาในห้องเย็น อุณหภูมิในห้องเย็นจะต้องสูงกว่าจุดเยือกแข็งของผลิตผลที่เก็บรักษาเล็กน้อยและจำเป็นต้องเก็บรักษาไว้ในสภาพที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูงด้วยเพื่อป้องกันไม่ให้ผลิตผลสูญเสียน้ำหนัก หรือเกิดการเหี่ยวเร็ว ซึ่ง Wright *et al.* (1957) รายงานว่าการเก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่งที่อุณหภูมิ 0-1.6 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 85-90% สามารถเก็บรักษาได้นาน 2-

3 เดือน และ Kotecha and Kadam (1998) รายงานว่า หน่อไม้ฝรั่งเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 °C สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้ 10 วัน แต่หลังจากนั้นจะพบอาการสะท้านหนาวเกิดขึ้นเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิเดียวกันนี้ในระยะเวลาที่นานขึ้น เพื่อหลีกเลี่ยงอาการสะท้านหนาว Decoteau (2000) ควรเก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่งที่อุณหภูมิ 2 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95% และห้องเย็นควรมีระบบระบายอากาศที่ดี และการทดลองของ เย็นจิตต์ (2535) พบว่าหน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 3 และ 5 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนการล้างหน่อไม้ฝรั่งมีการเน่าเสียน้อยกว่าหน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 °C และพบว่าหน่อไม้ฝรั่งที่ลดอุณหภูมิโดยน้ำเย็นพร้อมผสมคลอรีนมีปริมาณเส้นใยที่น้อยกว่า และไม่พบการเน่าเสีย วิษณุและคณะ (2545) รายงานว่า การเก็บรักษาถั่วฝักยาวที่อุณหภูมิ 5 °C สามารถชะลอการสูญเสียคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของถั่วฝักยาวได้ดีที่สุด โดยมีผลในการลดการพองตัวของฝัก การสูญเสียน้ำหนัก การสูญเสียคุณภาพปริมาณคลอโรฟิลล์และรักษาความแน่นเนื้อและทำให้มีอายุการเก็บรักษาเท่ากับ 14 วันและเมื่อนำถั่วฝักยาวเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C ร่วมกับความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 90-100 สามารถชะลอการพองตัว ความแน่นเนื้อและอัตราการสูญเสียน้ำหนักได้ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ กนกมณฑล (2526) และ Wills *et al.* (1981) หน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 และ 9 °C มีการเสื่อมสภาพช้ากว่าหน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ทั้งนี้เนื่องจากสภาพอุณหภูมิต่ำช่วยลดอัตราการหายใจ การเจริญของเชื้อโรค และชะลอกระบวนการทางชีวเคมีภายในพืชได้ ซึ่งถ้าหากเก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่งไว้ในสภาพที่ไม่เหมาะสม เช่นอุณหภูมิสูงเกินไป จะทำให้เกิดการสูญเสียคุณภาพอย่างรวดเร็วภายใน 1-2 วัน (Lill, 1980)

2.10.2 การควบคุมสภาพบรรยากาศ

การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลง (modified atmosphere storage, MA storage) เป็นการเก็บรักษาผลิตผลในภาชนะที่ปิดสนิท เช่น ถุงพลาสติก เพื่อทำให้เกิดสภาพบรรยากาศดัดแปลงภายในถุง ทำให้ปริมาณก๊าซออกซิเจนต่ำลงและก๊าซคาร์บอนไดออกไซม์เพิ่มสูงขึ้น สภาพการณ์ดังกล่าวสามารถยับยั้งการสังเคราะห์เอทธิลีนและชะลออัตราการหายใจของผลิตผลได้ (Kader, 1992)

ส่วนการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศควบคุม (Controlled atmosphere storage, CA storage) โดยการเก็บรักษาผลิตผลในสภาพนี้จะมีการควบคุมความเข้มข้นของก๊าซ CO_2 ให้สูงกว่า 0.03% และ O_2 ต่ำกว่า 21% และคงสภาพความเข้มข้นของก๊าซไปตลอดอายุการเก็บรักษา การเก็บรักษาในสภาพควบคุมบรรยากาศทำให้ผลิตผลมีเมตาบอลิซึมลดลง จึงลดกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาที่นำไปสู่การเสื่อมสภาพ การเพิ่มความเข้มข้นของก๊าซ CO_2 ยังมีส่วนในการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลหลายชนิด เช่น แอปเปิ้ล สาลี่ เงาะ และหน่อไม้ฝรั่ง เป็นต้น เนื่องจากมีผลทำให้ชะลอกระบวนการสูญเสียคลอโรฟิลล์ การสูญเสียปริมาณกรด การนิ่มของผล รวมทั้งยับยั้งการผลิตเอทธิลีน และกระบวนการหายใจ ชลธิรา (2545) พบว่า การเก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่งภายใต้สภาพบรรยากาศดัดแปลงที่มี O_2 ความเข้มข้นร้อยละ 50 สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงของการสูญเสียน้ำหนัก ค่าแรงเฉือน อัตราการหายใจ ปริมาณกรดอินทรีย์ ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ และกิจกรรมของเอนไซม์อินเวอเตส ได้ดีที่สุด โดยมีอายุการ

เก็บรักษานาน 33 วัน และยังสามารถชะลอการเพิ่มของปริมาณกรดซิตริก กรดมาลิก กรดซัคซินิคได้ดีเมื่อเก็บรักษาภายใต้สภาพบรรยากาศที่มี O_2 ร้อยละ 5 ร่วมกับ CO_2 ร้อยละ 10 และ นันทิพาและคณะ (2546) รายงานว่า การเก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่งในสภาพที่มี O_2 ความเข้มข้นสูงร้อยละ 50 70 และ 90 สามารถลดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพหน่อไม้ฝรั่งได้โดยมีผลในการลดอัตราการผลิตเอทิลีนและอัตราการหายใจของหน่อไม้ฝรั่ง ส่วนการเปลี่ยนแปลงคุณภาพหน่อไม้ฝรั่งพบว่า การเก็บรักษาในสภาพที่มี O_2 ความเข้มข้นสูงร้อยละ 50 มีผลในการลดการสูญเสียน้ำหนักและความเหนียว (แรงเฉือน) ได้ดีกว่าการเก็บรักษาในสภาพที่มี O_2 ระดับต่างๆและมีอายุการเก็บรักษาได้ 33 วัน

2.10.3 การใช้อุณหภูมิสูง

การใช้อุณหภูมิสูง (heat treatment) ในการควบคุมโรค เนื่องจากความร้อนสามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์ได้ ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธีได้แก่ การใช้ไอน้ำร้อน การใช้อากาศร้อน และการใช้น้ำร้อน ซึ่งการใช้น้ำร้อนเป็นวิธีที่จัดว่ามีประสิทธิภาพเพราะน้ำที่ใช้เป็นตัวพาความร้อนที่ดีที่สุดจึงมีผลในการทำให้ผลิตผลได้รับความร้อนเร็วกว่าวิธีอื่นๆ โดยความร้อนจะสามารถสัมผัสกับผิวของผลิตผลได้อย่างทั่วถึง นอกจากนี้ยังปลอดภัยต่อผู้บริโภค และไม่มีสารพิษตกค้าง การใช้ความร้อนนอกจากจะมีประสิทธิภาพในการควบคุมการเกิดโรคแล้วยังสามารถช่วยรักษาความเขียว (คลอโรฟิลล์) ของผลิตผลไว้ได้ ดังมีรายงานในบรอคโคลี่และหน่อไม้ฝรั่งนอกจากนี้ยังสามารถช่วยในการเก็บรักษาผลิตผลภายหลังการเก็บเกี่ยวให้ยาวนานขึ้น และสามารถป้องกันอาการผิดปกติทางด้านสรีรวิทยาได้ โดยมีรายงานว่าหน่อไม้ฝรั่งที่ได้รับการจุ่มน้ำร้อนจะมีปริมาณเส้นใยเพิ่มขึ้นช้ากว่าหน่อไม้ฝรั่งที่ไม่ได้ผ่านการจุ่มน้ำร้อน ซึ่งปริมาณเส้นใยที่เพิ่มขึ้นนี้เป็นลักษณะหนึ่งของหน่อไม้ฝรั่งที่ผู้บริโภคไม่ต้องการ จากการศึกษาของวารุณี (2545) พบว่า หน่อไม้ฝรั่งที่ผ่านการทำ heat treatment ที่อุณหภูมิ 50 $^{\circ}$C เป็นเวลา 60 วินาทีร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 $^{\circ}$C สามารถลดการเกิดเส้นใยและชะลอการเสื่อมคุณภาพในหน่อไม้ฝรั่งได้ นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า การทำ heat treatment กับบร็อคโคลี่ โดยการจุ่มน้ำร้อนที่มีอุณหภูมิ 50 $^{\circ}$C เป็นเวลา 2 นาที สามารถชะลอการเหลืองของบร็อคโคลี่ได้ นอกจากนี้การทำ heat treatment ยังมีผลต่ออัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนของพืชด้วย โดยมีผลต่อการผลิตเอทิลีนซึ่งพบว่าสามารถผลิตเอทิลีนได้ต่ำลง

2.10.4 การใช้ฮอร์โมนพืช

ฮอร์โมนพืชเป็นสารอินทรีย์ที่พืชสังเคราะห์ขึ้นจากส่วนใดส่วนหนึ่งของพืชในปริมาณที่ต่ำมากในช่วง ppm และก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาขึ้น บุญส่ง (2536) รายงานว่า การแช่หน่อไม้ฝรั่งพันธุ์บร็อคอิมปรู๊พในสารละลายจิบเบลเรลลิน (GA_3) ความเข้มข้น 150 และ 200 ppm ที่อุณหภูมิ 14.1 $^{\circ}$C นาน 15 นาที สามารถเก็บรักษาความสดและเขียวของหน่อไม้ฝรั่ง โดยมีผลชะลอการสูญเสียคลอโรฟิลล์รวมทั้งรักษาคุณภาพของหน่อไว้ได้นานถึง 14 วัน นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า การรมหน่อไม้ฝรั่งด้วย 1-MCP ที่ระดับความเข้มข้น 500 ppb เป็นเวลา 12 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 20 $^{\circ}$C สามารถชะลอการเพิ่มขึ้นของปริมาณเส้นใย ค่าแรงเฉือน กิจกรรมของเอนไซม์ peroxidase ปริมาณลิกนิน อัตรา

การหายใจ การผลิตเอทิลีน ค่าการเปลี่ยนแปลงสี และการสูญเสียน้ำหนักทั้งในส่วนยอด กลาง และโคน ได้ดี (นันทิพา, 2545)

2.10.5 การใช้สารเคลือบผิว

สารเคลือบผิวที่มีจำหน่ายในปัจจุบัน ประกอบด้วยสารหลายชนิดที่ได้จากพืชและปิโตรเลียม รวมทั้งบางชนิดได้จากสัตว์ สูตรส่วนผสมของสารเคลือบผิวเหล่านี้มักประกอบด้วยพาราฟินแวกซ์ (parafilm wax) ซึ่งเป็นสารที่ช่วยควบคุมการสูญเสียน้ำได้ดีและมีความมันวาวน้อย ส่วนคาร์นูบาแวกซ์ (carnauba wax) เป็นสารเคลือบผิวที่ได้จากผิวใบของปาล์ม (Brazil palm) ที่ให้ความมันวาวดี แต่ควบคุมการสูญเสียน้ำได้น้อย cardelila เป็นไขสกัดได้จากวัชพืช *Pedilianthus pavonis* ได้จากสัตว์ได้แก่ เชลแล็ก ซึ่งได้จากมูลครั่ง มีความมันวาวสูง ไขจากสัตว์อื่นๆ ได้แก่ spermaceti เป็นไขที่ได้ปลาวาฬ และขี้ผึ้งได้จากรังผึ้ง (จริงแท้, 2542) ต่อมาได้มีการพัฒนาสูตรสารเคลือบผิวที่ประกอบด้วยสารสังเคราะห์ประเภทโพลิเอทธิลีน (polyethylene) และเรซินสังเคราะห์ (synthetic resin) ร่วมกับ สารอิมัลซิไฟอิงเอเจนต์ และสารลดแรงตึงผิว (ดนัยและนิธิยา, 2548)

ผักและผลไม้โดยทั่วไปมีสารเคลือบผิวตามธรรมชาติ ซึ่งเป็นสารประเภทลิพิด เช่น การมีคิวติเคิล (cuticle) ที่ผิวของผลไม้บางชนิด เป็นต้น ภายหลังการเก็บเกี่ยวและในระหว่างกระบวนการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวสารเคลือบผิวบางส่วนอาจจะหายไป ซึ่งจะส่งผลให้ผลิตผลสูญเสียน้ำได้ง่าย รวมทั้งมีการแลกเปลี่ยนก๊าซได้มากขึ้นด้วย ดังนั้นในกระบวนการจัดการภายหลังการเก็บเกี่ยวผลิตผลบางชนิด จึงมีการเคลือบผิวผลิตผลด้วยสารเคลือบผิวที่ได้มาจากธรรมชาติหรือสารสังเคราะห์เพื่อทดแทนสารเคลือบผิวตามธรรมชาติ โดยมีจุดประสงค์เพื่อลดการสูญเสียผลิตผลได้ 30-50% ทำให้ผลิตผลมีลักษณะผิวสดไม่เหี่ยว ลดอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ ซึ่งส่งผลชะลอกระบวนการหายใจให้ช้าลง นอกจากนี้การเคลือบผิวยังมีผลทำให้ผู้บริโภค ส่วนใหญ่ตัดสินใจซื้อสินค้าจากรูปลักษณ์ภายนอก เพราะความเงางาม สีสันแวววาว (ดนัยและนิธิยา, 2548)

อย่างไรก็ตามการใช้สารเคลือบผิวต้องเลือกชนิดและความเข้มข้นให้เหมาะสมกับผักและผลไม้ด้วย ทั้งนี้เพราะคุณสมบัติของสารเคลือบผิวแต่ละชนิดไม่เหมือนกัน มีคุณสมบัติในการป้องกันการสูญเสียน้ำและควบคุมการผ่านเข้าออกของแก๊สได้ไม่เท่ากัน การใช้สารเคลือบผิวความเข้มข้นที่ต่ำเกินไปหรือบางเกินไป ลดการสูญเสียน้ำและการแลกเปลี่ยนก๊าซได้น้อย แต่ถ้าใช้ความเข้มข้นที่สูงเกินไปหรือหนาเกินไปนอกจากจะสิ้นเปลืองแล้ว ยังอาจทำให้ปริมาณ O_2 ภายในผลต่ำเกินไปเป็นอันตรายต่อผลิตผลได้ เช่น อาจทำให้เกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน ส่งผลให้เกิดการสะสมแอลกอฮอล์และ acetaldehyde ทำให้ผลิตผลมีอาการผิดปกติและมีกลิ่นและรสชาติผิดไปด้วย (จริงแท้, 2542)

ไคติน-ไคโตซาน เป็นสารโพลีเมอร์ธรรมชาติ ประเภทคาร์โบไฮเดรตโครงสร้างกลุ่มโฮโมโพลีแซคคาร์ไรด์ โดยทั่วไปพบไคตินได้ในสัตว์ที่มีปล้อง มีข้อ เช่น กุ้ง ปู แมลงทุกชนิด และยังพบในหอยเปลือกแข็ง หอยมุก หมึก นอกจากนี้สารไคตินและไคโตซานยังพบในผนังเซลล์ของพวกเห็ด รา ยีสต์ รวมถึงจุลินทรีย์อีกหลายชนิด (มยุรา, 2539)

ไคโตซาน คือ อนุพันธ์ของไคตินที่ตัดเอาหมู่ acetyl ของน้ำตาล N-acetyl-D-glucosamine (เรียกว่ากระบวนการ deacetylation คือ เปลี่ยนน้ำตาล N-acetyl-D-glucosamine เป็น glucosamine) ออกตั้งแต่ 50 % ขึ้นไป และมีสมบัติละลายได้ในกรดอ่อน ปกติแล้ว ไคโตซานที่ได้จะมีส่วนผสมของ น้ำตาล N-acetyl-D-glucosamine และ glucosamine อยู่ในสายโพลิเมอร์เดียวกัน ซึ่งระดับการกำจัดหมู่ acetyl (หรือเปอร์เซ็นต์การเกิด deacetylation) นี้มีผลต่อสมบัติและการทำงานของไคโตซาน ไคโตซานมีสมบัติในการต่อต้านจุลินทรีย์และเชื้อราบางชนิด โดยมีกลไก คือ ไคโตซานมีประจุบวกสามารถจับกับเซลล์เมมเบรนของจุลินทรีย์ที่มีประจุลบได้ ทำให้เกิดการรั่วไหลของโปรตีนและสารอื่นของเซลล์ และสามารถควบคุมการผ่านเข้าออกของ O_2 และ CO_2 ได้จึงมีผลต่อเมตาโบลิซึม ในหลายประเทศได้ขึ้นทะเบียนไคตินและไคโตซานให้เป็นสารที่ใช้เติมในอาหารได้ โดยนำไปใช้เป็นสารกัดบูด สารช่วยรักษากลิ่น รส และสารให้ความข้น ใช้เป็นสารเคลือบอาหาร ผัก และผลไม้ เพื่อรักษาความสดหรือผลิตในรูปฟิล์มที่รับประทานได้ (edible film) สำหรับบรรจุอาหาร ซึ่งเกษตรกรได้นำเอาผลิตภัณฑ์ไคโตซานไปใช้ประโยชน์กับพืชผักผลไม้หลายชนิดแล้ว เช่น ต้นหอม คะน้า แตงโม ข้าว ถั่ว ข้าวโพด ตลอดจนไม้ดอกไม้ประดับที่มีราคาสูงหลายชนิด เช่น คาร์เนชั่น เยอบีร่า แกดิโอลัส และบานชื่นฝรั่ง เป็นต้น

การประยุกต์ใช้ไคโตซานในการยืดอายุการเก็บรักษาผักและผลไม้

จากการศึกษาโดยใช้ไคโตซานเคลือบผิวผลไม้ชนิดต่างๆ เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผักและผลไม้ พบว่า ไคโตซานมีผลทำให้ผลไม้สดสามารถเก็บรักษาไว้ได้นานขึ้น ตัวอย่างเช่น Dien and Binh (1996) พบว่า ความเข้มข้นที่เหมาะสมของไคโตซานที่ใช้ในการเคลือบผิวส้มสด คือ 1.6% และ 1.8% ใน 2% กรดอะซีติก โดยสามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นานถึง 35-40 วัน ใน กรณีของการเก็บรักษากล้วย จากรายงานของ Lan *et al.* (2001) พบว่า เมื่อนำกล้วยจุ่มลงในสารละลายไคโตซาน 1.5% ซึ่งเตรียมจากไคโตซานที่ผ่านการอาบรังสีที่ 25 kGy แล้วปล่อยทิ้งไว้ให้แห้ง กล้วยจะเริ่มสุกตามธรรมชาติหลังจากเก็บไว้นานถึง 20 วัน

ชิโรวรรณและคณะ (2549) พบว่า การเคลือบผลละมุดด้วยไคโตซาน 1% (w/v) และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 13 $^{\circ}C$ และ 28 $^{\circ}C$ สามารถยืดอายุการเก็บรักษาไว้ได้นานถึง 6 และ 24 วัน ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับที่ไม่ใช้ไคโตซาน (เก็บรักษาได้เพียง 4 และ 21 วัน ตามลำดับ)

Jianming *et al.* (1997) รายงานถึงผลของการใช้สารเคลือบผิวไคโตซานต่ออายุการเก็บรักษาของพีช ลูกแพรญี่ปุ่น และผลกีวี พบว่า มีผลต่อการลดลงของอัตราการหายใจ การเพิ่มขึ้นของ CO_2 และการลดลงของก๊าซ O_2 ภายในผล รวมถึงสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของ *Botrytis cinerea* ในลูกแพรและผลกีวี ในกรณีของการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ทะวายเบอร์ 4 นอกจากนี้ วิษณุและคณะ (2546) พบว่า การเคลือบด้วยไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 1 และ 1.3% สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ได้ โดยมีผลในการลดอัตราการหายใจ อัตราการผลิตเอทิลีน การสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อ และสามารถชะลอการสุกของมะม่วงได้จนถึงวันที่ 25 ของการเก็บรักษา นอกจากนี้สารเคลือบผิวไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 1.5 และ 2% ยังมี

ประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญทางเส้นใยและการสร้างสปอร์ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ทะวายเบอร์ 4 ได้สูงสุด ชะลอการสุก ช่วยลดอัตราการหายใจ การเปลี่ยนแปลงสีเนื้อและเปลือก การผลิตเอทิลีน การสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณกรดแอสคอร์บิค และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ แต่การเคลือบผิวมะม่วงด้วยไคโตซานไม่มีผลต่อการรักษาความแน่นเนื้อของมะม่วง (สุดคนึงและคณะ, 2546) และ วิเชียร (2541) รายงานว่า การเคลือบผิวมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ และเขียวเสวยด้วยไคโตซานความเข้มข้นตั้งแต่ร้อยละ 0.5 ขึ้นไปช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนักและการเปลี่ยนแปลงของสีผิวของมะม่วงได้ดีทั้ง 2 พันธุ์ จากการศึกษาของ นวรัตน์ (2544) ทดสอบการเคลือบผิวมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ด้วยไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 1 กับ sucrose palmitric acid ester ความเข้มข้นร้อยละ 2 ที่อุณหภูมิ 13 °C พบว่า การเคลือบผิวด้วยไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 1 สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อ สีเปลือก และอัตราการหายใจ มีอายุการเก็บรักษานานถึง 32 วันเช่นเดียวกับรายงานของ กมลวรรณ (2543) พบว่า สารเคลือบผิวไคโตซานชนิดที่ละลายในกรดความเข้มข้นร้อยละ 1 ที่อุณหภูมิ 1 °C สามารถชะลออัตราการหายใจและการสุกของ
สตรอเบอรี่

นอกจากนี้ยังพบว่า ว่าไคโตซานมีประสิทธิภาพสูงในการควบคุมโรคที่เกิดหลังการเก็บเกี่ยว อาทิเช่น พริกหวาน (กมลเนตร, 2548) พบว่า ไคโตซานช่วยลดการเข้าทำลายของเชื้อโรคได้ดีกว่าผลที่ไม่เคลือบผิวถึง 50 % โดยระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมคือ 1 % และสามารถเก็บรักษาได้นาน 15 วัน ในลิ้นจี่พันธุ์ Huaizhi (Jiang *et al.*, 2004) พบว่า ไคโตซานความเข้มข้น 2 % สามารถชะลอการเจริญเติบโตของเชื้อราและแบคทีเรียได้ 92 % และเก็บได้นาน 20 วันเช่นเดียวกับรายงานของ Zhang and Quantick (1997) พบว่า การเคลือบผิวผลลิ้นจี่พันธุ์ Huaizhi ด้วยไคโตซานความเข้มข้น 1% สามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาล (browning) ที่เปลือกผลลิ้นจี่ได้ นอกจากนี้ยังช่วยยับยั้งการเกิดโรคในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 90% นอกจากนี้ยังพบในรายงานของ Jiang and Li (2000) ว่าการเคลือบผิวด้วยไคโตซานความเข้มข้น 2 % ในผลลำไยพันธุ์ Shixia สามารถชะลอการเกิดโรคได้ 81 % และเก็บรักษาได้นาน 40 วัน

ดังนั้น การศึกษาผลของไคโตซานที่มีต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่งจึงน่าจะเป็นประโยชน์ จึงเป็นแนวทางที่สำคัญในการศึกษาวิจัยนี้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การเตรียมพืชทดสอบก่อนการเก็บรักษา

นำหน่อไม้ฝรั่งที่เก็บเกี่ยวมาจากแปลงปลูกของเกษตรกรในเขตพื้นที่ปลูกจังหวัดพิษณุโลก ก่อนวันทดลอง 1 วัน ขนส่งอย่างระมัดระวังมาที่ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีหลังเก็บเกี่ยว ภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร ล้างทำความสะอาดด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรด์ความเข้มข้น 200 ppm แล้วนำไปผึ่งให้แห้ง จากนั้นคัดเลือกหน่อไม้ฝรั่งที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 เซนติเมตรและมีความยาวใกล้เคียงกัน ปลายหน่อตั้งตรง ไม่มีรอยตำหนิ ปราศจากโรคและแมลงทำลาย ตัดโคนหน่อไม้ฝรั่งให้มีความยาว 18 เซนติเมตร (ภาพ 1) จากนั้น นำหน่อไม้ฝรั่งมาเคลือบด้วยสารละลายไคโตซาน (ภาพ 2) ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ นาน 30 วินาที (ตามกรรมวิธีการทดลองที่กำหนดในหัวข้อ 3.2)

3.2 แผนการทดลองและทรีตเมนต์

หน่อไม้ฝรั่งจะถูกนำมาทดสอบตามแผนการทดลอง ดังนี้ คือ

แผนการทดลอง :	CRD
Replication :	3 ซ้ำ ๆ ละ 12 หน่อ
Treatment :	1. ไม่ใช้ไคโตซาน (น้ำกลั่น, ชุดควบคุม)
	2. ไคโตซานความเข้มข้น 0.5% (w/v)
	3. ไคโตซานความเข้มข้น 1% (w/v)
	4. ไคโตซานความเข้มข้น 2% (w/v)

หลังจากหน่อไม้ฝรั่งถูกเคลือบด้วยสารละลายไคโตซานแล้ว นำไปผึ่งให้แห้ง เก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่งในถุงพลาสติกชนิด LDPE แบบเจาะรู ปิดปากถุงให้แน่น เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิตู้แช่ (3.80 ± 0.04 °C) ความชื้นสัมพัทธ์ (74.03 ± 0.24%) เป็นเวลา 14 วัน (ภาพ 3) บันทึกการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ (รายละเอียดในหัวข้อที่ 3.4.1) และการเปลี่ยนแปลงทางเคมี (รายละเอียดในหัวข้อที่ 3.4.2) ทุกๆ 2 วัน (0, 2, 4, 6, 8, 10, 12 และ 14 วัน) ระหว่างการเก็บรักษาจนสิ้นสุดการทดลอง

3.3 การเตรียมสารละลายไคโตซาน

เตรียมสารละลายไคโตซานตั้งต้นที่ระดับความเข้มข้น 2% (w/v) จากเปลือกกุ้ง (Crap-shell chitosan; บริษัท T C Union Food จำกัด, ประเทศไทย) โดยนำเกล็ดหรือผงไคโตซาน 2 กรัม ละลายใน

น้ำกลั่น 100 มิลลิลิตรที่มีส่วนผสมของ acetic acid ความเข้มข้น 1% นำสารผสมที่ได้มาให้ความร้อนและคนสารผสมในขณะทำการละลายจะช่วยให้เกล็ดไคโตซานละลายได้ดียิ่งขึ้นตามวิธีการผสมสารซึ่งประยุกต์จากการทดลองของ Zhang และ Quantick (1997) หลังจากนั้น ปรับความเข้มข้นของไคโตซานให้ได้ตามความเข้มข้นที่ต้องการเป็น 1.0 และ 0.5 (w/v) ตามลำดับ เติม PEG 400 และสารจับใบ (Tween 80 ในอัตรา 1 มิลลิลิตรต่อลิตร) เพื่อช่วยเพิ่มการเกาะตัว หลังจากนั้นปรับ pH ให้ได้ 5.06 ก่อนนำไปเคลือบผิวหน่อไม้ฝรั่ง

3.4 การบันทึกข้อมูล

3.4.1 การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ

3.4.1.1 การสูญเสียน้ำหนัก

หน่อไม้ฝรั่งในแต่ละซ้ำจะถูกชั่งน้ำหนักก่อนเก็บรักษา และทุกระยะของการทดลอง โดยเริ่มบันทึกน้ำหนักตั้งแต่วันแรกของการทดสอบ (day 0) หลังจากนั้นบันทึกข้อมูลทุก 2 วัน (, 2, 4, 6, 8, 10, 12 และ 14 วัน) จนครบ 14 วัน ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการบันทึกผล นำค่าที่ได้มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก ดังนี้

$$\% \text{ การสูญเสียน้ำหนัก} = \frac{\text{น้ำหนักก่อนเก็บรักษา - น้ำหนัก ณ วันตรวจสอบ}}{\text{น้ำหนักก่อนเก็บรักษา}} \times 100$$

3.4.1.2 การประเมินทางทางประสาทสัมผัส

สีผิว สภาพภายนอก ระดับความสด การเน่าเสีย รวมทั้งกลิ่นที่ผิดปกติ โดยใช้คะแนนการประเมินจาก 1-7 ซึ่งประยุกต์จาก Lill (1980)

การบันทึกลักษณะการเปลี่ยนแปลงสีผิวของหน่อไม้ฝรั่ง กำหนดให้เป็นคะแนนการเปลี่ยนแปลงสีผิวจาก 1 จนถึง 7 ดังนี้ ซึ่ง 1 = ยอดหน่อมีสีเขียวสด, 3 = ยอดหน่อมีสีเขียว แต่ตรงก้านหน่อมีสีเขียวซีดจาง, 5 = ยอดหน่อมีสีเขียวซีดจาง และ 7 = ยอดหน่อมีสีเขียวออกเหลือง (ภาพ 4)

การบันทึกลักษณะสภาพภายนอกของหน่อไม้ฝรั่ง โดยกำหนดให้เป็นคะแนนสภาพภายนอกของหน่อไม้ฝรั่ง จาก 1 จนถึง 7 ดังนี้ ซึ่ง 1 = ยอดหน่อตูมแน่น ก้านหน่อตั้งตรง, 3 = ยอดหน่อเปิดออกไม่เกิน 5% หรือหน่อโค้งงอ, 5 = ยอดหน่อเปิดออกไม่เกิน 10% หรือหน่อโค้งงอ และ 7 = ยอดหน่อเปิดออกมากกว่า 15% หรือหน่อโค้งงอ (ภาพ 5)

การบันทึกลักษณะความสดและความอ่อนนิ่มของหน่อไม้ฝรั่ง ให้เป็นคะแนน จาก 1 จนถึง 7 ดังนี้ ซึ่ง 1 = หน่อสด มีเส้นใยที่อ่อน, 3 = มีเส้นใยที่เหนียวเล็กน้อย, 5 = เกิดเมือกบริเวณปลายยอดเล็กน้อยหรือมีเส้นใยที่เหนียวจากก้านหน่อ 35 mm และ 7 = เกิดเมือกบริเวณปลายยอดเล็กน้อยหรือมีเส้นใยที่เหนียวจากก้านหน่อ 50 mm (ภาพ 6)

การบันทึกการเน่าเสียของหน่อไม้ฝรั่ง ให้เป็นคะแนน จาก 1 จนถึง 7 ดังนี้ ซึ่ง 1 = ทั้งหน่อไม่พบการเน่าเสีย (การเกิดเมือก), 3 = ยอดหน่อหรือก้านหน่อเน่าเสีย (เกิดเมือก) ไม่เกิน 5%, 5 = ยอดหน่อหรือก้านหน่อเน่าเสีย (เกิดเมือก) ไม่เกิน 10% และ 7 = ยอดหน่อหรือก้านหน่อเน่าเสีย (เกิดเมือก) มากกว่า 15% (ภาพ 7)

การเกิดกลิ่นที่ผิดปกติของหน่อไม้ฝรั่ง กำหนดให้เป็นคะแนนการเกิดกลิ่นของหน่อไม้ฝรั่ง จาก 1 จนถึง 7 ดังนี้ คือ 1 = ไม่มีกลิ่นที่ผิดปกติ (กลิ่นตามธรรมชาติของหน่อไม้ฝรั่ง), 3 = ไม่มีกลิ่นที่ผิดปกติ (กลิ่นตามธรรมชาติของหน่อไม้ฝรั่งเล็กน้อย), 5 = มีกลิ่นผิดปกติเล็กน้อย และ 7 = มีกลิ่นแรง เนื่องจากหมดสภาพ

3.4.1.3 การวัดค่าสี

นำหน่อไม้ฝรั่งมาวัดค่าสีโดยใช้เครื่องวัดสี (Hunter's Colorimeter, MiniScan XE PLUS model No.45/ O – S, Hunter Associates Laboratory Inc., USA) โดยนำส่วนยอดของหน่อไม้ฝรั่ง ณ ตำแหน่งที่ความยาว 1, 2 และ 3 เซนติเมตรจากปลายยอดลงมา แสดงผลของสีให้อยู่ในระบบ L* a* b* รวมทั้งค่า Hue (h°) และค่า Chroma (C*) ซึ่ง ค่า L* คือ ค่าความสว่าง ถ้า L* มีค่าเข้าใกล้ 0 หมายถึง วัตถุมีสีคล้ำ หากค่า L* เข้าใกล้ 100 แสดงว่าวัตถุมีความสว่าง, a* มีค่าเป็นบวกหมายถึง วัตถุมีสีแดง หากวัตถุมีค่าเป็นลบหมายถึง วัตถุมีสีเขียว, b* มีค่าเป็นบวกหมายถึง วัตถุมีสีเหลือง หากมีค่าเป็นลบหมายถึง วัตถุมีสีน้ำเงิน ทั้ง a* และ b* หากเป็น 0 หมายถึง วัตถุมีสีเทา, h° ค่าเฉดสี หรือ hue angle มีค่าเข้าใกล้มุม 90 องศา สีของวัตถุจะอยู่ในกลุ่มสีเหลือง หากมีค่าเข้าใกล้ 180 องศา สีของวัตถุจะอยู่ในกลุ่มสีเขียว และ C* ความเข้มของสี หรือ Chroma มีค่าเข้าใกล้ 0 หมายถึง วัตถุมีสีซีดจาง หากเข้าใกล้ 60 วัตถุมีสีเข้ม

3.4.1.4 ค่าแรงเฉือน

วัดค่าแรงเฉือนของหน่อไม้ฝรั่งโดยใช้เครื่อง Texture Analyzer (Brookfield, Model QTS25, MA 0.346-1031, USA) โดยใช้ใบมีดชนิด Warner-Blazer blade กำหนดความเร็วในการตัดเท่ากับ 300 mm/min ตัดผ่านชิ้นส่วนของหน่อไม้ฝรั่งใน 3 ส่วน คือ ส่วนยอด ส่วนกลาง และส่วนโคน แต่ละชิ้นส่วนยาว 6 เซนติเมตร โดยให้ใบมีดเฉือนผ่านบริเวณส่วนกลางของแต่ละชิ้นหน่อไม้ฝรั่ง บันทึกค่า ณ จุดสูงสุดของกราฟ วัดค่าแรงเฉือนออกมาเป็นหน่วย นิวตัน

3.4.2 การเปลี่ยนแปลงทางเคมี

นำหน่อไม้ฝรั่งส่วนยอด ส่วนกลาง และส่วนโคน ตัดเป็นชิ้นเล็กๆ แล้ว ชั่งน้ำหนักเท่ากับ 50 กรัม ผสมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร แล้วนำไปปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นผลไม้นาน 2 นาที จากนั้นปั่นเหวี่ยงเป็นเวลา 15 นาทีที่อุณหภูมิ 25 $^{\circ}$C แยกสารละลายที่ได้จากเครื่องปั่นเหวี่ยงในแต่ละชุดการทดลองไปตรวจสอบค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Soluble Solids Content; SSC) และ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (Titratable Acidity; TA) และปริมาณวิตามินซี ดังนี้

3.4.2.1 ค่า pH

วัดค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) จากน้ำคั้นของหน่อไม้ฝรั่งด้วย pH meter

3.4.2.2 ปริมาณของของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ (Soluble Solids Content; SSC)

หยดน้ำคั้นหน่อไม้ฝรั่ง 2-3 หยด ลงบนปริซึมของเครื่องวัดการหักเหของแสงแบบอัตโนมัติ (Digital Refractometer, ATAGO, Cat. No. 3810, Japan.) บันทึกค่าที่อ่านได้ แสดงผลเป็นเปอร์เซ็นต์ (%)

3.4.2.3 ปริมาณกรดที่ไตรเตรทได้ (Titratable Acidity; TA)

ตามกรรมวิธีของ Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 1990) นำน้ำคั้นที่ได้ 10 มิลลิลิตร ไตรเตรทกับสารละลายมาตรฐาน (NaOH 0.1 *N*) โดยใช้สารละลายphenolphthalein ความเข้มข้น 1% เป็น indicator จนถึงจุดยุติ คือ เมื่อสารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพูอย่างน้อย 30 วินาที หรือไตรเตรทแล้วอ่านค่าความเป็นกรด-ด่างจนถึง pH 8.2 คำนวณกรดที่ไตรเตรทได้ ดังสมการ

$$\%TA = \left[\frac{(\text{ความเข้มข้นของ NaOH มาตรฐาน}(N))\times(\text{ปริมาณ NaOH ที่ใช้(ml)})\times(\text{meq.wt.(citric acid)})}{\text{ปริมาณน้ำคั้นที่ใช้ (ml)}}\right]\times 100$$

โดยที่ ความเข้มข้นของ NaOH มาตรฐาน= 0.1 *N*

meq.wt. (citric acid) = 0.064

3.4.2.4 ปริมาณกรดแอสคอร์บิค (วิตามินซี)

วิเคราะห์ตามวิธีการของ AOAC (1990) โดยใช้น้ำคั้นหน่อไม้ฝรั่ง และคำนวณหาปริมาณวิตามินซีหรือปริมาณกรดแอสคอร์บิค มีหน่วยเป็นเป็น mg/100g.fw. ดังนี้

$$\text{ปริมาณวิตามินซี}/100 = \left[(X - B)\times(F/E)\times(V/Y)\right]\times 100$$

X = ปริมาตรเฉลี่ยที่ใช้กับ dye solution ที่ใช้ไตเตรตกับน้ำคั้นหน่อไม้ฝรั่ง (ml)

B = ปริมาตรเฉลี่ยที่ใช้กับ dye solution ที่ใช้ไตเตรตกับ blank

F = mg equivalent ascorbic acid (anhydrous) Iml : standard - blank

E = ปริมาตรของน้ำคั้นหน่อไม้ฝรั่งก่อนวิเคราะห์ (2 ml)

V = ปริมาตรของสารละลายตัวอย่างก่อนวิเคราะห์ (7 ml)

Y = ปริมาตรของสารตัวอย่างทั้งหมดก่อนวิเคาระห์ (7 ml)

3.4.2.5 ปริมาณคลอโรฟิลล์

เตรียม acetone 80% โดยใช้ acetone 80 ml ผสมน้ำกลั่นให้ครบ 100 ml จะได้ acetone 80% นำหน่อไม้ฝรั่งมาขูดผิวออกโดยขูดเอาเฉพาะบริเวณที่เป็นสีเขียว แล้วนำไปชั่งให้ได้ 1 g จากนั้นนำผิว

สำนักหอสมุด
29 ส.ค. 2554

หน่อไม้ฝรั่งที่ขูดได้ไปบดในโกร่งบด โดยใส่ acetone 80% ปริมาณ 15 ml โดยใส่ตอนบด 10 ml ก่อนพอบดเสร็จกรองด้วยกระดาษกรอง แล้วใส่ acetone 80% ลงไปอีก 5 ml โดยใช้ล้างโกร่งบดแล้วเทลงไปรวมกัน นำน้ำคั้นที่ได้มาใส่ในบีกเกอร์แล้วใช้กระดาษฟรอย ห่อหุ้มบีกเกอร์ไว้ เพื่อป้องกันการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ แล้วนำน้ำคั้นที่ได้ไปวัดหาปริมาณคลอโรฟิลล์ด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ 645 nm และ 663 nm โดยใช้ acetone 80% เป็น bank นำค่า O.D. ที่อ่านได้ไปคำนวณเพื่อหาปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด มีหน่วยเป็น mg/100g.fw. ตามกรรมวิธีของ Arnon (1949) ดังนี้

ปริมาณคลอโรฟิลล์ = $(12.7D_{663} - 2.69D_{645}) \times (V/1000 \times W)$

ปริมาณคลอโรฟิลล์ = $(22.9D_{645} - 4.68D_{663}) \times (V/1000 \times W)$

ปริมาณคลอโรฟิลล์ = $(20.2D_{645} + 8.02D_{663}) \times (V/1000 \times W)$

โดย D_{663} = O.D. ที่ความยาวคลื่น 663 nm

D_{645} = O.D. ที่ความยาวคลื่น 645 nm

V = ปริมาตรอะซิโตนที่ใช้ (ml)

W = น้ำหนักเปลือกผิวหน่อไม้ฝรั่ง (g)

3.4.2.6 ปริมาณเส้นใย (ตามวิธีของ Gould, 1977)

นำหน่อไม้ฝรั่งส่วนยอด กลาง และโคน มาชั่งน้ำหนัก (น้ำหนักเริ่มต้น 15 g) หลังจากนั้น ต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 10 นาที เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 50 (w/v) จำนวน 12 มิลลิลิตร และต้มต่อเป็นเวลา 5 นาที หลังจากนั้นนำเนื้อเยื่อหน่อไม้ฝรั่งที่ได้จากการต้มมาล้างด้วยน้ำไหล ผ่านตะแกรงขนาด 25 mesh อบชิ้นส่วนที่เหลือในตู้อบลมร้อน (hot air oven) ที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 5 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำ มาชั่งน้ำหนัก (น้ำหนักสุดท้าย) คำนวณ ร้อยละเส้นใย ตามสูตร ดังนี้

$$\text{ร้อยละของเส้นใยต่อน้ำหนักสด 100 กรัม} = \frac{\text{น้ำหนักสุดท้าย(กรัม)}}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น(กรัม)}} \times 100$$

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วางแผนการทดลองเป็นแบบ Completely Randomized Design (CRD) ประกอบด้วย 3 ซ้ำ ๆ ละ 12 หน่อ วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลด้วย Analysis of Variance เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple rang test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

บทที่ 4
ผลการทดลอง

4.1 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก

ไคโตซานไม่มีผลในการชะลอการสูญเสียน้ำหนักของหน่อไม้ฝรั่งตลอดระยะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้แช่ และพบว่า ทุกทรีตเมนต์มีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น โดยทุกทรีตเมนต์มีค่าการสูญเสียน้ำหนักอยู่ระหว่าง 2.17 – 2.66% ในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา จนถึง 10.56 – 15.39 % เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ซึ่งทุกทรีตเมนต์ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (ตาราง 1.1)

4.2 การประเมินทางประสาทสัมผัส

คะแนนการเปลี่ยนแปลงสีผิว

ในวันที่ 2 ของการเก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่งเริ่มเปลี่ยนสีจากสีเขียวเข้มเป็นสีเขียวซีดจาง โดยในทุกชุดการทดลองให้คะแนนการเปลี่ยนแปลงสีหน่อไม้ฝรั่งไม่แตกต่างกันตลอดระยะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้แช่ และเมื่อระยะการเก็บรักษานานขึ้นหน่อไม้ฝรั่งทุกชุดการทดลองจะเปลี่ยนเป็นสีซีดจางและเหลืองเพิ่มมากขึ้น (ตาราง 1.2)

คะแนนสภาพภายนอก

ไคโตซานไม่มีผลต่อการชะลอการเปลี่ยนแปลงสภาพภายนอกหน่อไม้ฝรั่ง โดยพบว่า ทุกชุดการทดลองมีคะแนนสภาพภายนอกที่เพิ่มขึ้นใกล้เคียงกันตลอดระยะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้แช่ โดยหน่อไม้ฝรั่งบริเวณก้านหน่อจะเริ่มโค้งงอและตรงส่วนปลายยอดบานไม่เกิน 10%ในทุกชุดการทดลองตลอดระยะการเก็บรักษา (ตาราง 1.2) ดัง แสดงในภาพ 8-15

คะแนนความสดและความอ่อนนิ่ม

ตลอด 12 วันของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้แช่ ทุกชุดการทดลองมีคะแนนความสดและอ่อนนิ่มที่เพิ่มขึ้นใกล้เคียงกัน แต่ในวันที่ 14 ของการเก็บรักษา พบว่า การใช้ไคโตซานมีประสิทธิภาพรักษาระดับความสดและอ่อนนิ่มของหน่อไม้ฝรั่งได้ดีกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และดีที่สุดที่ความเข้มข้น 2% (w/v) ซึ่งให้คะแนนต่ำสุดเท่ากับ 4.76 (มีเส้นใยบริเวณปลายหน่อไม่เกิน 35mm) (ตาราง 1.2)

คะแนนความรุนแรง

ระดับความรุนแรงยังไม่ปรากฏในช่วง 2 วันแรกของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้แช่ แต่หลังจากนั้นพบว่า ไคโตซานทุกระดับความเข้มข้นมีแนวโน้มช่วยชะลอการเกิดความรุนแรง (การเกิดเมือก) ของ

หน่อไม้ฝรั่งได้แต่ไม่แตกต่างจากชุดควบคุม โดยทุกชุดการทดลองให้คะแนนความรุนแรงในวันที่ 4-14 ของการเก็บรักษาอยู่ในช่วง 1.19-4.48 (ตาราง 1.2)

คะแนนการเกิดกลิ่น

ไคโตซานทุกความเข้มข้นให้ประสิทธิภาพควบคุมการเกิดกลิ่นได้ดีตลอด 12 วันของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้แช่ โดยไม่พบกลิ่นที่ผิดปกติในทุกทรีตเมนต์ตลอดการทดลอง แต่ถ้าปล่อยทิ้งไว้หลังจากนี้ พบว่าในวันที่ 14 ของการเก็บรักษา ไคโตซาน 2% (w/v) มีคะแนนการเกิดกลิ่นที่ผิดปกติสูงสุดเท่ากับ 5.10 รองลงมาชุดควบคุม ไคโตซาน 0.5% (w/v) และไคโตซาน 1% (w/v) ให้คะแนนการเกิดกลิ่นที่ผิดปกติเท่ากับ 5.00, 4.57 และ 4.24 ตามลำดับ (ตาราง 1.2)

4.3 ค่าคุณลักษณะของสี

ค่าความสว่าง (L*)

L* มีค่าสูงสุดถึง 100 (สีขาว) จนถึงค่าต่ำสุดคือ 0 (สีดำ) จากการทดลองพบว่า การใช้ไคโตซานมีผลช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงค่า L* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่ระดับความเข้มข้น 2 % (w/v) มีค่าความสว่างน้อยที่สุด ซึ่งแสดงค่า L* ต่ำที่สุด ตลอดการเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้แช่ และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น จะให้ค่า L* ที่สูงขึ้น แสดงว่าวัตถุมีค่าความสว่างสูงขึ้นตามระยะของการเก็บรักษา (ตาราง 1.3)

ค่า a*

ค่า a* แสดงค่าสีเขียวถึงสีแดง ถ้า a* มีค่าเป็นลบ หมายถึง การมีสีเขียว ส่วนเป็นบวก หมายถึงการมีสีแดง จากการทดลอง พบว่า ไคโตซานไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า a* โดยพบว่า ค่า a* ไม่มีความแตกต่างจากชุดควบคุม และเมื่อระยะการเก็บรักษานานขึ้น ค่า a* มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น แสดงว่าวัตถุมีสีเขียวลดลงตามระยะเวลาของการก็บรักษา โดยหน่อไม้ฝรั่งที่ตำแหน่ง 1, 2 และ 3 cm จากปลายยอดหน่อ มีการเปลี่ยนแปลงค่า a* จาก -9.84 ถึง -5.08 ตลอดการเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้แช่ในทุกชุดการทดลอง (ตาราง 1.4)

ค่า b*

ค่า b* แสดงผลจากค่าลบ (สีน้ำเงิน) ไปเป็นบวก (สีเหลือง) จากการทดลอง พบว่า ชุดควบคุมมีการเปลี่ยนแปลงของสีเหลืองของหน่อไม้ฝรั่งน้อยกว่าทรีตเมนต์อื่นๆ และเมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าค่า b* ทั้ง 3 ตำแหน่งมีค่าลดลงอยู่ในช่วง 26.13-28.10 และไคโตซานทุกระดับความเข้มข้นมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของสีเหลืองของหน่อไม้ฝรั่งเพิ่มขึ้น เมื่อสิ้นสุดการทดลองมีค่าอยู่ในช่วง 26.16-31.47 (ตาราง 1.5)

ค่า C*

ค่า C* แสดงถึง วัตถุมีสีซีดหรือสีเข้ม ถ้า C* เข้าใกล้ 0 หมายถึง วัตถุมีสีซีด ถ้า C* เข้าใกล้ 60 หมายถึง วัตถุมีสีเข้ม ณ อุณหภูมิตู้แช่ พบว่า ที่ตำแหน่ง 2 และ 3 cm ไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 1 และ 0.5% (w/v) แสดงค่าวัตถุมีสีเข้มมากที่สุด คือ ค่า C* มีค่ามากที่สุดตามลำดับ แตกต่างจากชุดควบคุม และไคโตซานความเข้มข้น 2% (w/v) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อระยะการเก็บรักษานานขึ้นจะให้ค่า C* แสดงว่าวัตถุมีสีซีดลงตามระยะการเก็บรักษา ส่วนที่ตำแหน่ง 1 cm ไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 1 และ 0.5% (w/v) ให้ค่า C* มีค่ามาก ถึงแม้ไม่แตกต่างจากชุดควบคุมและไคโตซานความเข้มข้น 2% (w/v) (ตาราง 1.6)

ค่า h°

ค่า h° แสดงถึงค่าเฉดสี ถ้า h° เข้าใกล้ 180° หมายถึง การมีสีเขียว ถ้า h° เข้าใกล้ 90° หมายถึง การมีสีเหลือง ณ อุณหภูมิตู้แช่ พบว่า ที่ตำแหน่ง 1 2 และ 3 cm จากปลายยอดหน่อไม้ฝรั่งไคโตซานไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า h° เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม โดยพบว่า ทุกทรีตเมนต์การทดลองมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของค่าองค์ประกอบของสีเขียวเป็นสีเหลืองของหน่อไม้ฝรั่งเพิ่มมากขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาในทุกชุดการทดลอง (ค่า h° มีแนวโน้มลดลงและวิ่งเข้าใกล้สีเหลือง) (ตาราง 1.7)

4.4 ค่าแรงเฉือน

จากการทดลอง พบว่า ไคโตซานระดับความเข้มข้น 0.5% (w/v) มีแนวโน้มช่วยชะลอการอ่อนนิ่มของหน่อไม้ฝรั่งได้ดี ซึ่งเห็นเด่นชัดในวันที่ 12 ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้แช่ พบว่าให้ค่าความแน่นเนื้อตรงส่วนยอด และส่วนโคนหน่อ สูงกว่าชุดการทดลองอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตาราง 1.8) ส่วนตรงส่วนกลางของหน่อ ถึงแม้ไม่แตกต่างจากชุดการทดลองอื่นๆ แต่มีแนวโน้มช่วยชะลอการอ่อนนิ่มได้เช่นกัน

4.5 ค่า pH

ในช่วง 2-6 วันแรกของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้แช่ พบว่า 2% (w/v) Chitosan มีแนวโน้มช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงค่า pH ได้ดีกว่า ทรีตเมนต์อื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่หลังจากนั้นไม่มีความแตกต่างกันมากนักในทุกทรีตเมนต์ จนสิ้นสุดการทดลอง โดยมีค่า pH เริ่มต้นที่ 6.17 และค่าการเปลี่ยนแปลงอยู่ระหว่าง 6.05 - 6.33 ตลอดการเก็บรักษาในทุกทรีตเมนต์ (ตาราง 1.9)

4.6 ปริมาณของของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ (Soluble Solids Content; SSC)

ไคโตซานไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า SSC ตลอดระยะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้แช่ โดยพบว่าค่า SSC มีค่าเริ่มต้นที่ 6.50% และลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้แช่ แต่ในช่วงวันที่ 10-12 ของการเก็บรักษา พบว่า ชุดควบคุม (ไม่ใช้ไคโตซาน) มีผลชะลอการเปลี่ยนแปลงค่า SSC ได้ดีกว่าทรีตเมนต์ที่มีการใช้ไคโตซานทุกระดับความเข้มข้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ค่า SSC อยู่ระหว่าง 4.35 - 4.6% ในทุกทรีตเมนต์ (ตาราง 1.10)

4.7 ปริมาณกรดที่ไตรเตรทได้ (Titratable Acidity; TA)

ในช่วง 10 วันแรกของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้แช่ ค่า TA ไม่มีความแตกต่างกันมากนักในทุกทรีตเมนต์ แต่ในช่วงวันที่ 12 – 16 ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้แช่ พบว่า 0.5% (w/v) Chitosan และชุดควบคุม (ไม่ใช้ไคโตซาน) มีแนวโน้มช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงค่า TA ได้ดีกว่าทรีตเมนต์อื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ค่า TA อยู่ระหว่าง 0.19 – 0.23% ในทุกทรีตเมนต์ (ตาราง 1.11)

4.8 ปริมาณวิตามินซี

ในช่วง 2 วันแรกของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้แช่ พบว่า ชุดควบคุม (ไม่ใช้ไคโตซาน) มีวิตามินซีสูงสุด ถึง 14.55 mg/100g.fw. เมื่อเปรียบเทียบกับไคโตซานทุกความเข้มข้น แต่หลังจากนั้นทุกทรีตเมนต์มีปริมาณวิตามินซีลดลงใกล้เคียงกันตลอดการเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้แช่ และเมื่อสิ้นสุดการทดลองมีค่าวิตามินซีอยู่ระหว่าง 2.66 -3.61 mg/100g.fw. ในทุกทรีตเมนต์ (ตาราง 1.12)

4.9 ปริมาณคลอโรฟิลล์

ไคโตซานไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า คลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของหน่อไม้ฝรั่ง ตลอดการเก็บรักษา อย่างไรก็ตามปริมาณลดลงเล็กน้อยเมื่อระยะการเก็บรักษานานขึ้นในทุกชุดการทดลอง (ตาราง 1.13)

4.10 ปริมาณเส้นใย

ตลอดระยะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้แช่ ไคโตซานระดับความเข้มข้น 0.5% (w/v) มีแนวโน้มช่วยชะลอการเกิดเส้นใยในส่วนยอด ส่วนกลาง และส่วนโคน ของหน่อไม้ฝรั่งได้ดีกว่าทรีตเมนต์อื่นๆ ถึงแม้จะไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (ตาราง 1.14) และในทุกชุดการทดลองปริมาณเส้นใยเพิ่มมากขึ้นตามระยะการเก็บรักษา

4.11 อายุการเก็บรักษา

ณ อุณหภูมิตู้แช่ การใช้ไคโตซานทุกระดับความเข้มข้นช่วยยืดอายุการวางจำหน่ายหน่อไม้ฝรั่งได้ดี โดยที่ระดับความเข้มข้น 1% (w/v) ให้อายุการวางจำหน่ายสูงสุดถึง 11.81 วัน รองลงมาคือ 2% (w/v) และ 0.5% (w/v) ให้อายุการวางจำหน่าย เท่ากับ 11.48 และ 10.86 วัน ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมซึ่งให้อายุการเก็บรักษา เพียง 9.81 วัน (ตาราง 1.15)

ตารางที่ 1.1 แสดงเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของหน่อไม้ฝรั่งภายหลังการใช้ไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นต่างๆนาน 30 วินาทีและเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้แช่ (3.80±0.04 °C) ความชื้นสัมพัทธ์ (74.03±0.24%) เป็นเวลา 14 วัน

กรรมวิธีการทดลอง	เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)							
	0	2	4	6	8	10	12	14
Control	0.00a[1/]	2.53a	3.80a	5.85a	6.74a	12.77a	9.35a	15.39a
0.5% (w/v) Chitosan	0.00a	2.66a	4.46a	6.92a	7.01a	10.43a	11.23a	10.56a
1% (w/v) Chitosan	0.00a	2.17a	3.69a	5.07a	6.25a	10.03a	9.91a	14.58a
2% (w/v) Chitosan	0.00a	2.58a	4.76a	5.24a	5.87a	9.16a	9.80a	12.02a

[1/] ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ตามวิธีการวิเคราะห์แบบ Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 1.2 แสดงคุณลักษณะจากการประเมินโดยประสาทสัมผัสของหน่อไม้ฝรั่ง ภายหลังการใช้ไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นต่างๆนาน 30 วินาทีและเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้แช่ (3.80±0.04°C) ความชื้นสัมพัทธ์ (74.03±0.24%) เป็นเวลา 14 วัน

การประเมินทางประสาทสัมผัส	กรรมวิธีการทดลอง	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)							
		0	2	4	6	8	10	12	14
สี (1-7)[1/]	Control	1.00a[6/]	1.76a	2.0a	2.95a	2.81a	4.00a	3.57a	4.57a
	0.5% (w/v) Chitosan	1.00a	1.62a	1.81a	2.81a	3.00a	3.57a	3.52a	4.19a
	1% (w/v) Chitosan	1.00a	1.72a	2.19a	2.90a	2.81a	3.29a	3.00a	3.71a
	2% (w/v) Chitosan	1.00a	1.62a	2.10a	2.95a	3.19a	3.05a	3.24a	3.48a
ลักษณะสภาพภายนอก (1-7)[2/]	Control	1.00a[6/]	2.05a	2.81b	3.29a	3.10a	3.67b	3.81a	4.00a
	0.5% (w/v) Chitosan	1.00a	2.38a	2.48ab	3.00a	2.62a	3.09ab	3.33a	3.90a
	1% (w/v) Chitosan	1.00a	2.00a	2.00a	2.62a	2.57a	2.43a	3.19a	3.67a
	2% (w/v) Chitosan	1.00a	2.00a	2.19a	2.76a	2.47a	2.52a	2.95a	4.29a
ความสดและอ่อนนิ่ม (1-7)[3/]	Control	1.00a[6/]	1.00a	1.29a	2.81a	2.81a	4.38a	3.62a	5.76b
	0.5% (w/v) Chitosan	1.00a	1.00a	1.19a	3.05a	3.05a	4.43a	4.24a	5.62b
	1% (w/v) Chitosan	1.00a	1.00a	1.38a	2.62a	2.90a	3.76a	4.14a	5.14ab
	2% (w/v) Chitosan	1.00a	1.00a	1.19a	2.76a	2.86a	3.57a	3.95a	4.76a
ระดับความรุนแรง (เน่าเสีย) (1-7)[4/]	Control	1.00a[6/]	1.00a	1.19a	2.14a	1.67a	3.33a	3.48a	4.48a
	0.5% (w/v) Chitosan	1.00a	1.00a	1.24a	1.71a	2.00a	3.24a	3.48a	3.86a
	1% (w/v) Chitosan	1.00a	1.00a	1.19a	1.43a	1.48a	2.62a	3.57a	3.67a
	2% (w/v) Chitosan	1.00a	1.00a	1.19a	1.81a	1.76a	2.48a	2.86a	3.86a

ตารางที่ 1.2 (ต่อ)

การประเมินทางประสาทสัมผัส	กรรมวิธีการทดลอง	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)							
		0	2	4	6	8	10	12	14
กลิ่น (1-7)[5/]	Control	1.00a[6/]	1.00a	1.00a	1.00a	1.76a	3.52a	4.38a	5.00b
	0.5% (w/v) Chitosan	1.00a	1.00a	1.00a	1.00a	1.86a	3.71a	4.05a	4.57ab
	1% (w/v) Chitosan	1.00a	1.00a	1.00a	1.00a	2.14a	3.86a	4.48a	4.24a
	2% (w/v) Chitosan	1.00a	1.00a	1.00a	1.00a	2.05a	4.38a	4.57a	5.10b

[1/] คะแนนการเปลี่ยนแปลงสีผิว (1-7) 1 = ยอดหน่อมีสีเขียวสด, 3 = ยอดหน่อมีสีเขียว แต่ตรงก้านหน่อมีสีเขียวซีดจาง, 5 = ยอดหน่อมีสีเขียวซีดจาง, 7 = ยอดหน่อมีสีเขียวออกเหลือง

[2/] คะแนนสภาพภายนอก (1-7) 1 = ยอดหน่อดูมแน่น ก้านหน่อตั้งตรง, 3 = ยอดหน่อเปิดออกไม่เกิน 5% หรือหน่อโค้งงอ, 5 = ยอดหน่อเปิดออกไม่เกิน 10% หรือหน่อโค้งงอ, 7 = ยอดหน่อเปิดออกมากกว่า 15% หรือหน่อโค้งงอ

[3/] คะแนนความสดและความอ่อนนิ่ม (1-7) 1 = หน่อสด มีเส้นใยที่อ่อน ,3= มีเส้นใยที่เหนียวเล็กน้อย , 5= เกิดเมือกบริเวณปลายยอดเล็กน้อยหรือมีเส้นใยที่เหนียวจากก้านหน่อถึง 35 mm ,7 = เกิดเมือกบริเวณปลายยอดเล็กน้อยหรือมีเส้นใยที่เหนียวจากก้านหน่อถึง 50 mm

[4/] คะแนนความรุนแรง (เน่าเสีย) (1-7) 1 = ทั้งหน่อไม่พบการเน่าเสีย (ไม่เกิดเมือก) ,3= ยอดหน่อหรือก้านหน่อเน่าเสีย(เกิดเมือก)ไม่เกิน 5% ,5= ยอดหน่อหรือก้านหน่อเน่าเสีย(เกิดเมือก)ไม่เกิน 10% ,7= ยอดหน่อหรือ ก้านหน่อเน่า เสีย(เกิดเมือก) มากกว่า 15%

[5/] คะแนนการเกิดกลิ่น (1-7) 1 = ไม่มีกลิ่นที่ผิดปกติ (กลิ่นตามธรรมชาติของหน่อไม้ฝรั่ง) , 3= ไม่มีกลิ่นที่ผิดปกติ (กลิ่นตามธรรมชาติของหน่อไม้ฝรั่งเล็กน้อย) ,5= มีกลิ่นที่ผิดปกติเล็กน้อย , 7= มีกลิ่นแรง เนื่องจากหมดสภาพ

[6/] ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ตามวิธีการวิเคราะห์แบบ Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 1.3 แสดงค่า L* ที่ตำแหน่ง 1, 2 และ 3 เซนติเมตร ของหน่อไม้ฝรั่งภายหลังการใช้ไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นต่างๆนาน 30 วินาทีและเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้แช่ (3.80±0.04°C) ความชื้นสัมพัทธ์ (74.03±0.24%) เป็นเวลา 14 วัน

ค่า L*[1/]	กรรมวิธีการทดลอง	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)							
		0	2	4	6	8	10	12	14
1 cm	Control	53.03a[2/]	50.34a	48.29b	49.89c	49.86b	52.65b	51.09b	52.26b
	0.5% (w/v) Chitosan	53.03a	48.96a	50.80b	45.69bc	48.53ab	49.39a	50.89b	50.48ab
	1% (w/v) Chitosan	53.03a	49.50a	49.84b	44.96ab	49.00b	49.44a	48.83ab	47.73a
	2% (w/v) Chitosan	53.03a	49.21a	36.29a	42.49a	46.21a	47.73a	48.01a	48.44a
2 cm	Control	46.82a[2/]	46.96a	46.19b	47.66b	47.48b	49.46b	47.83a	48.73a
	0.5% (w/v) Chitosan	46.82a	46.40a	47.53b	44.91a	46.70ab	48.10b	47.52a	47.49a
	1% (w/v) Chitosan	46.82a	47.68a	44.7900b	43.89a	46.52ab	48.40b	47.56a	45.79a
	2% (w/v) Chitosan	46.82a	47.20a	34.179a	42.44a	44.72a	45.87a	46.11a	48.08a
3 cm	Control	49.30 a[2/]	48.36a	47.50b	48.13b	47.40a	48.25a	47.34a	49.13a
	0.5% (w/v) Chitosan	49.30a	48.01a	48.10b	46.40ab	46.65a	48.41a	48.11a	47.43a
	1% (w/v) Chitosan	49.30a	49.79a	46.40b	46.18ab	46.79a	49.58a	48.17a	47.87a
	2% (w/v) Chitosan	49.30a	49.52a	35.62a	44.68a	45.15a	47.06a	46.22a	49.63a

[1/] ค่า L* เป็นค่าความสว่าง ซึ่งมีค่า 0-100 (0เท่ากับสีดำและ100เท่ากับสีขาว) โดยที่ความสว่างมากค่า L* ก็จะใกล้ 0

[2/] ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ตามวิธีการวิเคราะห์แบบ Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 1.4 แสดงค่า a* ที่ตำแหน่ง 1, 2 และ 3 เซนติเมตร ของหน่อไม้ฝรั่งภายหลังการใช้ไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นต่างๆนาน 30 วินาทีและเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้แช่ (3.80±0.04°C) ความชื้นสัมพัทธ์ (74.03±0.24%) เป็นเวลา 14 วัน

ค่า a*[1/]	กรรมวิธีการทดลอง	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)							
		0	2	4	6	8	10	12	14
1 cm	Control	-7.39a[2/]	-6.85a	-7.29a	-7.00a	-6.46a	-5.82a	-6.39a	-5.28b
	0.5% (w/v) Chitosan	-7.39a	-7.12a	-6.84a	-6.47a	-6.54a	-6.00a	-6.27a	-5.81ab
	1% (w/v) Chitosan	-7.39a	-6.79a	-6.46a	-5.67b	-6.07a	-5.99a	-6.78a	-5.08b
	2% (w/v) Chitosan	-7.39a	-6.96a	-4.34b	-7.06a	-6.09a	-6.04a	-5.29b	-6.58a
2 cm	Control	-8.66a[2/]	-8.11b	-8.65a	-8.53a	-7.64a	-6.93a	-7.09a	-6.59b
	0.5% (w/v) Chitosan	-8.66a	-8.54ab	-8.16a	-7.70a	-7.96a	-7.39a	-7.69a	-6.96b
	1% (w/v) Chitosan	-8.66a	-8.69ab	-8.03a	-7.94a	-7.44a	-7.64a	-7.74a	-7.26b
	2% (w/v) Chitosan	-8.66a	-9.09a	-6.49b	-8.00a	-7.62a	-7.15a	-7.09a	-8.12a
3 cm	Control	-9.84a[2/]	-9.32a	-9.53a	-9.25a	-8.48a	-7.78a	-7.69a	-7.65ab
	0.5% (w/v) Chitosan	-9.84a	-9.75a	-9.26a	-8.46a	-8.87a	-8.22a	-8.31a	-8.20a
	1% (w/v) Chitosan	-9.84a	-9.61a	-8.93a	-8.44a	-8.77a	-8.21a	-8.65a	-8.43a
	2% (w/v) Chitosan	-9.84a	-9.96a	-7.61b	-8.75a	-8.85a	-8.177a	-8.14a	-7.16b

[1/] ค่า a* เป็นค่าที่บอกให้ทราบว่าวัตถุมีสีแดงหรือสีเขียวมากน้อยเพียงใด ถ้า a* มีค่าเป็นบวก ยิ่งมีค่ามากแสดงว่าวัตถุมีสีแดงอยู่มาก แต่ถ้า a* มีค่าเป็นลบวัตถุมีสีเขียว ยิ่งค่าติดลบมากแสดงว่าวัตถุมีสีเขียวมาก

[2/] ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ตามวิธีการวิเคราะห์แบบ Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 1.5 แสดงค่า b* ที่ตำแหน่ง 1, 2 และ 3 เซนติเมตร ของหน่อไม้ฝรั่งภายหลังการใช้ไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นต่างๆนาน 30 วินาทีและเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้แช่ (3.80±0.04°C) ความชื้นสัมพัทธ์ (74.03±0.24%) เป็นเวลา 14 วัน

ค่า b*[1/]	กรรมวิธีการทดลอง	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)							
		0	2	4	6	8	10	12	14
1 cm	Control	28.85a[2/]	26.99a	28.88b	27.84b	26.68a	26.74a	26.85a	26.22a
	0.5% (w/v) Chitosan	28.85a	27.60a	27.75b	26.83b	27.85a	27.10a	27.27a	27.50b
	1% (w/v) Chitosan	28.85a	27.65a	28.42b	25.27a	27.68a	27.35a	28.52b	26.16a
	2% (w/v) Chitosan	28.85a	28.55a	20.71a	27.30b	27.11a	27.77a	26.87a	27.77b
2 cm	Control	29.00a[2/]	27.82a	30.59b	29.46a	27.75a	27.14a	26.99a	26.13a
	0.5% (w/v) Chitosan	29.00a	29.07a	28.96b	29.28a	29.29a	28.29ab	28.81b	27.49ab
	1% (w/v) Chitosan	29.00a	30.38b	28.67b	28.63a	28.76a	29.37b	29.24b	28.95bc
	2% (w/v) Chitosan	29.00a	30.95b	22.32a	28.36a	28.49a	28.47ab	28.52b	29.84c
3 cm	Control	32.47a[2/]	30.90a	33.09b	31.70a	29.48a	29.35a	28.71a	28.10a
	0.5% (w/v) Chitosan	32.47a	31.97a	31.34b	30.81a	31.31b	30.55a	30.57b	29.85ab
	1% (w/v) Chitosan	32.47a	33.65b	31.03b	30.47a	31.31b	31.19a	31.44b	31.47b
	2% (w/v) Chitosan	32.47a	34.33b	26.13a	30.91a	30.65ab	30.86a	30.60b	29.36a

[1/] ค่า b* เป็นค่าที่บอกให้ทราบว่า วัตถุมีสีเหลืองหรือสีน้ำเงินมากน้อยเพียงใด ถ้า b* มีค่าเป็บลบ วัตถุมีสีน้ำเงิน ยิ่งมีค่าติดลบมากแสดงว่าวัตถุมีสีน้ำเงินมาก

[2/] ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ตามวิธีการวิเคราะห์แบบ Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 1.6 แสดงค่า C* ที่ตำแหน่ง 1, 2 และ 3 เซนติเมตร ของหน่อไม้ฝรั่งภายหลังการใช้ไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นต่างๆนาน 30 วินาทีและเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้แช่ (3.80±0.04°C) ความชื้นสัมพัทธ์ (74.03±0.24%) เป็นเวลา 14 วัน

ค่า C*[1/]	กรรมวิธีการทดลอง	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)							
		0	2	4	6	8	10	12	14
1 cm	Control	29.79a[2/]	27.86a	29.80b	28.72b	27.48a	27.38a	27.61a	26.77a
	0.5% (w/v) Chitosan	29.79a	28.51ab	28.59b	27.61b	28.62a	27.78a	28.02a	28.13b
	1% (w/v) Chitosan	29.79a	28.49ab	29.19b	25.91a	28.37a	28.01a	29.33b	26.67a
	2% (w/v) Chitosan	29.79a	29.39b	21.60a	28.21b	27.81a	28.44a	27.41a	28.57b
2 cm	Control	30.27a[2/]	28.99a	31.80b	30.68a	28.79a	28.02a	27.92a	26.97a
	0.5% (w/v) Chitosan	30.27a	30.31ab	30.09b	30.29a	30.36a	29.25ab	29.85b	28.38ab
	1% (w/v) Chitosan	30.27a	31.61bc	29.81b	29.72a	29.72a	30.36b	30.27b	29.85bc
	2% (w/v) Chitosan	30.27a	32.26c	23.53a	29.48a	29.50a	29.37ab	29.40ab	30.94c
3 cm	Control	33.94a[2/]	32.28a	34.44a	33.03a	30.68a	30.37a	29.74a	29.13a
	0.5% (w/v) Chitosan	33.94a	33.43a	32.69a	31.96a	32.55a	31.65a	31.71b	30.96ab
	1% (w/v) Chitosan	33.94a	35.00b	32.30a	31.62a	32.52a	32.26a	32.62b	32.59b
	2% (w/v) Chitosan	33.94a	35.75b	27.44a	32.12a	31.91a	31.94a	31.67b	30.25a

[1/] ค่า C* เป็นค่าที่บอกให้ทราบว่า วัตถุมีสีซีด หรือสีเข้มมากน้อยเพียงใด ถ้าเข้าใกล้ 0 วัตถุมีสีซีด ถ้าเข้าใกล้ 60 วัตถุมีสีเข้ม

[2/] ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ตามวิธีการวิเคราะห์แบบ Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 1.7 แสดงค่า h° ที่ตำแหน่ง 1, 2 และ 3 เซนติเมตร ของหน่อไม้ฝรั่งภายหลังการใช้ไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นต่างๆนาน 30 วินาทีและเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้แช่ (3.80±0.04°C) ความชื้นสัมพัทธ์ (74.03±0.24%) เป็นเวลา 14 วัน

ค่า h°[1/]	กรรมวิธีการทดลอง	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)							
		0	2	4	6	8	10	12	14
1 cm	Control	104.34a[2/]	104.20a	104.06a	104.11b	103.41a	102.26a	103.35b	101.33a
	0.5% (w/v) Chitosan	104.34a	104.44a	103.82a	103.50ab	103.16a	102.40a	102.88b	101.83ab
	1% (w/v) Chitosan	104.34a	103.75a	102.74a	102.54a	102.24a	102.28a	103.25b	100.91a
	2% (w/v) Chitosan	104.34a	103.67a	103.28a	104.44b	102.58a	102.14a	101.09a	103.17b
2 cm	Control	106.59a[2/]	106.17a	105.68a	106.14b	105.33a	104.33a	104.70a	104.13a
	0.5% (w/v) Chitosan	106.59a	106.30a	105.67a	104.74a	105.17a	104.56a	104.81a	104.10a
	1% (w/v) Chitosan	106.59a	105.92a	106.20a	105.41ab	104.43a	104.53a	104.78a	104.06a
	2% (w/v) Chitosan	106.59a	106.37a	110.89a	105.74ab	104.87a	104.02a	103.92a	105.08a
3 cm	Control	106.84a[2/]	106.76b	106.06a	106.26a	106.01a	104.84a	104.95a	105.19b
	0.5% (w/v) Chitosan	106.84a	106.95b	106.43a	105.30a	105.76a	104.98a	105.23a	105.31b
	1% (w/v) Chitosan	106.84a	105.92a	106.51a	105.43a	105.63a	104.70a	105.34a	104.94b
	2% (w/v) Chitosan	106.84a	106.18a	120.4a	105.79a	106.11a	104.84a	104.90a	103.49a

[1/] ค่า h° เป็นค่าแสดงเฉดสี เมื่อเข้าใกล้ มุม 90° วัตถุจะอยู่ในกลุ่มสีเหลือง ถ้าหากเข้าใกล้ มุม 180° แสดงว่าวัตถุอยู่ในกลุ่มสีเขียว

[2/] ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ตามวิธีการวิเคราะห์แบบ Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 1.8 แสดงค่าแรงเฉือนของหน่อไม้ฝรั่งภายหลังการใช้ไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นต่างๆนาน 30 วินาทีและเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้แช่ (3.80±0.04°C) ความชื้นสัมพัทธ์ (74.03±0.24%) เป็นเวลา 14 วัน

ค่าความแน่นเนื้อ (นิวตัน)	กรรมวิธีการทดลอง	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)							
		0	2	4	6	8	10	12	14
ยอด	Control	35.62a[1/]	38.64a	43.21a	40.85a	40.33a	37.10a	38.00a	36.45a
	0.5% (w/v) Chitosan	35.62a	36.43a	40.31a	40.30a	43.34a	40.54a	44.99b	39.14a
	1% (w/v) Chitosan	35.62a	38.19a	38.19a	38.66a	38.33a	37.49a	38.12a	36.45a
	2% (w/v) Chitosan	35.62a	39.34a	39.48a	37.75a	38.53a	37.38a	39.31a	39.92a
กลาง	Control	47.11a[1/]	53.73a	51.11a	51.70a	48.00a	49.00a	47.53a	52.23a
	0.5% (w/v) Chitosan	47.11a	46.90a	53.48a	50.11a	49.77a	54.67a	53.48a	50.24a
	1% (w/v) Chitosan	47.11a	50.46a	54.13a	51.49a	46.25a	51.34a	48.10a	53.10a
	2% (w/v) Chitosan	47.11a	52.96a	50.53a	47.47a	52.16a	48.06a	49.61a	50.31a
โคน	Control	75.14a[1/]	94.78a	88.15a	101.20a	103.52a	77.26a	73.48a	158.46a
	0.5% (w/v) Chitosan	75.14a	90.30a	90.49a	107.72a	100.49a	109.99a	120.46b	117.25a
	1% (w/v) Chitosan	75.14a	102.15a	106.41a	99.41a	90.71a	87.41a	100.33ab	158.46a
	2% (w/v) Chitosan	75.14a	103.30a	92.02a	87.81a	106.37a	99.18a	100.24ab	117.25a

[1/] ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ตามวิธีการวิเคราะห์แบบ Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 1.9 แสดงค่าเฉลี่ย pH ของหน่อไม้ฝรั่ง ภายหลังการใช้ไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นต่างๆนาน 30 วินาทีและเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้แช่ (3.80±0.04 °C) ความชื้นสัมพัทธ์ (74.03±0.24%) เป็นเวลา 14 วัน

กรรมวิธีการทดลอง	pH							
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)							
	0	2	4	6	8	10	12	14
Control	6.17a [1/]	6.05a	6.18b	6.31a	6.28a	6.21a	6.18a	6.11a
0.5% (w/v) Chitosan	6.17a	6.11b	6.13a	6.28a	6.29a	6.20a	6.24a	6.33b
1% (w/v) Chitosan	6.17a	6.12bc	6.15ab	6.28a	6.26a	6.19a	6.11a	6.20ab
2% (w/v) Chitosan	6.17a	6.15c	6.31c	6.38b	6.26a	6.17a	6.18a	6.23ab

[1/] ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ตามวิธีการวิเคราะห์แบบ Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 1.10 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ (Soluble Solids Content; SSC) ของหน่อไม้ฝรั่ง ภายหลังการใช้ไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นต่างๆนาน 30 วินาทีและเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้แช่ (3.80±0.04 °C) ความชื้นสัมพัทธ์ (74.03±0.24%) เป็นเวลา 14 วัน

กรรมวิธีการทดลอง	SSC (%)							
	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)							
	0	2	4	6	8	10	12	14
Control	6.50a [1/]	5.40a	5.25a	5.00a	4.95a	4.95b	5.45b	4.35a
0.5% (w/v) Chitosan	6.50a	5.40a	5.05a	5.15a	4.65a	4.50a	4.85a	4.50a
1% (w/v) Chitosan	6.50a	5.10a	4.95a	4.80a	5.10a	4.45a	4.75a	4.60a
2% (w/v) Chitosan	6.50a	5.05a	4.95a	4.85a	4.40a	4.40a	4.65a	4.60a

[1/] ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ตามวิธีการวิเคราะห์แบบ Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 1.11 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณกรดที่ไตรเตรทได้ของหน่อไม้ฝรั่ง ภายหลังการใช้ไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นต่างๆนาน 30 วินาทีและเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้แช่ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้แช่ (3.80±0.04 °C) ความชื้นสัมพัทธ์ (74.03±0.24%) เป็นเวลา 14 วัน

กรรมวิธีการทดลอง	TA (%) ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)							
	0	2	4	6	8	10	12	14
Control	0.24a[1/]	0.24a	0.23a	0.23b	0.23a	0.24a	0.23ab	0.21ab
0.5% (w/v) Chitosan	0.24a	0.25a	0.21a	0.24b	0.21a	0.24a	0.25b	0.23b
1% (w/v) Chitosan	0.24a	0.24a	0.21a	0.23b	0.21a	0.24a	0.24ab	0.22b
2% (w/v) Chitosan	0.24a	0.24a	0.20a	0.20a	0.20a	0.23a	0.22a	0.19a

[1/] ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ตามวิธีการวิเคราะห์แบบ Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 1.12 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าวิตามินซี ของหน่อไม้ฝรั่ง ภายหลังการใช้ไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นต่างๆนาน 30 วินาทีและเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้แช่ (3.80±0.04 °C) ความชื้นสัมพัทธ์ (74.03±0.24%) เป็นเวลา 14 วัน

กรรมวิธีการทดลอง	วิตามินซี (mg/100 mg FW) ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)							
	0	2	4	6	8	10	12	14
Control	12.85a[1/]	14.55a	11.18a	10.01a	7.33a	4.52a	4.62a	2.66a
0.5% (w/v) Chitosan	12.85a	11.41b	10.99a	9.63a	6.58a	5.09a	5.20a	2.66a
1% (w/v) Chitosan	12.85a	10.82b	10.06a	10.01a	6.95a	5.09a	4.62a	2.85a
2% (w/v) Chitosan	12.85a	11.60b	9.31a	10.01a	6.58a	4.52a	4.24a	3.61a

[1/] ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ตามวิธีการวิเคราะห์แบบ Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 1.13 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า Chlorophyll a, Chlorophyll b และ Chlorophyll Total ของหน่อไม้ฝรั่ง ภายหลังการใช้ไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นต่างๆนาน 30 วินาทีและเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้แช่ (3.80±0.04°C) ความชื้นสัมพัทธ์ (74.03±0.24%) เป็นเวลา 14 วัน

Chlorophyll (mg/100 g.FW)	กรรมวิธีการทดลอง	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)							
		0	2	4	6	8	10	12	14
Chlorophyll a	Control	0.16a[1/]	0.14a	0.17a	0.15a	0.17b	0.14a	0.14a	0.11a
	0.5% (w/v) Chitosan	0.16a	0.15a	0.14a	0.15a	0.15a	0.14a	0.15a	0.12a
	1% (w/v) Chitosan	0.16a	0.14a	0.15a	0.14a	0.15a	0.13a	0.14a	0.13a
	2% (w/v) Chitosan	0.16a	0.13a	0.14a	0.15a	0.16ab	0.14a	0.12a	0.10a
Chlorophyll b	Control	0.07a[1/]	0.06a	0.07a	0.07a	0.08b	0.06a	0.06a	0.05a
	0.5% (w/v) Chitosan	0.07a	0.06a	0.06a	0.07a	0.06a	0.07a	0.06a	0.05a
	1% (w/v) Chitosan	0.07a	0.07a	0.07a	0.06a	0.07a	0.06a	0.06a	0.06a
	2% (w/v) Chitosan	0.07a	0.06a	0.06a	0.07a	0.07ab	0.06a	0.05a	0.05a
Chlorophyll total	Control	0.24a[1/]	0.20a	0.23a	0.22a	0.24b	0.20a	0.20a	0.16a
	0.5% (w/v) Chitosan	0.24a	0.21a	0.20a	0.22a	0.21a	0.21a	0.22a	0.17a
	1% (w/v) Chitosan	0.24a	0.20a	0.21a	0.20a	0.22a	0.19a	0.20a	0.18a
	2% (w/v) Chitosan	0.24a	0.02a	0.20a	0.22a	0.23ab	0.20a	0.16a	0.15a

[1/] ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ตามวิธีการวิเคราะห์แบบ Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 1.14 แสดงปริมาณเส้นใยของหน่อไม้ฝรั่งส่วนยอด กลาง และโคน ภายหลังการใช้ไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นต่างๆนาน 30 วินาทีและเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้แช่ (3.80±0.04°C) ความชื้นสัมพัทธ์ (74.03±0.24%) เป็นเวลา 14 วัน

ปริมาณเส้นใย (ร้อยละน้ำหนักสด)	กรรมวิธีการทดลอง	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)							
		0	2	4	6	8	10	12	14
ส่วนยอด	Control	2.09a[1/]	2.62a	2.47a	2.98a	2.69b	2.84a	2.62a	3.13b
	0.5% (w/v) Chitosan	2.09a	2.42a	2.09a	2.42a	2.04a	2.62a	2.49a	2.93b
	1% (w/v) Chitosan	2.09a	2.49a	2.09a	2.98a	2.76b	2.76a	2.80a	2.80b
	2% (w/v) Chitosan	2.09a	2.62a	2.62a	2.71a	2.62b	2.44a	2.58a	2.18a
ส่วนกลาง	Control	2.62a[1/]	2.76a	2.78a	2.96a	3.13a	3.36a	2.64a	3.62a
	0.5% (w/v) Chitosan	2.62a	2.80a	2.80a	2.78a	2.62a	3.07a	3.07a	3.38a
	1% (w/v) Chitosan	2.62a	2.87a	3.60a	3.18a	2.93a	3.16a	3.22a	3.27a
	2% (w/v) Chitosan	2.62a	2.82a	3.42a	3.07a	3.04a	3.38a	3.24a	2.78a
ส่วนโคน	Control	3.13a[1/]	3.11a	3.31a	3.40a	4.31b	3.18a	3.47a	5.04c
	0.5% (w/v) Chitosan	3.13a	3.18a	3.33a	3.11a	2.76a	3.49a	3.67a	4.71bc
	1% (w/v) Chitosan	3.13a	3.29a	3.73a	3.60a	3.36a	4.00a	4.00a	4.04ab
	2% (w/v) Chitosan	3.13a	3.42a	3.80a	3.53a	3.56ab	4.18a	3.69a	3.71a

[1/] ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ตามวิธีการวิเคราะห์แบบ Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 1.15 แสดงอายุการเก็บรักษาของหน่อไม้ฝรั่ง ภายหลังการใช้ไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นต่างๆนาน 30 วินาทีและเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้แช่ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้แช่ (3.80±0.04°C) ความชื้นสัมพัทธ์ (74.03±0.24%) จนหมดสภาพ

กรรมวิธีการทดลอง	อายุการวางจำหน่าย [1/] (วัน)
Control	9.81 a [2/]
0.5% (w/v) Chitosan	10.86 b
1% (w/v) Chitosan	11.81 c
2% (w/v) Chitosan	11.48 bc

[1/] เกณฑ์การประเมิน ณ วันที่คะแนนความรุนแรงน้อยกว่าหรือเท่ากับ 5 (ยอดหน่อหรือก้านหน่อเน่าเสีย (เกิดเมือก)ไม่เกิน 10%) จากตารางที่ 1.2 เป็นเกณฑ์ในการประเมินอายุการเก็บรักษา

[2/] ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ตามวิธีการวิเคราะห์แบบ Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ภาพที่ 1. แสดงลักษณะของหน่อไม้ฝรั่งที่ตั้งตรงไม่โค้งงอ ปลายยอดตูมไม่บาน ไม่มีรอยตำหนิ ปราศจากโรคและแมลงในวันที่ 0 (ณ วันแรกที่เริ่มทำการทดลอง)

ภาพที่ 2. แสดงการชุบหน่อไม้ฝรั่งในสารละลายไคโตซาน ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 30 วินาที

ภาพที่ 3. แสดงลักษณะการเก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่งที่อุณหภูมิตู้แช่ เป็นเวลา 14 วัน

ภาพที่ 4. แสดงระดับการประเมินการเปลี่ยนแปลงสีผิวของหน่อไม้ฝรั่ง โดยใช้คะแนน 1-7 ซึ่ง 1 = ยอดหน่อมีสีเขียวสด , 3 = ยอดหน่อมีสีเขียว แต่ตรงก้านหน่อมีสีเขียวซีดจาง, 5 = ยอดหน่อมีสีเขียวซีดจาง และ 7 = ยอดหน่อมีสีเขียวออกเหลือง

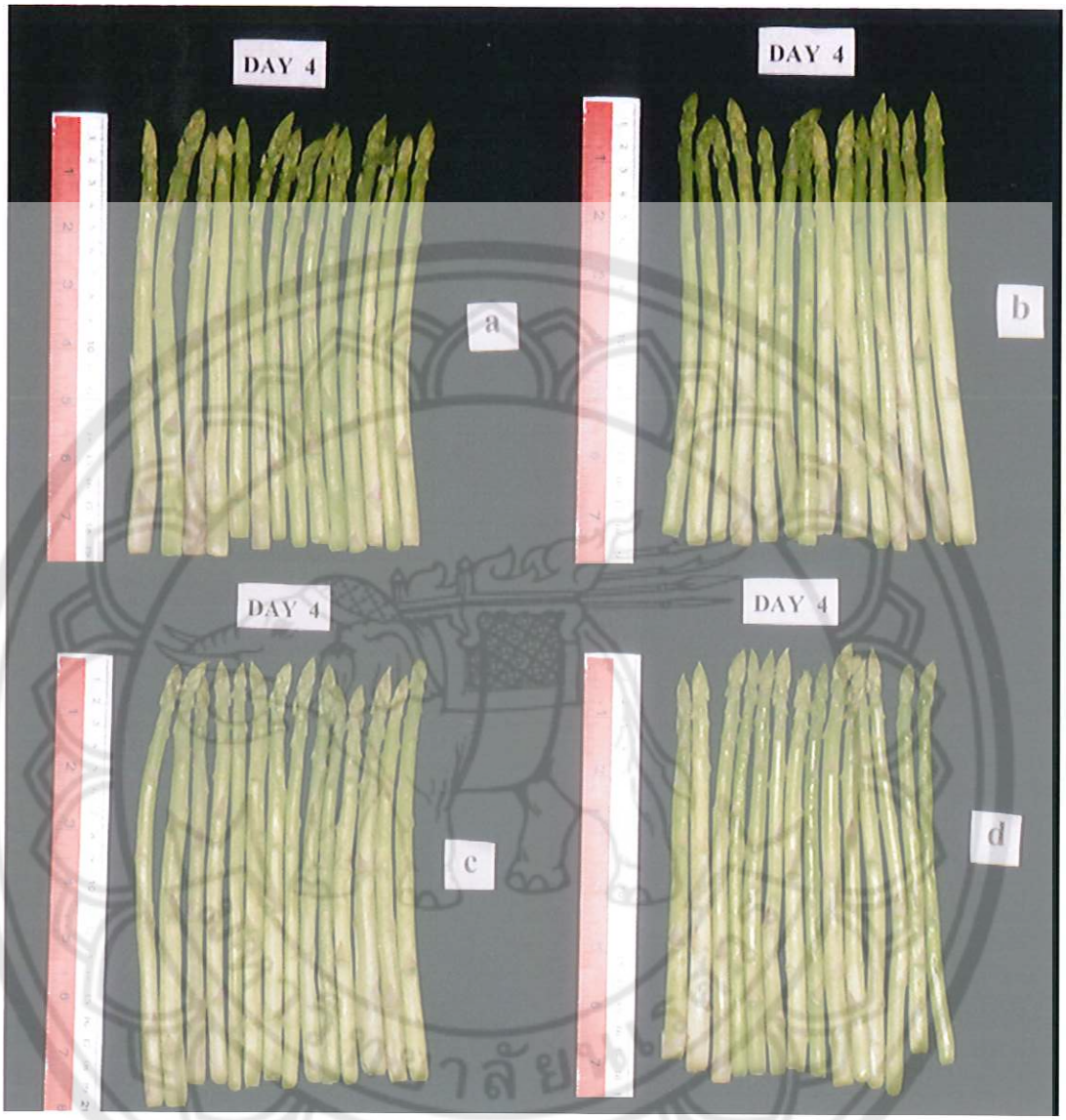
ภาพที่ 5. แสดงระดับการประเมินสภาพภายนอกของหน่อไม้ฝรั่ง โดยใช้คะแนน 1-7 ดังนี้ ซึ่ง 1 = ยอดหน่อตูมแน่น ก้านหน่อตั้งตรง, 3 = ยอดหน่อเปิดออกไม่เกิน 5% หรือหน่อโค้งงอ, 5 = ยอดหน่อเปิดออกไม่เกิน 10% หรือหน่อโค้งงอ และ 7 = ยอดหน่อเปิดออกมากกว่า 15% หรือหน่อโค้งงอ

ภาพที่ 6. แสดงระดับการประเมินความสดและอ่อนนิ่มของหน่อไม้ฝรั่ง โดยใช้คะแนน 1-7 ซึ่ง 1 = หน่อสด มีเส้นใยที่อ่อน, 3 = มีเส้นใยที่เหนียวเล็กน้อย, 5 = เกิดเมือกบริเวณปลายยอดเล็กน้อยหรือมีเส้นใยที่เหนียวจากก้านหน่อ 35 mm และ 7 = เกิดเมือกบริเวณปลายยอดเล็กน้อยหรือมีเส้นใยที่เหนียวจากก้านหน่อ 50 mm

ภาพที่ 7. แสดงการประเมินระดับความรุนแรงของหน่อไม้ฝรั่ง โดยใช้คะแนน 1 – 7 ซึ่ง 1 = ทั้งหน่อไม่พบการเน่าเสีย (การเกิดเมือก), 3 = ยอดหน่อหรือก้านหน่อเน่าเสีย (เกิดเมือก) ไม่เกิน 5%, 5 = ยอดหน่อหรือก้านหน่อเน่าเสีย (เกิดเมือก) ไม่เกิน 10% และ 7 = ยอดหน่อหรือก้านหน่อเน่าเสีย (เกิดเมือก) มากกว่า 15%

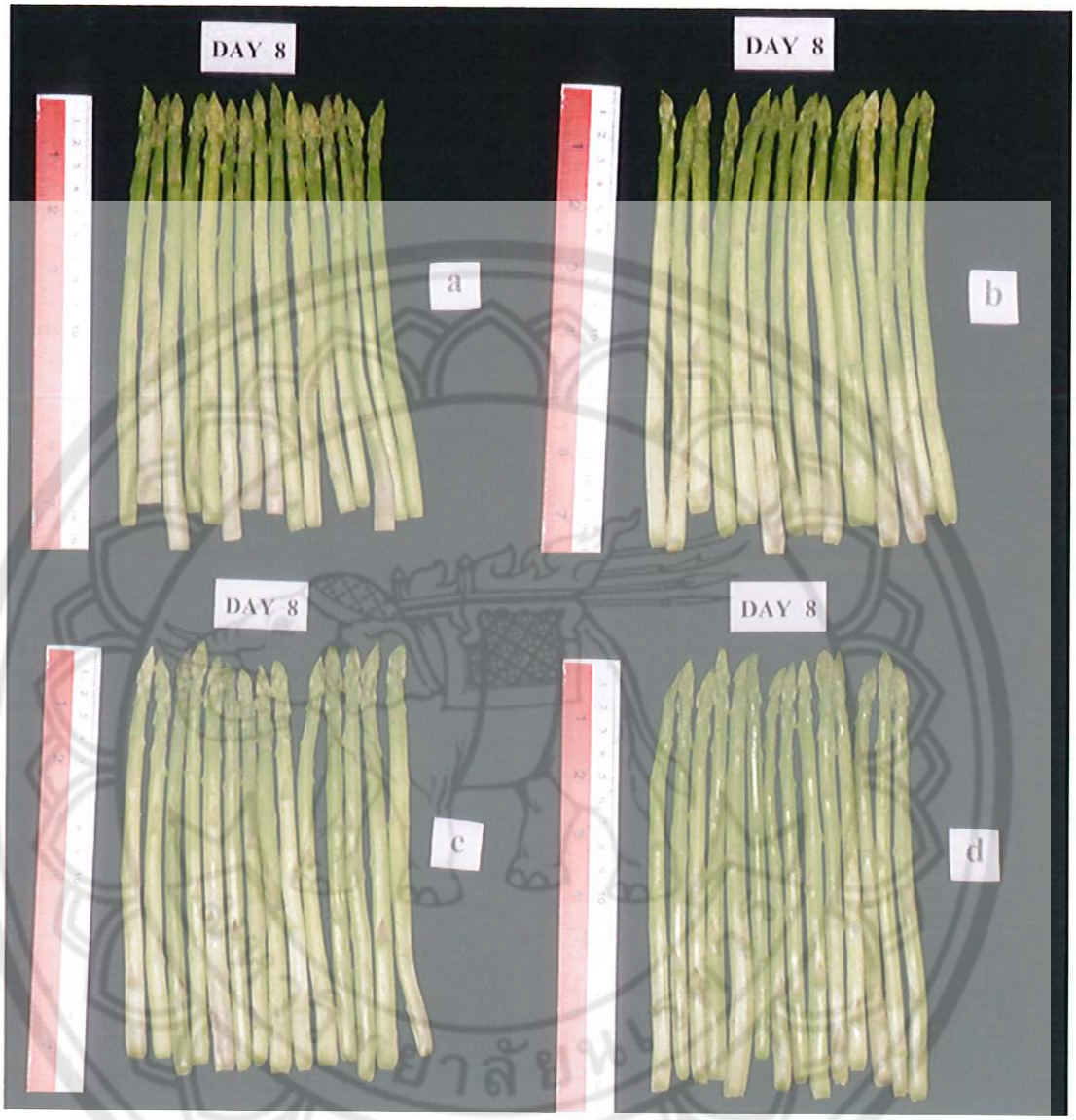
ภาพที่ 8. แสดงสภาพภายนอกของหน่อไม้ฝรั่งภายหลังใช้ไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ โดยที่ (a) ชุดควบคุมไม่ใช้ไคโตซาน, (b) ไคโตซาน 0.5% (w/v) , (c)ไคโตซาน 1 % (w/v) และ (d) ไคโตซาน 2% (w/v) นาน 30 วินาที ตามลำดับ หลังจากนั้น เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้แช่ (3.80±0.04°C) ความชื้นสัมพัทธ์ (74.03±0.24%) ณ วันที่เริ่มทดสอบ (day 0)

ภาพที่ 9. แสดงสภาพภายนอกของหน่อไม้ฝรั่งภายหลังใช้ไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ โดยที่ (a) ชุดควบคุมไม่ใช้ไคโตซาน, (b) ไคโตซาน 0.5% (w/v) , (c)ไคโตซาน 1 % (w/v) และ (d) ไคโตซาน 2% (w/v) นาน 30 วินาที ตามลำดับ หลังจากนั้น เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้แช่ (3.80±0.04°C) ความชื้นสัมพัทธ์ (74.03±0.24%) แสดงภาพ ณ วันที่ 2 หลังการทดสอบ (day 2)



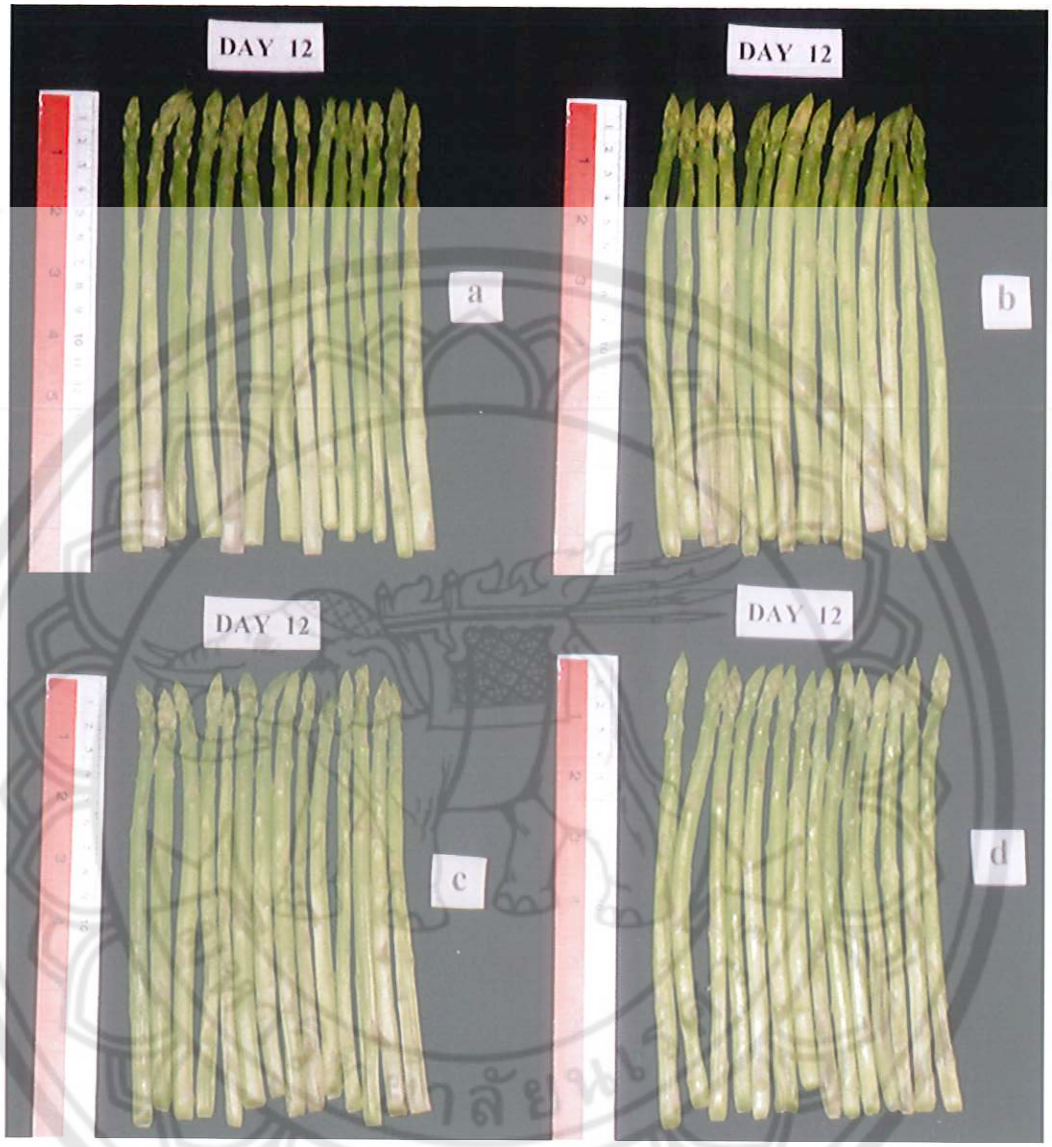
ภาพที่ 10. แสดงสภาพภายนอกของหน่อไม้ฝรั่งภายหลังใช้ไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ โดยที่ (a) ชุดควบคุมไม่ใช้ไคโตซาน, (b) ไคโตซาน 0.5% (w/v) , (c)ไคโตซาน 1 % (w/v) และ (d) ไคโตซาน 2% (w/v) นาน 30 วินาที ตามลำดับ หลังจากนั้น เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้แช่ (3.80±0.04°C) ความชื้นสัมพัทธ์ (74.03±0.24%) ณ วัน 4 ของการเก็บรักษา (day 4)

ภาพที่ 11. แสดงสภาพภายนอกของหน่อไม้ฝรั่งภายหลังใช้ไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ โดยที่ (a) ชุดควบคุมไม่ใช้ไคโตซาน, (b) ไคโตซาน 0.5% (w/v) , (c)ไคโตซาน 1 % (w/v) และ (d) ไคโตซาน 2% (w/v) นาน 30 วินาที ตามลำดับ หลังจากนั้น เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้แช่ (3.80±0.04°C) ความชื้นสัมพัทธ์ (74.03±0.24%) ณ วันที่ 6 ของการเก็บรักษา (day 6)

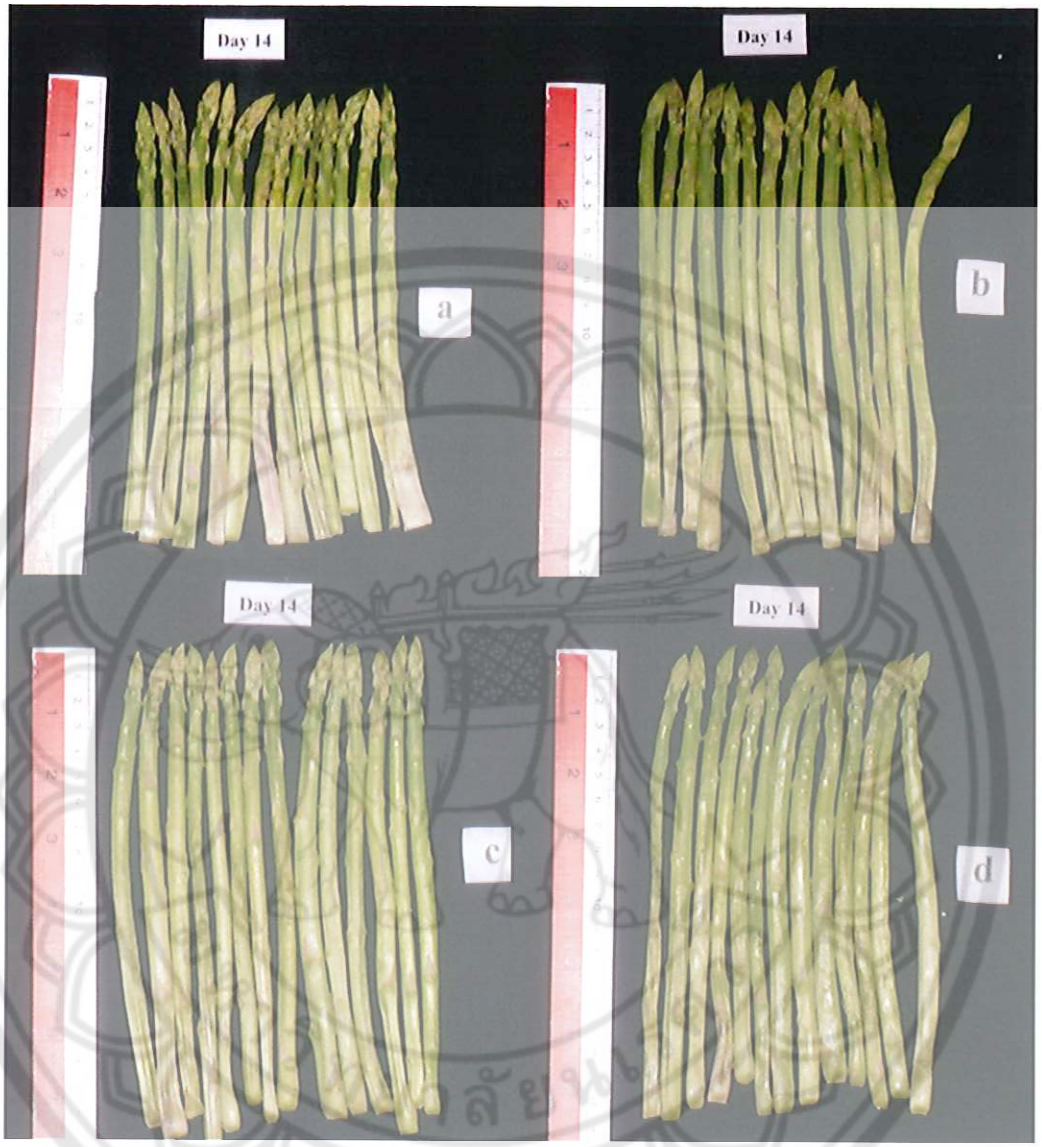


ภาพที่ 12. แสดงสภาพภายนอกของหน่อไม้ฝรั่งภายหลังใช้ไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ โดยที่ (a) ชุดควบคุมไม่ใช้ไคโตซาน, (b) ไคโตซาน 0.5% (w/v) , (c) ไคโตซาน 1 % (w/v) และ (d) ไคโตซาน 2% (w/v) นาน 30 วินาที ตามลำดับ หลังจากนั้น เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้แช่ (3.80±0.04°C) ความชื้นสัมพัทธ์ (74.03±0.24%) เป็นเวลา 8 วัน **(day 8)**

ภาพที่ 13. แสดงสภาพภายนอกของหน่อไม้ฝรั่งภายหลังใช้ไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ โดยที่ (a) ชุดควบคุมไม่ใช้ไคโตซาน, (b) ไคโตซาน 0.5% (w/v) , (c) ไคโตซาน 1 % (w/v) และ (d) ไคโตซาน 2% (w/v) นาน 30 วินาที ตามลำดับ หลังจากนั้น เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้แช่ (3.80±0.04°C) ความชื้นสัมพัทธ์ (74.03±0.24%) เป็นเวลา 10 วัน (day 10)



ภาพที่ 14. แสดงสภาพภายนอกของหน่อไม้ฝรั่งภายหลังใช้ไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ โดยที่ (a) ชุดควบคุมไม่ใช้ไคโตซาน, (b) ไคโตซาน 0.5% (w/v) , (c)ไคโตซาน 1 % (w/v) และ (d) ไคโตซาน 2% (w/v) นาน 30 วินาที ตามลำดับ หลังจากนั้น เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้แช่ (3.80±0.04°C) ความชื้นสัมพัทธ์ (74.03±0.24%) เป็นเวลา 12 วัน (day 12)



ภาพที่ 15. แสดงสภาพภายนอกของหน่อไม้ฝรั่งภายหลังใช้ไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ โดยที่ (a) ชุดควบคุมไม่ใช้ไคโตซาน, (b) ไคโตซาน 0.5% (w/v) , (c)ไคโตซาน 1 % (w/v) และ (d) ไคโตซาน 2% (w/v) นาน 30 วินาที ตามลำดับ หลังจากนั้น เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้แช่ (3.80±0.04°C) ความชื้นสัมพัทธ์ (74.03±0.24%) เป็นเวลา 14 วัน (day 14)

บทที่ 5
วิจารณ์

5.1 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก

การสูญเสียน้ำหนักของผลิตผลเกิดจากการคายน้ำ ซึ่งเป็นกระบวนการที่น้ำเคลื่อนที่จากตัวผลิตผลไปสู่บรรยากาศภายนอก โดยเกิดจากความแตกต่างระหว่างความดันของไอน้ำในผลิตผลกับภายนอกผลิตผล โดยระเหยผ่านทางช่องเปิดต่างๆเช่น stomata, lenticel รอยแผลเป็นที่ขั้วและปลายผล บาดแผล หรือรอยช้ำที่เกิดจากการกระทบกระเทือน ซึ่งการสูญเสียน้ำมีผลทำให้ผลิตผลเหี่ยว หดตัวและการสูญเสียน้ำหนัก (จริงแท้, 2542) จากการทดลองนี้พบว่า สารเคลือบผิวไคโตซานช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนักของผลิตผลได้ในระดับหนึ่ง โดยเฉพาะที่ไคโตซานความเข้มข้น 1% (w/v) แต่โดยรวมไม่มีความแตกต่างจากชุดควบคุม(ไม่ใช้ไคโตซาน) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ มยุรี (2551) ที่เคลือบผิวผลกล้วยไข่ด้วยไคโตซานความเข้มข้น 0.5%(w/v) ช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนักของผลกล้วยไข่ในช่วงแรกของการเก็บรักษาแต่หลังจากนั้นไม่แตกต่างจากชุดควบคุม (ไม่ใช้ไคโตซาน) เช่นเดียวกับรายงานของไพรัตน์และวิคเนตร (2535) ที่พบว่าไคโตซานไม่สามารถป้องกันการสูญเสียน้ำหนักของมะนาวในระหว่างการศึกษา แต่ให้ผลดีด้านการชะลอการเปลี่ยนสีผิว ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากสารเคลือบผิวเมื่อเคลือบให้ผลิตผลแล้วไม่ได้แผ่เป็นฟิล์มปกคลุมผิวของผลิตผลอย่างแท้จริง โดยมักจะมีรอยแยกหรือรอยแตกเกิดขึ้นบนแผ่นฟิล์มของสารเคลือบผิว ซึ่งเป็นช่องทางให้น้ำเล็ดลอดออกมาได้ ทำให้ผลิตผลมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นได้ (จริงแท้, 2542)

5.2 การประเมินทางประสาทสัมผัส

คะแนนการเปลี่ยนแปลงสีผิว

การเปลี่ยนแปลงสีผิวของหน่อไม้ฝรั่ง พบว่าบริเวณส่วนโคนมีการเปลี่ยนแปลงสีก่อนบริเวณปลายยอดของหน่อไม้ฝรั่ง คือ จากมีสีเขียวสดค่อยๆเปลี่ยนไปเป็นสีสว่างค่อนข้างออกเขียวซีดจางจนกระทั่งเหลือง และเมื่อเก็บรักษานานขึ้นสีของหน่อไม้ฝรั่งก็จะมีสีเหลืองเพิ่มมากขึ้น แต่จากการสังเกตการประเมินด้วยสายตาพบว่ามีความสัมพันธ์กับค่า a* ในระบบ CIA LAB ซึ่งพบว่าการใช้ไคโตซานเคลือบผิวหน่อไม้ฝรั่งไม่มีผลช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงสีผิวของหน่อไม้ฝรั่ง ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ เสาวคนธ์ (2544) ที่ว่าการเคลือบผิวผลสาลี่ด้วยสารเคลือบผิวไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีผิวของผลสาลี่

คะแนนสภาพภายนอก

หลังการเก็บเกี่ยวหน่อไม้ฝรั่งบริเวณส่วนปลายยอดจะเริ่มมีการบานของดอกเกิดขึ้น และเมื่อปล่อยทิ้งไว้ลำต้นของหน่อก็จะโค้งงอ ซึ่งไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค ซึ่งการที่หน่อไม้ฝรั่งมีลำต้นที่โค้งงอ เนื่องจากปริมาณฮอร์โมนออกซินที่พบในเนื้อเยื่อเจริญโดยเฉพาะบริเวณปลายยอดมีอิทธิพลหลาย

อย่างต่อการพัฒนาของพืช ได้แก่ ทำหน้าที่ควบคุมการขยายตัวของเซลล์ การแบ่งตัวของเซลล์ การยืดตัวของเซลล์ และการตอบสนองต่อแสงและแรงโน้มถ่วงของโลกซึ่งอาจจะทำให้หน่อไม้ฝรั่งที่เก็บรักษามีความยาวเพิ่มขึ้น (จริงแท้, 2542) และส่งผลให้หน่อไม้ฝรั่งมีการโค้งงอเกิดขึ้น จากการทดลองนี้ พบว่าไคโตซานไม่มีผลช่วยชะลอการบานของปลายยอดหรือการโค้งงอของหน่อไม้ฝรั่ง และให้คะแนนสภาพภายนอกของหน่อไม่แตกต่างจากชุดควบคุม

คะแนนความสดและความอ่อนนิ่ม

จากการทดลอง พบว่า ชุดควบคุมมีคะแนนการยอมรับด้านความสดต่ำกว่าหน่อไม้ฝรั่งที่เคลือบด้วยไคโตซาน อาจเป็นเพราะว่าผลิตผลถูกสูญเสียน้ำหนักมากจะทำให้ผลิตผลเหี่ยวมาก และมีการเสื่อมสภาพรวดเร็ว ในขณะที่หน่อไม้ฝรั่งที่เคลือบด้วยไคโตซานมีคะแนนความสดสูงกว่า เนื่องจากไคโตซานสามารถป้องกันการสูญเสียน้ำหนักของผลิตผลได้จึงทำให้หน่อไม้ฝรั่งยังคงความสดมากกว่า

ระดับความรุนแรง

หน่อไม้ฝรั่งเมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลานานบริเวณส่วนปลายหน่อจะเริ่มนิ่มและเกิดเมือกขึ้น และจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีคล้ำ เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น พบว่า บริเวณส่วนโคนของหน่อไม้ฝรั่งจะมีน้ำเมือกไหลออกมา จากการทดลองนี้พบว่า หน่อไม้ฝรั่งที่เคลือบด้วยไคโตซานมีแนวโน้มช่วยชะลอการเกิดความรุนแรงของหน่อไม้ฝรั่งได้ ทั้งนี้อาจเนื่องจาก สารเคลือบผิวมีผลช่วยลดการแลกเปลี่ยนก๊าซภายในผลิตผลกับบรรยากาศ โดยลดปริมาณก๊าซออกซิเจนภายในผลิตผลส่งผลให้ชะลออัตราการหายใจให้เกิดช้าลง (ดนัยและนิติยา, 2548; ยงยุทธ, 2539) และอาจเนื่องมาจากการเคลือบผิวช่วยเกาะยึดสารป้องกันเชื้อราเอาไว้ จึงทำให้การเกิดความรุนแรงของหน่อไม้ฝรั่งเกิดขึ้นช้ากว่าชุดควบคุม ดังการทดลองของ Bautista-Baños *et al.* (2003; 2005) ที่กล่าวว่าการเคลือบผิวมะละกอด้วยไคโตซานมีผลช่วยยับยั้งการเกิดเชื้อ *Collectotrichum gloeosporioides* หรือเชื้อราสาเหตุการเกิดโรคแอนแทรกโนส เป็นต้น

คะแนนการเกิดกลิ่น

ในช่วงแรกของการเก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่งในทุกชุดการทดลองมีคะแนนการเกิดกลิ่นไม่แตกต่างกันมาก คือ ยังมีกลิ่นที่ปกติเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค แต่หลังจากเก็บรักษานานขึ้น พบว่า เริ่มเกิดกลิ่นที่ผิดปกติซึ่งเกิดจากการใช้สารไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นสูงเกินไป โดยเฉพาะไคโตซานความเข้มข้น 2% (w/v) ทำให้หน่อไม้ฝรั่งเกิดเมือกที่บริเวณปลายหน่อ และมีน้ำเมือกไหลบริเวณโคนหน่อ ทำให้หน่อไม้ฝรั่งมีกลิ่นที่ผิดปกติ อาจเนื่องมาจากปริมาณก๊าซออกซิเจนภายในผลต่ำเกินไป ทำให้เกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน และไปกระตุ้นการสร้างเอทานอลและอะเซตาลดีไฮด์ได้ (จริงแท้, 2542)

5.3 ค่าคุณลักษณะของสี แสดงค่าโดย L*, a*, b*, C* และ h°

ในทุกชุดการทดลองมีการเปลี่ยนแปลงค่าคุณลักษณะของสีเป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ แสดงถึงการมีสีเหลืองเพิ่มขึ้น ซึ่งการเปลี่ยนสีจะเริ่มจากการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ทำให้สีเขียวหายไป ต่อจากนั้นจะเกิดสีเหลือง ส้ม แดง น้ำเงิน หรือสีอื่นๆขึ้น ซึ่งจากการทดลอง พบว่า ไคโตซานโดยรวมไม่

มีผลต่อการเปลี่ยนค่า a* และ h° ของหน่อไม้ฝรั่ง ซึ่งสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงค่าคลอโรฟิลล์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ไคโตซานโดยรวมไม่มีผลต่อการเปลี่ยนค่าสีของหน่อไม้ฝรั่งในระบบ L* a* b* C* และ h° (การเปลี่ยนแปลงสีเขียวเป็นสีเหลือง) ซึ่งสอดคล้องกับการวิจัยของ วงเดือน (2546) ที่ว่าผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบด้วยไคโตซานมีการเปลี่ยนแปลงค่า L* C* และ h° ของสีผิวไม่แตกต่างกับผลส้มที่ไม่ได้เคลือบ

5.4 ค่าแรงเฉือน

ผลไม้ทุกชนิด ทั้ง climacteric และ non-climacteric เมื่อเริ่มสุกจะเกิดการอ่อนตัวของเนื้อเยื่อ ซึ่งเป็นสาเหตุให้ลักษณะเนื้อมีความอ่อนนิ่มลง การนิ่มของผลมีสาเหตุมาจากการเปลี่ยนแปลงของผนังเซลล์และการเกาะตัวของเซลล์ที่ขึ้นอยู่กับโครงสร้างและปริมาณสารประกอบเพกทิน เมื่อผลไม้สุกมากขึ้นสารประกอบเพกทินที่ไม่ละลายน้ำจะเปลี่ยนเป็นชนิดที่ละลายน้ำทำให้การเกาะตัวของเซลล์ลดลง เซลล์จะแยกออกจากกันทำให้ลักษณะเนื้อเปลี่ยนไป (จิรา, 2531; ดนัย, 2540; ดนัยและนิตยา, 2548) จากผลการทดลอง พบว่าหน่อไม้ฝรั่งที่เคลือบผิวด้วยไคโตซานมีค่าแรงเฉือนเพิ่มสูงขึ้นตามระยะการเก็บรักษา โดยเฉพาะที่ระดับความเข้มข้น 0.5% (w/v) ซึ่งค่าความแน่นเนื้อ (แรงเฉือน) ที่เพิ่มขึ้นมีสาเหตุหลักจากการที่ผนังเซลล์มีความหนาเพิ่มขึ้นโดยเกิดที่เซลล์ sclerencyma โดยเฉพาะเซลล์ fiber ในกลุ่มเซลล์ท่อลำเลียง มีความสัมพันธ์กับกระบวนการ lignification ซึ่งเป็นกระบวนการที่ทำ ให้มีการสร้างและสะสมลิกนินขึ้นภายในผนังเซลล์ (Chang, 1983; King *et al.*, 1987) ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณเส้นใยของหน่อไม้ฝรั่งที่เพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา

5.5 ค่า pH, SSC และ TA

ใช้สารเคลือบผิวมีสภาพคล้ายคลึงกับการเก็บรักษาผลิตผลในสภาพบรรยากาศดัดแปลง ซึ่งพบว่า ก๊าซ CO_2 สูงกว่ากว่าสภาพปกติ สามารถละลายน้ำได้ดี เมื่อละลายในน้ำภายในเซลล์พืช ได้สารประกอบหลักเป็น HCO_3^- และ H^+ ซึ่ง H^+ ที่ได้จากการละลายของ CO_2 ทำให้สารละลายภายในเซลล์มีสภาพเป็นกรด pH จึงลดต่ำลง(Siriphanich and Kader, 1986) ทำให้กิจกรรมของเอนไซม์ phosphofructokinase ซึ่งเป็นเอนไซม์สำคัญที่ควบคุมวิถีไกลโคไลซีสลดลง และการเพิ่มระดับความเข้มข้นของ CO_2 ให้กับผลิตผลในระหว่างการเก็บรักษายังมีผลยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ succinate dehydrogenase ในวัฏจักรเครปส์ เนื่องจากเป็นเอนไซม์ที่มีความว่องไวต่อการเปลี่ยนแปลง pH ซึ่งจากการทดลองนี้ พบว่า ค่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ในน้ำคั้นหน่อไม้ฝรั่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยค่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้มีค่าเปลี่ยนแปลงขึ้นลง ตลอดระยะการเก็บรักษา ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ วิกันดา (2541) ที่รายงานว่า ปริมาณของกรดที่ไทเทรตได้ของผลส้มเขียวหวานมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งในผลส้มมีกรดซิตริกในปริมาณมาก และค่อนข้างคงที่หลังจากแก่จัดหรือสุก ทั้งนี้เพราะการเปลี่ยนแปลงภายในเซลล์ผลส้มจะเกิดขึ้นอย่างช้าๆ (สายชล, 2528)

ค่า SSC ในช่วงแรกๆของการเก็บรักษา ปริมาณของของแข็งที่ละลายได้ลดลงเล็กน้อย แต่เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้นปริมาณของของแข็งที่ละลายได้ของหน่อไม้ฝรั่งค่อนข้างคงที่ ซึ่งเนื่องมาจากหน่อไม้ฝรั่งเป็นพืชผักประเภท non - climacteric การเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวเกิดขึ้นน้อย โดยเฉพาะคุณภาพความหวานจะไม่เกิดเพิ่มขึ้นหลังการเก็บเกี่ยว (Kader, 1992: สายชล 2528)

ค่า TA โดยรวมจะมีค่าเปลี่ยนแปลงขึ้นลง และจะลดลงเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น ซึ่งเนื่องมาจากหน่อไม้ฝรั่งแม้ว่าจะเป็นพืชผักประเภท non-climacteric แต่ก็ยังมีการหายใจอยู่ ดังนั้นปริมาณกรดที่ลดลงน่าจะมาจาก เมื่อกรดเข้าสู่ขั้นตอน Kreb′s cycle แล้วกรดซิตริกจะถูกออกซิไดซ์ไปเป็นสารอื่น และเมื่อระยะเวลาผ่านไป ปริมาณกรดอินทรีย์จะลดลงเรื่อยๆ ตามอายุการเก็บรักษา (จริงแท้, 2542) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ วิกันดา (2541) และวงเดือน (2546) ที่รายงานว่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของผลส้มเขียวหวานเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยระหว่างการเก็บรักษาและมีแนวโน้มลดลงเมื่อเก็บรักษานานขึ้น

5.6 วิตามินซี

ภายหลังการเก็บเกี่ยวปริมาณวิตามินซีมักมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นค่อนข้างมาก ซึ่งผักบริโภคใบและช่อดอกจะมีการสูญเสียวิตามินซีค่อนข้างสูง แต่ในผลไม้มักไม่มีการสูญเสียวิตามินซีมากนัก ซึ่งอาจจะเป็นเพราะในผลไม้มีกรดอินทรีย์อยู่มาก ซึ่งสามารถยับยั้งการสลายตัวของวิตามินซีได้ สำหรับการสูญเสียวิตามินซีในผลิตผลเกิดจากปัจจัยหลายประการ คือ กิจกรรมของเอนไซม์ เช่น Ascorbic acid oxidase, Polyphenol oxidase และ Peroxidase และยังเกิดจากกระบวนการออกซิเดชั่นด้วย นอกจากนี้การสูญเสียวิตามินซียังเกี่ยวข้องกับอุณหภูมิและระยะเวลาของการเก็บรักษา ซึ่งการเก็บรักษาผลิตผลไว้ที่อุณหภูมิสูงมักจะมีการสูญเสียวิตามินซีมากกว่าอุณหภูมิต่ำ จากการใช้สารเคลือบผิวไคโตซานในการทดลองนี้พบว่า ไคโตซานไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซีของหน่อไม้ฝรั่งเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (ไม่ใช้ไคโตซาน) สอดคล้องกับ ชินพันธ์ (2539) ที่รายงานว่า การเคลือบผิวผลลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซีในเนื้อลิ้นจี่ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะหน่อไม้ฝรั่งเป็นพืชผักประเภท non-climacteric ซึ่งการเปลี่ยนแปลงทางเคมีจะเกิดขึ้นน้อยหลังการเก็บเกี่ยว (จิรา, 2531; สายชล, 2528)

5.7 ปริมาณคลอโรฟิลล์

สารสี (pigment) เช่น คลอโรฟิลล์ แคโรทีนอยด์ แอนโทไซยานิน และสารสีอื่นๆนั้นจะดูดกลืนพลังงานแสงในช่วงความยาวคลื่นที่มีความจำเพาะ ฉะนั้นการเปลี่ยนแปลงของค่าสีที่วัดได้ หมายถึงการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารสีเหล่านั้นด้วย โดยคลอโรฟิลล์จะดูดกลืนแสงในช่วงแถบสีน้ำเงินและสีแดงได้ดีกว่าช่วงความยาวคลื่นอื่นๆแต่ในช่วงแสงสีเขียวคลอโรฟิลล์จะดูดกลืนแสงได้น้อยที่สุด จึงทำให้เรามองเห็นคลอโรฟิลล์เป็นสีเขียว Williums and Norris (1987) ปริมาณคลอโรฟิลล์ของหน่อไม้ฝรั่งที่วัดนั้น

มีค่าลดลง โดยมีการลดลงอย่างต่อเนื่องทั้งคลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมด ซึ่งการลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์ที่วัดได้นั้นหมายถึง การสลายตัวของคลอโรฟิลล์ที่เพิ่มมากขึ้น ซึ่งหน่อไม้ฝรั่งในทุกชุดการทดลองมีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมด ลดลงตลอดเวลาของการเก็บรักษา เนื่องจากการลดลงของสีเขียวของผลไม้หรือพืชผักและการพัฒนาสีเหลือง ส้ม แดง น้ำเงินหรือสีอื่นๆ เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติเมื่อผักเริ่มเสื่อมสภาพ (Leshem *et al.*, 1986) มีการเปลี่ยนแปลงในพลาสติด (plastid) จากการเปลี่ยนแปลง chloroplast ไปเป็น chromoplast โดยกระตุ้นจากฮอร์โมนภายในที่พืชผลิตขึ้นฮอร์โมนที่มีส่วนสำคัญต่อการสลายตัวของ chlorophyll คือ เอทธิลีนจะไปเร่ง activity ของเอนไซม์ chlorophyllase ซึ่งทำงานโดยการตัดส่วนหาง คือ phytol (Barmore, 1975) ซึ่งการใช้สารเคลือบผิวไคโตซานของหน่อไม้ฝรั่งมีสภาพคล้ายคลึงกับการเก็บรักษาผลิตผลในสภาพบรรยากาศดัดแปลง ชลธิชา (2543) กล่าวว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์ในบรอคโคลี่ที่เก็บรักษาในสภาพบรรยากาสดัดแปลงมีการสูญเสียน้อยกว่าบรอคโคลี่ที่เก็บรักษาในสภาพปกติ อาจเนื่องมาจากในสภาพบรรยากาศดัดแปลงมี water potential ต่ำ และความชื้นสัมพัทธ์สูง ทำให้การสลายตัวของคลอโรฟิลล์เกิดขึ้นช้าๆเพราะ water potential ที่ต่ำ มีผลยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์คลอโรฟิลเลส ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่เร่งการย่อยสลายคลอโรฟิลล์ (Lutz *et al.*, 1969) นอกจากนี้ Lebermann *et al.* (1968) พบว่า สภาพบรรยากาศดัดแปลงที่มีความเข้มข้นของก๊าซ CO_2 สูง และก๊าซ O_2 ต่ำกว่าสภาพปกติ สามารถคงปริมาณคลอโรฟิลล์ในบรอคโคลี่ได้ ซึ่งสอดคล้องกับการใช้สารคลือบผิวที่เป็นการควบคุมการผ่านเข้าออกของก๊าซ ทำให้ภายในผลมีปริมาณก๊าซ O_2 ต่ำ และก๊าซ CO_2 สูงกว่าปกติ จึงส่งผลให้การสลายตัวของคลอโรฟิลล์เกิดช้าลง (จริงแท้, 2542) แต่ในการทดลองนี้พบว่า ไคโตซานไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์และไม่มีความแตกต่างจากชุดควบคุม

5.8 ปริมาณเส้นใย

การเกิดเส้นใยของหน่อไม้ฝรั่งเกิดขึ้นโดยกระบวนการ lignification ซึ่งต้องการออกซิเจนในการเกิดปฏิกิริยา อัตราการเกิดปฏิกิริยาขึ้นอยู่กับเอนไซม์ isoperoxidase (Sharma *et al.*, 1975) หน่อไม้ฝรั่งที่เก็บเกี่ยวมาจากแปลงปลูกมีบาดแผลเกิดขึ้นที่ส่วนของโคนหน่อ ทำให้การสร้างเอทธิลีนจากบาดแผล (wound ethylene) และทำให้เอนไซม์ isoperoxidase มี activity เพิ่มขึ้น ซึ่งไปเร่งอัตราการเกิดเส้นใยให้เร็วขึ้น ปริมาณเส้นใยในหน่อไม้ฝรั่งจึงเพิ่มขึ้น (Yang and Pratt, 1978) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้จึงทำให้ปริมาณเส้นใยในส่วนที่อยู่ใกล้บริเวณโคนมากกว่าที่ส่วนปลายของหน่อ ซึ่งจากการทดลองนี้พบว่า หน่อไม้ฝรั่งที่เคลือบด้วยไคโตซานความเข้มข้น 0.5% (w/v) มีแนวโน้มช่วยชะลอการเกิดเส้นใยได้ดี ซึ่งการเคลือบผิวมีสภาพคล้ายคลึงกับการเก็บรักษาผลิตผลในสภาพบรรยากาศดัดแปลง ซึ่งพบว่า การเก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่งในสภาพบรรยากาศดัดแปลงร่วมกับการเคลือบด้วย 6-benzylaminopurine (6-BA) ช่วยชะลอการเกิดเส้นใยช้ากว่าเก็บรักษาสภาพบรรยากาศดัดแปลงโดยปราศจากการเคลือบ 6-benzylaminopurine (6-BA) ตลอด 24 วันของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2°C (Jianshen *et al.*, 2005)

5.9 อายุการเก็บรักษา

การเคลือบผิวหน่อไม้ฝรั่งด้วยไคโตซานสามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นานกว่าการไม่เคลือบผิว เนื่องจากการเคลือบผิวมีส่วนช่วยชะลอกระบวนการต่าง ๆ ที่จะทำให้เกิดการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวของผลิตผล โดยไคโตซานความเข้มข้น 1, 2 และ 0.5%(w/v) ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่งได้นานถึง 11.81, 11.48 และ 10.86 วัน ตามลำดับ ส่วนชุดควบคุมเก็บรักษาได้เพียง 9.87 วันเท่านั้น สอดคล้องกับการทดลองของ ชิโรวรรณและคณะ (2549) พบว่า การเคลือบผลละมุดด้วยไคโตซาน 1% (w/v) และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 13°C และ 28°C สามารถยืดอายุการเก็บรักษาไว้ได้นานถึง 6 และ 24 วัน ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับที่ไม่ใช้ไคโตซาน (เก็บรักษาได้เพียง 4 และ 21 วัน ตามลำดับ)

บทที่ 6
สรุป

การเก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่งหลังเคลือบด้วยไคโตซานที่อุณหภูมิตู้แช่เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาคุณภาพหน่อไม้ฝรั่ง สามารถสรุปได้ว่า

ไคโตซานมีแนวโน้มในการชะลอการสูญเสียน้ำหนักของหน่อไม้ฝรั่งได้บางส่วน โดยเฉพาะที่ระดับความเข้มข้น 1% และ 2% (w/v) แต่เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาไม่พบความแตกต่าง

การใช้ไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นต่างกันไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีผิวภายนอกของหน่อไม้ฝรั่ง โดยการประเมินด้วยสายตา แต่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า L* b* และ C* มากที่สุดที่ระดับความเข้มข้น 0.5% และ 1% (w/v) ซึ่งมีแนวโน้มชะลอการเปลี่ยนสีเขียวของหน่อไม้ฝรั่งได้ดีแต่ค่า a* และ h° ไม่พบความแตกต่าง

ไคโตซานมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า TA, pH และ SSC ของน้ำคั้นหน่อไม้ฝรั่ง โดยให้ค่า SSC และ TA ที่ต่ำ และให้ค่า pH ที่สูงกว่าชุดควบคุม แต่ การใช้ไคโตซานไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคลอโรฟิลล์ และวิตามินซี ของน้ำคั้นหน่อไม้ฝรั่ง

ไคโตซานช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงค่าความแน่นเนื้อ ปริมาณเส้นใยของหน่อไม้ฝรั่ง โดยเฉพาะที่ระดับความเข้มข้น 0.5% (w/v) มีแนวโน้มรักษาความแน่นเนื้อ การเกิดเส้นใยของหน่อไม้ฝรั่งช้ากว่าทรีตเมนต์อื่นๆ แต่เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาไม่พบความแตกต่าง

ไคโตซานมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางสภาพภายนอก ความสดและอ่อนนิ่ม และระดับความรุนแรง (การเกิดเมือก) และดีที่สุดที่ระดับความเข้มข้น 1% และ2% (w/v) แต่เมื่อเก็บรักษานานขึ้น ไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 1% และ2% (w/v) ส่งผลให้เกิดกลิ่นที่ผิดปกติมากขึ้น ตามลำดับ

หน่อไม้ฝรั่งที่เคลือบด้วยไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 1% (w/v) มีประสิทธิภาพดีที่สุดในการชะลอการเกิดจุลินทรีย์เมื่อเปรียบเทียบกับชุดที่ไม่ใช้ไคโตซาน และอยู่ในค่าที่ยอมรับตามเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาทางอาหาร

หน่อไม้ฝรั่งที่เคลือบด้วยไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 1% (w/v) มีประสิทธิภาพดีที่สุดในการชะลอและควบคุมการเสื่อมสภาพ รองลงมาคือระดับความเข้มข้น 2% และ 0.5% (w/v) ตามลำดับ โดยมีอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้แช่ประมาณ 11-12 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมเพียง 10 วัน

ดังนั้น การใช้ไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 1 % (w/v) น่าจะเป็นทางเลือกที่ดีที่สุดในการนำไปประยุกต์ใช้ในเชิงการค้า หรือ ถ้าจะนำมาใช้ช่วยชะลอการเกิดเส้นใยหรือรักษาความแน่นเนื้อของหน่อไม้ฝรั่งได้ดี การใช้ไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 0.5 % (w/v) ก็สามารถเป็นทางเลือกอีกทางหนึ่งที่น่าจะมีประโยชน์

บรรณานุกรม

กนกมณฑล ศรศรีวิชัย. 2526. การเก็บรักษาผลผลิตการเกษตรหลังการเก็บเกี่ยว. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

กมล เลิศรัตน์ อรสา ดิสถาพร สุชีลา เตชะวงค์เสถียร และวีระ ภาคอุทัย. 2544. ผักในประเทศไทย สถานภาพของการผลิต การตลาดและการวิจัย. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย พญาไท, กรุงเทพ ฯ. 190 หน้า.

กมลเนตร ศรีธิ. 2548. ผลของไคโตซานต่อคุณภาพทางกายภาพและแอคติวิตีของเอนไซม์ไคตินสในผลพริกหวานหลังการเก็บเกี่ยว. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

กมลวรรณ ชูชีพ. 2543. ผลของสารเคลือบผิวไคโตซานต่อคุณภาพของสตรอเบอรี่หลังการเก็บเกี่ยว. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพ ฯ.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2546. คู่มือการจัดการดินเพื่อปลูกหน่อไม้ฝรั่งในระบบเกษตรอินทรีย์. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์การเกษตร. สืบค้นเมื่อวันที่ 1 สิงหาคม 2552 จาก http:// www.ldd.go.th .com

จิรา ณ หนองคาย. 2531. เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผัก ผลไม้และดอกไม้. สำนักพิมพ์แมสพับลิซชิ่ง, กรุงเทพ ฯ. 272 หน้า.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2542. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. (พิมพ์ครั้งที่ 3). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จริงแท้ ศิริพานิช และธีรนุต ร่มโพธิ์ศักดิ์. 2543. การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. เอกสารเผยแพร่ทางวิชาการโครงการเกษตรกู้ชาติ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม. 89 หน้า.

จำนงค์ อุทัยบุตร สายชล เกตุษา สุรพงษ์ โกสิยะจินดา และสมพร ทรัพยสาร. 2529. ผลของอุณหภูมิและคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีต่อการเพิ่มของเส้นใย และอายุการเก็บรักษาในหน่อไม้ฝรั่ง (*Asparagus officinalis* L.) หลังการเก็บเกี่ยว. วิทยาสารเกษตรศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์. 20(3): 249-255.

ชิโรวรรณ เข็มพล มยุรี กระจายกลาง วิภา หอมหวล และจตุรพร รักษ์งาร. 2549. ผลของโซเดียมคลอไรด์และไคโตซานต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาผลละมุด. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 6 (พิเศษ): 85-88.

ชินพันธ์ หาภา. 2539. ผลของสารเคลือบผิวที่บริโภคได้ต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลลิ้นจี่พันธุ์ยงฮวย. ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

ชลธิชา อินทรโกศล. 2543. ผลของความร้อนและสภาพบรรยากาศดัดแปลงต่อการสูญเสียคลอโรฟิลล์และคุณภาพของบล็อกเคอลีระหว่างการเก็บรักษา. สายวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพ ฯ. 116 หน้า.

ชลธิรา หนูเนื้อ. 2545. การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของหน่อไม้ฝรั่งภายใต้สภาพบรรยากาศ. คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.

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

ดนัย บุณยเกียรต และนิธิยา รัตนาปนนท์. 2548. การปฏิบัติภายหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. (พิมพ์ครั้งที่ 5). โอเดียนสโตร์, กรุงเทพ ฯ.

ดนัย บุณยเกียร และเสาวคนธ์ นุสติ. 2545. ผลของสารเคลือบผิวด้วยอีมัลชั่นและไคโตซานต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลสาลี่. บทคัดย่อ. รายงานการวิจัย. สืบค้นเมื่อวันที่ 1 มกราคม 2553 www.agri.cmu.ac.th/staff/faculty/danai/ab2p_html

เทียมใจ คมกฤส. 2539. กายวิภาคของพฤกษ์. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ, นครปฐม. 268 หน้า.

นันทิพา แก้วเพชร. 2545. ผลของ 1-Methylcyclopropene และเอทิลีนต่อปริมาณเส้นใยและการสร้างลิกนินของหน่อไม้ฝรั่งพันธุ์บร็อคอิมพรูฟ. คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพ ฯ.

นันทิพา แก้วเพชร วิษณุ นิยมเหลา และศิริชัย กัลยาณรัตน์. 2546. อิทธิพลของ Superatmospheric oxygen ต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวของหน่อไม้ฝรั่ง (*Asparagus officinallis*). (บทคัดย่อ). หน้า 50. ในการประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่ 3 ระหว่างวันที่ 22-25 เมษายน 2546 ณ โรงแรมมิราเคิลแกรนด์ กรุงเทพ ฯ.

นวรัตน์ พัฒนศิริ. 2544. ผลของการใช้สารเคลือบผิวที่รับประทานได้ต่ออายุการเก็บรักษาของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้. ภาควิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพ ฯ.

บุญส่ง ทองเปลว. 2536. ผลของการใช้จิบเบอเรลลินหลังการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของหน่อไม้ฝรั่ง. คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก, กรุงเทพ ฯ.

ไพรัตน์ โสภโณดร และ วิกเนตร พระพุทธ. 2535. การยืดอายุการเก็บรักษามะนาวโดยการเคลือบผิวด้วยไคโตซาน. รายงานการวิจัย. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา. หน้า 30-36.

ภูวดล บุญรัตน์. 2539. โครงสร้างภายในของพืช. โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช จำกัด, กรุงเทพ ฯ. 57 หน้า.

มยุรา สุภลักษณากร. 2539. การแยกและการคัดเลือกเชื้อราที่ผลิตไคติเนส. วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 96 หน้า.

มยุรี กระจายกลาง. 2546. การยืดอายุการเก็บรักษาลิ้นจี่โดยใช้ไคโตซาน. แก่นเกษตร. 31 (4): 226-235.

มยุรี กระจายกลาง. 2551. ผลของไคโตซานต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลกล้วยไข่. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

เย็นจิตต์ ปิยะแสงทอง. 2535. ผลของการใช้สารเคมี การแช่น้ำ การลดอุณหภูมิ และวิธีการบรรจุที่มีต่อคุณภาพของหน่อไม้ฝรั่งหลังการเก็บเกี่ยว. วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ ฯ. 116 หน้า.

ยงยุทธ ข้ามสี่. 2539. สรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวพืชสวน. สาขาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะวิศวกรรมศาสตร์และอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่. 186 หน้า.

วรรณภา เสนาดี. 2545. ทิศทางใหม่ของหน่อไม้ฝรั่งมูลค่ากว่า 2,000 ล้าน. วารสารเคหการเกษตร. 26(6): 136-146.

วารุณี จรัสสิริกุลชัย. 2545. ผลของ Heat treatment และอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อคุณภาพและการเกิดเส้นใยของหน่อไม้ฝรั่ง (*Asparagus officinalis* L). ภาควิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพ ฯ.

วิกันดา คงสวัสดิ์. 2541. ผลของการใช้สารสีสกัดธรรมชาติและสารเคลือบผิวต่อคุณภาพของผลส้มเขียวหวานหลังการเก็บเกี่ยว. วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 84 หน้า.

วิเชียร เลี่ยมนาค. 2541. ผลของการเคลือบด้วยไคโตซานต่อการควบคุมการเกิดโรคและคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้และเขียวเสวย. วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

วิษณุ นิยมเหลา นงลักษณ์ นิยมเหลา และศิริชัย กัลยาณรัตน์. 2545. ผลของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวถั่วฝักยาว. (บทคัดย่อ). หน้า 128. ในการประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่ 2 ระหว่างวันที่ 28 - 30 พฤษภาคม 2545 ณ โรงแรมเจริญธานี ปริ๊นเซส ขอนแก่น.

วิษณุ นิยมเหลา หะริน รุ่งเรืองวรรัตน์ และศิริชัย กัลยาณรัตน์. 2546. อิทธิพลของสารเคลือบไคโตซานต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้. หน้า 149-151. ในเอกสารประกอบการประชุมไคติน-ไคโตซานแห่งประเทศไทย ระหว่างวันที่ 17-18 กรกฎาคม 2546 ณ อาคารสถาบัน 3 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพ ฯ.

วงเดือน สุนทรวิภาค. 2546. ผลของสารเคลือบผิวและอุณหภูมิต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้ง. วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 148 หน้า.

สายชล เกตุษา. 2528. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ, นครปฐม. 364หน้า.

สมใจ นครชัย. 2546. ไคตินและไคโตซาน, ความสวยความงาม. สืบค้นเมื่อวันที่ 15 ธันวาคม 2548 จาก http://www.fascino.co.th/.

สุคนึง พึ่มชัย วิษณุ นิยมเหลาและ ศิริชัย กัลยาณรัตน์. 2546. อิทธิพลของสารเคลือบ chitosan น้ำหนักโมเลกุลต่างๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและคุณภาพการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้. หน้า 146-148. ในการประชุมวิชาการไคติน-ไคโตซานแห่งประเทศไทย ระหว่างวันที่ 17-18 กรกฎาคม 2546 ณ อาคารสถาบัน 3 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพ ฯ.

สุนทร เรืองเกษม. 2539. คู่มือการปลูกผัก. ม.ป.ท. กรุงเทพ ฯ. 128 หน้า.

สุธี สุนทรธรรม. 2539. การวิเคราะห์หาปริมาณ crude fiber. เอกสารประกอบการเรียนการสอนวิชาอาหารและโภชนาการ2 (บทปฏิบัติการ) คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพ ฯ. 70 หน้า.

เสาวคนธ์ นุสติ. 2544. ผลของการเคลือบผิวด้วยสารอีมัลชันและไคโตแซนต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของสาลี่. วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 138หน้า.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2550. สถิติการค้าสินค้าเกษตรกรรมไทยกับต่างประเทศ ปี 2549 (เอกสารอิเลคทรอนิค). กระทรวงเกษตรและสหกรณ์การเกษตร, กรุงเทพ ฯ.

เอื้องฟ้า. 2543. อนาคตผักไทยปี 2000. วารสารเคหการเกษตร. 24(1-3): 121-127.

อรษา ดิสถาพร. 2537. หน่อไม้ฝรั่ง. เอกสารวิชาการ กลุ่มพืชผัก. กรมส่งเสริมการเกษตร, กรุงเทพ ฯ. 70 หน้า.

An, J., Zhang, M., Lu, Q. and Zhang, Z. 2006. Effect of a prestorage treatment with 6-benzylaminopurine and modified atmosphere packaging storage on the respiration and quality of green asparagus spears. Journal of Food Engineering. 77(4): 951-957.

Arnon, D.I. 1949. Quality of Horticultural Products. Butterworths, London. 228 p.

AOAC. 1990. Official of Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemist. (15th ed.). George Benta Co., Inc., Washington DC. 1298 p.

Barmore, C.R., and Wheaton,T.A. 1976. Ethylene degreening of "Bearss" lemon. HortScience. 11(6): 588-590.

Bautista-Baños, S., Hernández-López, M., Bosquez-Molina, E., and Wilson, C. L. 2003. Effects of chitosan and plant extracts on growth of *Colletotrichum gloeosporioides*, anthracnose levels and quality of papaya fruit. Crop Protection. 22: 1087-1092.

Bautista-Baños, S., A. N. Hernández-Lauzardo, M. G. Velázquez-del Valle, M. Hernández-López, E. Ait Barka, E. Bosquez-Molina, and C. L. Wilson. 2006. Chitosan as a potential natural compound to control pre and postharvest disease of horticultural commodities. Crop Protection. 25:108-118.

Boontawee, S. 2002. Effect of hot water,sodium chloride and chitosan on quality and storage life of lime (*Citrus aurantifolia* Swingle). Master Thesis. Retrieved on 20 January 2009 on www.grad.cmu.ac.th/abstract/2000/gs/abstract/gso4003.html.

Chang, D.C.N. 1983. Fine Structure Changes of Asparagus Spear During Storage. Acta Horticulturae. 138: 305-311.

Cheah, L. H., Page, B. B. C. and Shepherd, R. 1997. Chitosan coating for inhibition of sclerotinia rot of carrots. Abstract. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science. 25 : 89 – 92.

Choi, W. Y., Kim, K. M. and Park, H. I. 2002. Preparation of edible coating emulsions for fresh products. Abstract. School of Biotechnology, Korea University, Seoul, South Korea.

Clore, W.J., Carter, G.H. and Drake, S.R. 1976. Pre- and postharvest factors affecting textural quality of fresh asparagus. Journal of the American Society for Horticultural Science. 101(5): 576-578.

Dien, L.D., and Binh, T.Q. 1996. Research on using chitosan for storage of oranges in vietnam. pp. 200-203. In Proceedings of the 2nd Asia Pacific Chitin Symposium, Bangkok.

Decoteau, D.R. 2000. Vegetable Crops. Prentice-hall, New Jersey. 464 p.

Gemma, H. and Du, J. 1996. Effect of application of various chitosans with different molecular weighs on the storability of 'Jonagold' apple. Abstract. ISHS Acta Horticulturae 464. Retrieved on 1 January, 2010 from www.attahort.org/books/464/464 124_html.

Gould, W.A. 1977. Food Quality Assurance. The AWI Publishing Co., Inc., Westport, Connecticut. 314 p.

Jiang, Y., and Li, Y. 2000. Effect of chitosan coating on postharvest life and quality of longan fruit. Food Chem. 73: 139-143.

Jiang, Y., Li, J., and Jiang, W. 2004. Effect of chitosan coating on shelf life of cold-store litchi fruit at ambient temperature. LWT. 38: 757-761.

Jianming, D., Hiroshi, G., and Shuichi, I. 1997. Effects of chitosan coating on storage of peach, japanese pear and kiwifruit. Journal of Japan Society Horticulture Science. 66(1): 15-22.

Kader, A. A. 1992. Postharvest Technology of Horticultural Crops. Division of Agriculture and Natural Resources, University of California, California, USA. pp. 296.

Kays, S.J. 1991. Postharvest Physiology of Perishable Plant Products. Van Nostrand Reinhold, New York. 532 p.

King, G.A., Henderson, K.G., and Lill, R.E. 1987. Sensory analysis of stored asparagus. Scientia Horticulturae. 31: 11-16.

Kotecha, P.M. and Kadam, S.S. 1998, Asparagus. *In* Salunkhe, D.K. and Kadum, S.S (Eds.). Handbook of Vegetable Science and Technology Production, Composition, Storage and Processing. Marcel Dekker, Inc., New York, 721 p.

Lan, K.N., Lam, N.D., Nagasawa, N., Yoshii, F. and Kume, T. 2001. Application of irradiated chitosan for fruit preservation. Chitin and Chitosan: Chitin and chitosan in life science. pp. 289-290.

Lebermann, K.W., Nelson, A.I. and Steinberg, M.P. 1968. Postharvest changes of broccoli stored in modified Atmosphere: l. Respiration of shoots and color of flower heads. Food Technology. 22: 487-490.

Leshem, Y.Y., Halevy, A.H. and Frenkel. C. 1986. Processes and Control of Plant Senescence. Elsevier, Amsterdam. pp. 217-142.

Lill, R. E. 1980. Storage of fresh asparagus. New Zealand Journal of Experimental Agriculture. 8: 163–167.

Lill, R.F., King, G.A. and O' Donohuge, E.M. 1990. Physiological changes in asparagus spear immediately after harvest. Scientia Horticulturae. 44: 191-199.

Luimnark, W. 1998. Effect of chitosan coating on postharvest diseases control and quality of Nam Dork Mai and Keaw Sawoey mangoes. Master Thesis. Retrieved on 1 January, 2010 from www.chiangmai.ac.th/abstract1998/ Abstract/gs/abstract/gsg80014.html.

Lutz, J.M., and Hardenburg, R.E. 1969. The commercial storage of fruit, vegetables, and florist and nursery stocks. USDA Agr. Handbook No. 66, Washington D.C., USA.

Mapson, L.W. 1970. Vitamin in fruits. In Hulme, A.C. (Ed.). The Biochemistry of Fruits and their Products, Academic Press, London. pp. 369-385.

Reddy, B., Arul, J., Angers, P. and Castaigne, F. 1998. Mechanisms of antifungal action of chitosan in post-harvest tomato *Alternaria* interaction inhibiting the progress of blackmold. Research report. Department of Food Science and Nutrition and Horticultural Research Center, Lava University, Quebec, Canada.

Romanazzi, G., Nigro, F., Ippolito, A., Di Venere, D. and Salerno, M. 2002. Effect of pre- and postharvest chitosan treatment to control storage grey mould of table grapes. Journal of Food Science. 67: 1862-1867.

Sharma, A.C., Wolfe, R.R. and Wang, S.S. 1975. Kinetic analysis of post-harvest texture changes in asparagus. Journal of Food Science. 40: 1147-1151.

Siriphanich, J. and Kader, A.A. 1986. Changes in cytoplasmic and pH in harvested lettuce as iduenced by CO_2. Journal of the American Society for Horticultural Science. 11(1): 73-77.

Waldron, K.W. and Selendran, R.R., 1990. Effect of Maturation and Storage on Asparagus (*Asparagus officinalis* L.) cell wall composition. Physiologia Plantarum. 80: 576-583.

Williums, P. and Norris, K. (Eds.). 1987. Near Infrared Technology in the Agricultural and Food Industries. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN.

Wills, R. B. H., McGlasson, B. Graham, D. and Daryl, J. (1998). *Postharvest: an Introduction to the Physiology and Handling of Fruit, Vegetables and Ornamentals*. Fourth Revised Edition. CAB International, Wallingford, Oxon, UK.

Wright, R.C., Rose, D.H. and Whiteman, T.M. 1957. The commercial storage of fruit, vegetables, and florist and nursery stocks. USDA Agr. Handbook No. 66, Washington D.C., USA. [n.p.]

Yang, S. F., and Pratt, H. K.1978. The physiology of ethylene. pp. 595-622. In G. Kahl (ed.). Biochemistry of Wounded Plant Tissues. Walter de Gruyter & Co., New York.

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

ภาคผนวก

ตาราง ก แสดงสภาพแวดล้อมของการเก็บรักษาหน่อไม้ฝรั่ง ณ อุณหภูมิตู้แช่

อุณหภูมิตู้แช่ (°C)			ความชื้นสัมพัทธ์ (RH %)			ระยะเวลาการศึกษา
ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย	ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย	
2.40±0.11	15.59±1.87	3.80±0.04	45.71±2.56	97.97±0.49	74.03±0.24	13 มี.ค.2552 - 29 มี.ค.2552