

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง.

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

ผลของไคโตซานต่ออายุการเก็บรักษามะละกอสุก
(Effects of chitosan coating on shelf life of papaya)

จัดทำโดย

นางสาววรรณลักษณ์ โมพิชาติ รหัสนักศึกษา 47040886

นางสาวหยาดนภา อภิรักษ์อร่ามวง รหัสนักศึกษา 47041117

รพ.
02750
2560

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 85393
วัน,เดือน,ปี 11 พ.ศ. 2551

b. 1201032x
i.

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



ใบรับรองปัญหาพิเศษ



ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

.....*ประมว*.....

10./๑๔/๕1

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

(ดร. ประมวต ศรีกาหลง)

นางสาววรลักษณ์ โมพิชาติ และ นางสาวหยาดนภา อภิรักษ์อร่ามวง 2550 :ผลของไคโตซาน
ต่ออายุการเก็บรักษามะละกอสุก (Effects of chitosan coating On shelf life of papaya)
สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อาจารย์ที่ปรึกษา ดร. ประมวล ศรีกาหลง

บทคัดย่อ

มะละกอกเป็นผลไม้ที่คนไทยนิยมบริโภคชนิดหนึ่ง เนื่องจากมีรสที่หวานอร่อยและหารับประทานได้ไม่ยากนัก แต่เกิดการเน่าเสียได้ง่ายเมื่อมีการสุกแล้ว และไคโตซานซึ่งเป็นสารสกัดที่ได้ จากโครงสร้างแข็งของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง จำพวกแมลง กุ้ง ปู ปลาหมึก เป็นต้น ซึ่งมีการนำมาเคลือบเปลือกผลไม้เพื่อยืดอายุการเก็บรักษา เช่น ส้ม กล้วย เป็นต้น ดังนั้นจึงได้นำมาทดลองเคลือบมะละกอเพื่อศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษาของมะละกอสุก ซึ่งจากการศึกษาการเคลือบไคโตซานที่ผิวเปลือกมะละกอกทั้งผล ที่ระดับความเข้มข้น 0 % , 1 % , 1.5 % และ 2 % พบว่ามะละกอสุกเมื่อมีอายุการเก็บรักษาที่นานมากขึ้น แล้วนำมาวัดค่าการเปลี่ยนแปลงของสีในวันสุดท้ายที่เก็บรักษา พบว่าที่ระดับไคโตซานเข้มข้น 1.5 % มีการเปลี่ยนแปลงของสีน้อยที่สุด ทั้งที่อุณหภูมิ 30 °C และ 4 °C ส่วนค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักที่ระดับ ไคโตซานเข้มข้น 2 % มีค่าการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุดทั้งที่อุณหภูมิ 30 °C และ 4 °C และเมื่อนำไปคำนวณค่าทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

.....
วรลักษณ์ โมพิชาติ

วรลักษณ์ โมพิชาติ

.....
หยาดนภา อภิรักษ์อร่ามวง ประมวล ศรีกาหลง

.....
10/104/51

.....
หยาดนภา อภิรักษ์อร่ามวง ดร. ประมวล ศรีกาหลง

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปัญหาพิเศษในเรื่องผลของไคโตซานต่ออายุการเก็บรักษามะละกอสุก (Effects of chitosan coating On shelf life of papaya) ได้สำเร็จล่วงไปด้วยดี ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ ดร.ประมวล ศรีกาหลง ซึ่งให้เกียรติเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ตลอดจนให้คำแนะนำและให้คำปรึกษาในการเรียบเรียงการนำเสนอรวมทั้งแก้ไขรายงานฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์และถูกต้อง

ขอขอบพระคุณบิดา มารดาและครอบครัวที่เป็นกำลังใจที่ดีที่สุดเสมอมา พร้อมทั้งเป็นกำลังทรัพย์จนทำให้สัมมนาฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ด้วยดี

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ ทุกคนที่คอยช่วยเหลือ ดูแล เป็นกำลังใจ และให้คำแนะนำดี ๆ เสมอมา

วรลักษณ์ โมพิชาติ

หยาคนภา อภิรักษ์อร่ามวง

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	ง
สารบัญรูปภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 วารสารปริทัศน์	2
2.1 มะละกอ	2
2.2 ไคติน	15
2.3 ไคโตซาน	17
2.4 การผลิต ไคติน – ไคโตซาน	18
บทที่ 3 วัตถุประสงค์ สารเคมี และอุปกรณ์การทดลอง	29
3.1 วัตถุประสงค์	29
3.2 สารเคมีและอุปกรณ์	29
3.3 วิธีการทดลอง	30
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์	32
4.1 ผลค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ของมะละกอ ที่เคลือบสารละลายไคโตซาน 0% ,1% ,1.5% และ 2% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C และ 30 °C ที่อายุการเก็บรักษาต่างๆ	32
4.2 ผลของเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก (%weight loss) ของมะละกอ ที่เคลือบสารละลายไคโตซาน 0%,1%,1.5% และ 2.0% เก็บรักษาที่ อุณหภูมิ 4 °C และ 30 °C ที่อายุการเก็บรักษาต่างๆ	35
4.3 แสดงการเน่าเสียของมะละกอวันแรกและวันสุดท้าย ที่เก็บรักษาที่เคลือบไคโตซาน 0% ,1% ,1.5 ,% และ 2% ในการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 0 °C และ 4 °C	38

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	42
เอกสารอ้างอิง	44
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก	46
ภาคผนวก ข	47
ประวัติผู้เขียน	58



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบ โภชนาการระหว่างเนื้อมะละกอดิบและสุก 100 กรัม	7
ตารางที่ 2.2 การผลิตและสมบัติของไคติน	24
ตารางที่ 2.3 การผลิตและสมบัติของไคโตซาน	26
ตารางที่ 4.1 แสดงค่าการเปลี่ยนแปลงสี (ΔE) ของมะละกอ ที่เคลือบไคโตซาน 0% ,1% ,1.5% และ 2% ที่อุณหภูมิการเก็บรักษา 30 °C นานประมาณ 7 วัน	32
ตารางที่ 4.2 แสดงค่าการเปลี่ยนแปลงสี (ΔE) ของมะละกอ ที่เคลือบไคโตซาน 0% ,1% ,1.5% และ 2% ที่อุณหภูมิการเก็บรักษา 4 °C นานประมาณ 31 วัน	33
ตารางที่ 4.3 แสดงอัตราการสูญเสียน้ำหนักของมะละกอ ที่เคลือบไคโตซาน 0% ,1% ,1.5% และ 2% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 °C	35
ตารางที่ 4.4 แสดงอัตราการสูญเสียน้ำหนักของมะละกอ ที่เคลือบไคโตซาน 0% ,1% ,1.5% และ 2% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C	36
ตารางภาคผนวก ข 1 การวิเคราะห์ทางสถิติค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ที่อุณหภูมิ 30 °C และ 4 °C	47
ตารางภาคผนวก ข 2 การวิเคราะห์ทางสถิติเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก (% weight loss) ที่อุณหภูมิ 30 °C และ 4 °C	52

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
ภาพที่ 2.1 โครงสร้างทางเคมีของไคติน	16
ภาพที่ 2.2 โครงสร้างทางเคมีของไคโตซาน	17
ภาพที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการเปลี่ยนแปลงสี (ΔE) และวันที่เก็บรักษาของมะละกอบที่เคลือบไคโตซาน 0% ,1% ,1.5% และ 2% ณ อุณหภูมิ 30 °C	34
ภาพที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการเปลี่ยนแปลงสี (ΔE) และวันที่เก็บรักษาของมะละกอบที่เคลือบไคโตซาน 0% ,1% ,1.5% และ 2% ณ อุณหภูมิ 4 °C	34
ภาพที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก (%) และวันที่เก็บรักษาของมะละกอบที่เคลือบไคโตซาน 0% ,1% ,1.5% และ 2% ณ อุณหภูมิ 30 °C	37
ภาพที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก (%) และวันที่เก็บรักษาของมะละกอบที่เคลือบไคโตซาน 0% ,1% ,1.5% และ 2% ณ อุณหภูมิ 4 °C	37
ภาพที่ 4.5 แสดงผลของมะละกอบที่เคลือบสารละลายไคโตซาน 0 % ที่อุณหภูมิ 30 °C	38
ภาพที่ 4.6 แสดงผลของมะละกอบที่เคลือบสารละลายไคโตซาน 1 % ที่อุณหภูมิ 30 °C	38
ภาพที่ 4.7 แสดงผลของมะละกอบที่เคลือบสารละลายไคโตซาน 1.5 % ที่อุณหภูมิ 30 °C	39
ภาพที่ 4.8 แสดงผลของมะละกอบที่เคลือบสารละลายไคโตซาน 2.0 % ที่อุณหภูมิ 30 °C	39
ภาพที่ 4.9 แสดงผลของมะละกอบที่เคลือบสารละลายไคโตซาน 0 % ที่อุณหภูมิ 4 °C	40
ภาพที่ 4.10 แสดงผลของมะละกอบที่เคลือบสารละลายไคโตซาน 1 % ที่อุณหภูมิ 4 °C	40
ภาพที่ 4.11 แสดงผลของมะละกอบที่เคลือบสารละลายไคโตซาน 1.5 % ที่อุณหภูมิ 4 °C	41
ภาพที่ 4.12 แสดงผลของมะละกอบที่เคลือบสารละลายไคโตซาน 2 % ที่อุณหภูมิ 4 °C	41

บทที่ 1

บทนำ

มะละกอ (Papaya) เป็นไม้ผลชนิดหนึ่งที่ผู้บริโภคให้ความนิยมในการนำมาบริโภคกันอย่างแพร่หลาย มีลำต้นสูงประมาณ 5-10 เมตร มีถิ่นกำเนิดในอเมริกากลาง ผลดิบมีสีเขียว เมื่อสุกแล้วเนื้อในจะมีสีเหลืองถึงส้มและอุดมไปด้วยสารอาหารต่างๆที่จำเป็นต่อร่างกาย นิยมนำมารับประทานทั้งสดและนำไปปรุงอาหาร เช่น แกงส้มหรือแกงเผ็ดชนิดต่างๆ รวมไปถึงส้มตำ อาหารขึ้นชื่อของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นอกจากนี้เนื้อมะละกอยังสามารถนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่นๆ ได้อีกมากมาย ดังนั้นมะละกอจึงเป็นไม้ผลที่เป็นที่ต้องการของตลาดและมีแนวโน้มความต้องการของผู้บริโภคสูงขึ้นทั้งในประเทศและต่างประเทศ แต่เนื่องจากเทคโนโลยีการขนส่งในประเทศยังพัฒนาไปได้ไม่มากนักจึงจำเป็นต้องมีวิธีการศึกษาเพื่อคงคุณภาพภายหลังการเก็บเกี่ยวของมะละกอ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้วัตถุชีวที่ผลิตจากธรรมชาติ ปกป้องภัยต่อผู้บริโภค มาใช้ร่วมกับการศึกษาหลังการเก็บเกี่ยวที่ดีจะสามารถช่วยยืดอายุหลังการเก็บเกี่ยวของมะละกอได้นานขึ้น ดังนั้นในการศึกษาจึงใช้โคโคซาน ซึ่งเป็นสารประกอบที่พบในเปลือกกุ้ง แคนปลาหมึก กระดองปู เป็นวัตถุชีวหลักในการทำฟิล์มเคลือบ ใช้ในการเคลือบมะละกอ ที่ระดับความเข้มข้น 1%, 1.5% และ 2% โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 30 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิห้องทำความเย็น 4 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิมาตรฐานตู้เย็นทั่วไป) เพื่อศึกษาลักษณะของอุณหภูมิที่เหมาะสมและระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมในการเคลือบผิวมะละกอและเก็บรักษามะละกอ เพื่อใช้เป็นอีกทางเลือกหนึ่งของเกษตรกรที่จะนำมาใช้ในการยืดอายุการเก็บรักษา ลดต้นทุนในการส่งออก ประยุกต์ใช้กับการขนส่งเพื่อจำหน่ายในประเทศให้เกิดประโยชน์สูงสุด

วัตถุประสงค์การทดลอง

เพื่อศึกษาคุณสมบัติของโคโคซานที่ระดับความเข้มข้นต่างๆในการยืดอายุการเก็บรักษามะละกอสุกที่อุณหภูมิต่างกัน โดยวิธีเคลือบผิว ตรวจสอบคุณภาพของมะละกอสุกโดยวิธีการวัดค่าการเปลี่ยนแปลงของสีและอัตราการสูญเสียน้ำหนักของผลมะละกอสุก

บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

2.1 มะละกอ

2.1.1 ข้อมูลทางพฤกษศาสตร์

ชื่อวิทยาศาสตร์	<i>Carica papaya</i> Linn.
อาณาจักร	Plantae.
ส่วน	Magnoliophyta.
ชั้น	Magnoliopsida.
อันดับ	Brassicales.
วงศ์	Caricaceae.
สกุล	Carica.
สปีชีส์	<i>C. papaya</i> .

2.1.2 ถิ่นกำเนิด

มะละกอเป็นพืชที่มีถิ่นกำเนิดแถบอเมริกากลาง สันนิษฐานว่าบริเวณเม็กซิโกตอนใต้และประเทศใกล้เคียง มีบันทึกว่ามะละกอได้แพร่กระจายไปยังปานามาและสาธารณรัฐโดมินิกัน ตั้งแต่ก่อนปี 2068 (1525) และ มะละกอได้แพร่เข้าไปยังฟิลิปปินส์ประมาณปี 2093 (1550) ก่อนจะแพร่จากที่นั่นเข้าสู่มะละกาและอินเดียในเวลาต่อมา

จากบันทึกของนักเดินทางชาวดัตช์ มะละกอน่าจะแพร่จากฟิลิปปินส์ไปมะละกา ก่อนปี 2126 (1583) โดยชาวสเปนหรือโปรตุเกส ไม่มีหลักฐานปรากฏแน่ชัดว่ามะละกอจากมะละกาแพร่เข้ามาสู่ประเทศไทยเมื่อใด มีเพียงบันทึกที่ผ่านมามีบันทึกย้อนหลังไปเมื่อประมาณ 60 ปีที่แล้ว ทหารญี่ปุ่นที่เข้ามาเมืองไทยในช่วงสงครามโลกครั้งที่ 2 ให้ความนิยมชมชอบบริโภคมะละกอไทยกันมาก ปัจจุบัน การปลูกมะละกอได้แพร่กระจายออกไปทั่วโลก โดยเฉพาะในแถบศูนย์สูตร และในส่วนของประเทศไทย มะละกอได้กลายมาเป็นพืชอาหารที่มีบทบาทสำคัญต่อคนไทยทุกครัวเรือน และมีการปลูกกันอย่างแพร่หลายไปทั่วทุกภูมิภาค

2.1.3 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

มะละกอกเป็นพืชล้มลุกที่มีอายุสั้น แต่สามารถมีชีวิตอยู่ได้นานถึง 20 ปีถ้าได้รับการดูแลที่เหมาะสม เป็นไม้ผลที่มีระบบรากเป็นรากแก้ว ลำต้นค่อนข้างชุ่มน้ำ เป็นลำชะลูดมีข้อปล้องส่วนมากไม่ค่อยมีกิ่งก้านสาขา ทั้งดอกและใบจะเจริญอยู่ที่ส่วนยอดเพียงอย่างเดียว ในกรณีที่ส่วนยอดถูกตัดหรือทำลาย กิ่งจะแตกออกมาจากข้างๆ และสามารถเจริญเติบโตออกดอกติดผลได้ ความสูงของมะละกอกอยู่ระหว่าง 2-10 เมตร ใบมะละกอกมีขนาดใหญ่และกว้างประมาณ 25-75 เซนติเมตร ก้านใบกลมวงและยาวถึง 1 เมตร แผ่นใบมีลักษณะคล้ายรูปหัวใจ แยกเป็นแฉก 7-11 แฉก ใบมะละกอกจะเจริญจากส่วนยอด ใบล่างจะแก่เป็นสีเหลืองและร่วงหล่นก่อนตามลำดับความเจริญ

ดอกมะละกอกมีอยู่หลายชนิด และเป็นสาเหตุที่ทำให้ต้นมะละกอกแบ่งออกเป็น 3 เพศ ซึ่งมีความสำคัญในทางเกษตรกรรมแตกต่างกัน

1) ดอกตัวผู้ (male/ staminate)

ดอกตัวผู้มีขนาดเล็กที่สุด อยู่บนก้านช่อดอกยาวประมาณ 25-100 เซนติเมตร ช่อดอกห้อยลง ดอกมีลักษณะเล็กยาว กลีบดอกสีขาวเชื่อมติดกันจากโคนดอกขึ้นไปเป็นท่อยาว และมีส่วนปลายแยกจากกันเป็น 5-6 กลีบ มีเกสรตัวผู้ 10 อัน สั้นยาวคละกัน ตรงกลางดอกจะมีรังไข่เล็กๆ แต่ไม่มีปลายเกสรตัวเมียที่จะรับเอาละอองเกสรตัวผู้ได้ ดอกตัวผู้จึงไม่สามารถเจริญเป็นผลได้

2) ดอกตัวเมีย (female/ pistillate)

ดอกตัวเมียมีลักษณะสังเกตง่าย ดอกมีขนาดใหญ่ที่สุด เจริญเติบโตอยู่ติดกับฐานก้านใบ ไม่ขึ้นยาวออกมาเหมือนดอกชนิดอื่น อาจออกเป็นดอกเดี่ยวๆ หรือ 2-3 ดอกรวมกันเป็นกระจุกก็ได้ มีกลีบดอกสีขาว 5 กลีบ แยกออกจากกันชัดเจนตั้งแต่โคนดอก ไม่มีเกสรตัวผู้ เมื่อคลี่กลีบดอกออกจะเห็นรังไข่เป็นกะเปาะสีขาวนวลเล็กๆ มีรูปร่างป้อม ส่วนปลายรังไข่มีที่รองรับละอองเกสรตัวผู้เป็นแฉกเล็กๆ 5 แฉก ดอกตัวเมียต้องอาศัยเกสรตัวผู้จากต้นอื่นมาผสมจึงจะติดผลได้ ผลที่เกิดจากดอกตัวเมียมักมีรูปร่างค่อนข้างกลมหรือกลมรี มีลักษณะผลเป็น 5 พูโดยรอบ เนื้อบาง มีช่องว่างภายในผลมาก ไม่เป็นที่ต้องการของตลาดมากนัก นิยมใช้ประโยชน์ตอนเป็นผลดิบ

3) ดอกกะเทย หรือดอกสมบุรณ์เพศ (bisexual/ hermaphrodite)

ดอกกะเทย หมายถึง ดอกที่มีเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมียอยู่ครบในดอกเดียวกัน ดอกกะเทยเกิดอยู่บริเวณง่ามใบ มีก้านดอกสั้น จะสังเกตเห็นเป็นดอกเล็กๆ ติดกันเป็นกลุ่ม ลักษณะของดอกโดยทั่วไปจะคล้ายกับดอกตัวเมีย แต่มักมีขนาดเล็กกว่าส่วนโคนของดอก จนถึงส่วนกลางของดอกจะติดกันแล้วจึงไปแยกออกจากกันตอนปลายกลีบ ภายในประกอบด้วยรังไข่และเกสรตัวผู้ 5-10 ชุด แล้วแต่ประเภทของดอก เกสรตัวเมียของดอกกะเทยอาจได้รับการผสมจากเกสรตัวผู้จากดอกเดียวกัน หรือผสมกับเกสรตัวผู้ของดอกตัวผู้บน ต้นกะเทยก็ได้ หรืออาจได้รับการผสมจากต้นตัวผู้และต้นกะเทยต้นอื่นๆ ก็ได้ เมื่อผสมกัน ติดแล้ว รังไข่จะขยายตัวเป็นผล ลักษณะของผลมีหลายแบบ แต่ส่วนมากมักจะ เป็นผลที่มีรูปร่างยาว ดอกกะเทยยังแบ่งกว้างๆ ได้อีก 3 ชนิดคือ

- **กะเทยผลยาว (elongata)** เป็นดอกที่พบได้มากที่สุด ในดอกกะเทย ดอกมีขนาดยาว ส่วนฐานและปลายดอกมีขนาดใกล้เคียงกัน กลีบดอก 5 กลีบเชื่อมติดกันเป็นหลอดจากฐานดอกขึ้นมาประมาณ 3 ใน 4 ของความยาวกลีบดอก เกสรตัวผู้มีก้านสั้นและมีจำนวน 10 อันเกิดอยู่บนขอบของหลอดกลีบดอก รังไข่มีรูปร่างยาวผลที่เกิดจากดอกแบบนี้จึงมีลักษณะยาว ช่องว่างภายในผลแคบ เนื้อหนา เมื่อผ่าดูภายใน จะเห็นรอยแยกของพูเด่นชัด ผลชนิดนี้เป็นที่ต้องการของตลาดมากที่สุด
- **กะเทยผลสั้น (pentandria)** เป็นดอกที่มีลักษณะคล้ายดอกตัวเมีย เพียงแต่มีเกสรตัวผู้ขนาดใหญ่และเกิดอยู่ใกล้ฐานกลีบดอกแต่ละอัน เกสรตัวผู้มี 5 อัน จะอยู่แนบชิดกับร่องของรังไข่พอดี รังไข่มีขนาดใหญ่และรูปร่างค่อนข้างกลม ผลที่เกิดจากดอกแบบนี้จึงมีลักษณะป้อม มีร่องลึกเกิดตรงแนวเดียวกับ เกสรตัวผู้ทั้ง 5 อัน และมีรอยแผลเป็นเกิดจากกลีบดอกชัดเจนบริเวณฐาน ของผล
- **กะเทยหน้าแมว (intermediate)** เป็นดอกที่มีรูปร่างผิดปกติ เกสรตัวผู้และตัวเมียเกิดร่วมกันอย่างไม่เป็นระเบียบ ลักษณะบิด โค้ง งอ ตามปกติแล้วดอกแบบนี้จะไม่ค่อยติดผล หรือถ้าติดก็จะให้ผลที่มีลักษณะผิดปกติ บิดงอ และมีรอยคล้ายแผลที่เชื่อมติดกันอยู่ด้านใดด้านหนึ่ง เรียกว่า cat face ซึ่งรอยนี้เกิดจากเกสรตัวผู้ที่เชื่อมติดกับเกสรตัวเมีย ผลชนิดนี้ไม่เป็นที่ต้องการของตลาด

แม้ว่าต้นมะละกอแต่ละต้นจะมีเพศที่ค่อนข้างชัดเจนตามชนิดของดอก คือ ต้นตัวผู้ ต้นตัวเมีย และต้นกะเทย แต่ความแปรปรวนทางเพศของต้นมะละกออาจเกิดขึ้นได้ โดยส่วนใหญ่จะเกิดกับต้นกะเทย และมีโอกาสเกิดได้บ้างกับต้นตัวผู้ ขณะที่ต้นตัวเมียจะไม่มี การแปรปรวนทางเพศ ในกรณีของต้นกะเทย ต้นที่ให้ดอกกะเทยผลยาว อาจแปรเปลี่ยนมาให้ดอกกะเทยผลสั้น

ดอกกะเทย หน้าแมว หรือแม้แต่เปลี่ยนมาให้ดอกตัวผู้มากขึ้น เมื่อเผชิญกับสภาพอากาศเปลี่ยนไปอย่างรวดเร็ว เช่น หนาวจัดหรือร้อนจัด โดยเฉพาะสภาพร้อน แห้งแล้ง และขาดน้ำ ในกรณีต้นตัวผู้ซึ่งตามปกติจะให้ดอกตัวผู้ที่ไม่สามารถเจริญเป็นผลได้ ในสภาพอากาศค่อนข้างหนาวหรือมีช่วงแสงของวันสั้นกว่าปกติ ต้นตัวผู้บางต้นอาจเปลี่ยนมาให้ดอกกะเทยขนาดเล็กปนออกมาด้วย แต่ดอกกะเทยนี้มีเปอร์เซ็นต์ในการติดผล น้อยมาก และถ้าติดเป็นผล ก็จะให้ผลที่ไม่สมบูรณ์

มะละกอกเป็นพืชที่ให้ผลเดี่ยว รูปทรงและขนาดของผลหลากหลาย มีทั้งแบบทรงกลมป้อม ทรงลูกแพร์ยาวมีสะโพก ขาวทรงกระบอก เล็ก ใหญ่ ปานกลาง ยาว 7-30 เซนติเมตรหนักสุดถึง 10 กิโลกรัม ขึ้นอยู่กับชนิดของพันธุ์และชนิดของดอกที่มีการผสม เปลือกมะละกอมีสีเขียวบางเรียบเมื่อสุกจะมีสีเหลืองหรือเหลืองส้ม เนื้อมะละกอมีสีเหลืองไปจนถึงสีส้มแดง รสหวาน มีกลิ่นหอมตรงกลางผลมีช่องว่าง มีเมล็ดอยู่ภายในจำนวนมาก เมล็ดมีรูปร่างกลม เล็ก ขนาด 5 มิลลิเมตร สีดำหรือเทา รอบๆ เมล็ดจะมีเยื่อเมือกบางๆ หุ้มไว้

ในสภาพธรรมชาติ มะละกอกเป็นพืชที่มีโอกาสผสมข้ามดอกและข้ามต้นสูง การผสมเกสรนอกจากอาศัยลมแล้ว ไม่มีข้อมูลแน่ชัดตรงกันเกี่ยวกับแมลงหรือสัตว์ที่ช่วยในการผสมเกสร ที่มีการอ้างถึงได้แก่ ผึ้ง ผีเสื้อ และผีเสื้อกลางคืน บางแห่งระบุว่ามิงก และเพี้ยไฟด้วย อย่างไรก็ตามด้วยลักษณะดังกล่าว มะละกอกจึงเป็นพืชที่สามารถกลายพันธุ์ได้ตลอดเวลา

2.1.4 การใช้ประโยชน์ทางด้านอาหารและยา

มะละกอกเป็นพืชที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ทุกส่วน และในแต่ละท้องถิ่นของโลก ก็จะมีวัฒนธรรมการบริโภคมะละกอกที่แตกต่างกันไป ต่อไปนี้เป็นตัวอย่างของการนำส่วนต่างๆ ของมะละกอกไปใช้ประโยชน์ในแง่ยาและอาหาร ทั้งในส่วนของวิถีการผลิตการบริโภคสมัยใหม่และภูมิปัญญาพื้นบ้าน

1) ผลสุก

มีการนำไปใช้อย่างแพร่หลายที่สุด โดยการนำไปบริโภคสดๆ หรือนำไปปรุงและแปรรูปเป็นอาหารหลากหลายชนิดที่รู้จักกันดี เช่น ทำฟรุตสลัด เจลลี่ พาย แยม ซอส น้ำมะละกอมะละกอบแห้งผสมในมุสลี่ เป็นต้น

2) ผลดิบ

ไม่มีการบริโภคแพร่หลายแบบผลสุก นิยมบริโภคเฉพาะบางท้องถิ่นเท่านั้น และแทบทั้งหมดเป็นการปรุงสุกก่อนบริโภค คือ นำไปต้มกินเป็นผัก หรือนำไปปรุงในซูปัครวม บางท้องถิ่นนำไปดองกินเป็นผัก ขณะที่ในเปอร์โตริโก มีมะละกอกเขียวในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋องขาย แต่ที่พิเศษสุดไม่เหมือนภูมิภาคใดในโลก ก็คือ การนำมาบริโภคสดในรูปแบบ “ส้มตำ” ของคนไทยและเพื่อนบ้านใกล้เคียง พฤติกรรมการบริโภคของคนไทยเป็นไปอย่างกว้างขวาง

จนแทบจะกลายเป็นอาหารประจำชาติไปแล้ว ซึ่งนับเป็นจุดที่แตกต่างจากส่วนอื่นๆ ของโลกอย่างยิ่ง นอกจากนี้ การนำผลดิบไปปรุงสุกหรือแปรรูปก็เป็นที่นิยมในประเทศไทยเช่นกัน ไม่ว่าจะเป็น แกงส้ม ผัดใส่ไข่ คองเค็ม เป็นต้น มีอาหารของคนไทยจึงมีส่วนผสมของมะละกอยู่มาก

3) ซ้อดอก

ในอินโดนีเซียและเกาะนิวกินี มีการนำซ้อดอกมะละกอดำผู้ไปลวกกินเป็นผัก

4) ใบ

ในหมู่เกาะอินดีสตะวันออก นำใบอ่อนไปปรุงอาหารกินเหมือนผักขม ใบที่ค่อนข้างแก่ มีรสขม จะนำไปต้มทิ้งหลายๆ น้ำก่อนกิน ในกานา ใช้ใบมะละกอแห้งมาชงชากินแก้โรคกะเพาะ ยาระบาย และมีสรรพคุณในทางแก้ลูกด้วย นอกจากนี้ ยังมีการนำใบมะละกามาใช้สูบแทนยาสูบ หรือสูบแก้โรคหอบหืด

5) ลำต้น

ในแอฟริกา มีการใช้ลำต้นอ่อนไปปรุงอาหารกิน

6) ราก

ต้มน้ำดื่มเป็นยาถ่ายพยาธิ

7) เมล็ด

นำไปกินเป็นยาเพื่อให้แห้ง ขับประจำเดือน หรือถ่ายพยาธิ

8) ยาง

มีสรรพคุณหลายอย่าง แต่ที่นำไปใช้อย่างแพร่หลายที่สุด คือการทำให้เนื้อสัตว์นุ่มขึ้น หรือเปื่อยขึ้น ตั้งแต่ยุคก่อนมีการใช้ใบมะละกอที่ขี้ๆ ให้ยางออก ห่อเนื้อทิ้งไว้ก่อนปรุงอาหาร นอกจากนี้ ยังมีประวัติการนำไปใช้รักษาแผลหลังผ่าตัดเช่นเดียวกับยาปฏิชีวนะ ใช้เป็นยาช่วยย่อย ใช้ในการทำแห้ง ใช้แต้มผิวหนังเพื่อกำจัดกระ ไฟฟ้า ตุ่มฝีต่างๆ และใช้ในการหมักเบียร์ให้ใส เป็นต้น

2.1.5 สารอาหารที่สำคัญ

เมื่อเทียบกับพืชอาหารอื่นๆ มะละกอสูกจัดว่าเป็นแหล่งอาหารชั้นยอดสำหรับวิตามินซีชั้นดี รองลงมาสำหรับวิตามินเอ-เบต้าแคโรทีน และวิตามินบี ขณะที่แหล่งอาหารระดับปานกลางสำหรับธาตุเหล็กและแคลเซียม จากความรู้โภชนาการยุคนี้ วิตามินซีและเบต้าแคโรทีน จัดเป็น “สารต้านอนุมูลอิสระ” (antioxidant) ที่มีบทบาทสำคัญยิ่ง ดังนั้นมะละกอสูกจึงจัดเป็นอาหารสุขภาพ มีสรรพคุณในด้านชะลอความเสื่อมของเซลล์และการทำงานของระบบต่างๆ ภายในร่างกาย ช่วยป้องกันโรคอันเกิดจากวิถีชีวิตสมัยใหม่ได้อย่างน่าสนใจ ไม่ว่าจะเป็น โรคอ้วน

โรคหัวใจหลอดเลือด โรคมะเร็ง โรคไขข้อ ในส่วนของแร่ธาตุ ประโยชน์ของแคลเซียมคือ ช่วยบำรุงกระดูก และธาตุเหล็กช่วยบำรุงเลือด (ดูโภชนาการเนื้อมะละกอในตารางที่ 2.1)

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบโภชนาการระหว่างเนื้อมะละกอดิบและสุก 100 กรัม

องค์ประกอบทางโภชนาการ	มะละกอดิบ	มะละกอสุก
พลังงาน (กิโลแคลอรี)	26	32-45
น้ำ (%)	92.1	87.1-90.8
โปรตีน (ก.)	1.0	0.4-0.6
ไขมัน (ก.)	0.1	0.1
คาร์โบไฮเดรต		
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด (ก.)	6.2	8.3-11.8
ใยอาหาร (ก.)	0.9	0.5-0.9
เถ้า (ก.)	0.6	0.4-0.6
เกลือแร่		
แคลเซียม (มก.)	38	20-24
ฟอสฟอรัส (มก.)	20	15-22
เหล็ก (มก.)	0.3	0.3-0.7
โซเดียม (มก.)	7	3-4
โพแทสเซียม (มก.)	215	221-234
วิตามิน		
วิตามินเอ – เบต้าแคโรทีน (ไมโครกรัม)	15	710-1050
วิตามินบี 1 – ไธอามีน (มก.)	0.02	0.03-0.04
วิตามินบี 2 – ริโบฟลาวิน (มก.)	0.03	0.03-0.05
ไนอาซิน (มก.)	0.3	0.3-0.4
วิตามินซี – กรดแอสคอร์บิก (มก.)	40	52-73

ที่มา : Sharma and Ogbeide, 1982

2.1.6 สารประกอบทางเคมีตัวอื่นๆ

นอกจากสารอาหารสำคัญที่รู้จักกันทั่วไปแล้ว ในพืชมะละกอยังมีสารประกอบทางเคมีอีกมากมายหลายชนิด ซึ่งปรากฏอยู่ตามส่วนต่างๆ ของพืช สารที่ค้นพบในผล ใบ ราก เมล็ด ยาง ฯลฯ จะแตกต่างกันไปทั้งชนิดและปริมาณ และสารประกอบในมะละกอ ที่มีการรวบรวมไว้มีดังนี้ :
(มหาวิทยาลัยคอร์เนล)

- alkaloids : ใบ ปริมาณ 1,300-1,400 ppm
- butanoic acid : ผล สูงถึง 1.2 มก./กก,
- methyl butanoate : ผล สูงถึง 18%
- carpaine : ใบ ลำต้น ราก เมล็ด
- dehydrocarpaines : ใบ ปริมาณ 1,000 ppm
- pseudocarpaine : ใบ ปริมาณ 100 ppm
- chymopapain : ยาง ส่วนที่เหลว
- flavonols : ใบ ปริมาณ 0-2,000 ppm
- benzylglucosinolate : พบทุกส่วนในพืช แต่สูงสุดที่ใบ
- linalool : ผล สูงถึง 94% ของส่วนประกอบที่ระเหยได้
- cis-and trans-linalool oxide : ผล
- alpha-linolenic acid : ผล ปริมาณ 250-2,238 ppm
- nicotine
- papain : ยาง (ปริมาณ 53,000 ppm) ส่วนที่เหลว
- alpha-phellandrene : ผล
- tannins : . ใบ ปริมาณ 5,000-6,000 ppm
- alpha-terpinene : ผล
- gamma-terpinene : ผล
- 4-terpineol : ผล
- terpinolene : ผล
- methyl-thiocyanate
- benzyl-isothiocyanate : เมล็ด ยาง ส่วนที่เหลว และผล

สารบางชนิดอาจมีสรรพคุณทางยา เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย หรือไม่ให้โทษต่อร่างกาย เมื่อบริโภคเข้าไปในรูปแบบและระดับที่เหมาะสม ขณะที่การบริโภคหรือรับเข้าไปแบบไม่ระมัดระวังในระดับที่เปลี่ยนแปลงไปอาจให้โทษหรือเป็นพิษแก่ร่างกายได้

ที่ผ่านมา มีสารประกอบอย่างน้อย 2 ชนิดในมะละกอที่มีบทบาทน่าสนใจและได้รับการศึกษาอย่างกว้างขวาง ในยางมะละกอมีเอนไซม์ย่อยโปรตีน 2 ชนิด คือ papain กับ chymopapain โดยตัวแรกจะเป็นตัวที่มีฤทธิ์มากกว่า จึงมีความสำคัญกว่าในผล ใบ ราก ของมะละกอ เราสามารถพบปาเปนได้ในระดับความเข้มข้นต่างๆ กัน ปัจจุบันปาเปนที่มีการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอย่างกว้างขวางได้มาจากการกรีดยางที่ผลดิบของมะละกอเพราะเป็นเอนไซม์ย่อยโปรตีน ปาเปนจึงมีสรรพคุณที่เด่นชัด ประการแรก คือใช้ทำให้เนื้อเปื่อย และใช้ทำยาช่วยย่อย นอกจากนี้ ยังใช้ทำยาลดอาการบวมและอักเสบจากบาดแผลหรือการผ่าตัด ทำให้เบียร์ใส เป็นส่วนผสมเครื่องสำอาง ยาสีฟัน ใช้ทำความสะอาดหนังก่อนการฟอกย้อม ตลอดจนใช้ในอุตสาหกรรมเคมีอีกมาก อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันมีการทดลองพบว่า เอนไซม์ปาเปนในยางมะละกออาจเป็นสารหนึ่งที่สัมพันธ์กับการทำงานผิดปกติในมดลูก ก่อให้เกิดการแท้งลูกได้

Benzyl isothiocyanate (BITC) เป็นสารประกอบสำคัญในเมล็ด แต่สามารถพบได้ในยางของมะละกอ และส่วนที่เป็นผลดิบของมะละกอเช่นกัน นอกจากนี้จะมีฤทธิ์ฆ่าเชื้อแบคทีเรียและขับถ่ายพยาธิแล้ว BITC ยังเป็นสารประกอบที่มีคุณสมบัติโดดเด่นเกี่ยวข้องกับการแท้งลูก และการทำงานผิดปกติของระบบสืบพันธุ์มีผลการทดลองในหนูทดลองจำนวนมาก ที่บ่งชี้ว่า เมื่อหนูได้รับส่วนที่สกัดจาก “เมล็ดมะละกอ” หรือ “ยางมะละกอ” เข้าไป จะเกิดความผิดปกติตามมาในระบบสืบพันธุ์ อาทิ ในหนูตัวผู้ มีผลทำให้จำนวนสเปิร์มลดลง เพิ่มจำนวนสเปิร์มที่ลักษณะผิดปกติ และในหนูตัวเมีย วงจรความตื่นตัวในการผสมพันธุ์ผิดปกติ ไม่สามารถตั้งท้อง และในกรณีของหนูท้อง เกิดการหดตัวผิดปกติของมดลูก และมีการแท้งลูก ฯลฯ ในกรณีของยางมะละกอ มีผลการศึกษาบางชิ้นที่ให้ข้อสรุปว่า การทำงานที่ผิดปกติของมดลูกอาจมาจากการทำงานร่วมกันของสารประกอบหลายตัว ซึ่งรวมทั้งเอนไซม์ปาเปน และ alkaloids ที่พบในยางมะละกอด้วย

- **ความเป็นพิษและการก่อภูมิแพ้**

ความเป็นพิษที่ชัดเจนของมะละกอ คือการแท้งลูกและผลกระทบอื่นๆ ต่อระบบสืบพันธุ์ ซึ่งเกี่ยวข้องกับสารบางชนิด ซึ่งพบมากที่สุด และยางในผลดิบของมะละกอ ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ความเป็นพิษในส่วนอื่นนอกจากนี้ ยังไม่เป็นที่ปรากฏชัดเจนนัก อย่างไรก็ตาม ในส่วนของใบ และรากของมะละกอ พบว่ามีสารจำพวก cyanogenic glucosides

ซึ่งก่อให้เกิด cyanide และเฉพาที่ใบ ยังมีสารในกลุ่ม tannins ด้วยเช่นกัน สารทั้ง 2 กลุ่ม เมื่อได้รับในระดับความเข้มข้นสูง อาจก่อให้เกิดผลเสียหรือความเป็นพิษต่อร่างกายตามมา

ในส่วนของการก่อกอมีแพ้ มีรายงานใน 3 ลักษณะ คือ ชาวสวนที่ทำหน้าที่เก็บเกี่ยว มะละกอ อาจเกิดอาการระคายเคืองทางผิวหนังได้จากการสัมผัสขางมะละกอ ผู้บริโภคเนื้อหมักจากปลาแปนซึ่งมีการปรุงไม่สุก อาจเกิดการแพ้ตามมา ตลอดจนผู้ที่หายใจเอาละอองเกสรมะละกอเข้าไป บางรายที่ sensitive มาก อาจเกิดอาการทางระบบทางเดินหายใจอย่างรุนแรง

2.1.7 การเพาะปลูกและการเจริญเติบโต

มะละกอเป็นไม้ผลที่ชอบอากาศร้อน ปริมาณน้ำฝนพอเพียง อุณหภูมิ 21-30 องศาเซลเซียส การปลูกมะละกอสามารถทำได้ทั่วทุกภูมิภาคของประเทศไทย มะละกอจะเจริญเติบโตได้ดีถ้าได้รับแสงแดดเต็มที่ มะละกอสามารถปลูกได้ในดินแทบทุกชนิด แต่ดินที่เหมาะสมที่สุด คือ ดินร่วนปนทราย ดินร่วน หรือดินร่วนปนดินเหนียวที่มีการปรับให้ระบายน้ำดี ไม่ขังและ มีอินทรีย์วัตถุมาก ความอุดมสมบูรณ์สูง หน้าดินลึกไม่น้อยกว่า 1 เมตร สภาพความเป็นกรดเป็นด่างของดินหรือค่า pH ที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 6-6.5 แม้จะเป็นพืชที่ต้องการน้ำค่อนข้างมาก แต่มะละกอกลับทนแล้งได้ดีกว่าหน้ำท่วม ในกรณีที่มีน้ำท่วมขังบริเวณรากเพียง 1-2 วัน มะละกออาจแสดงอาการรากเน่า และ เหี่ยวตายไปในที่สุด โดยเฉพาะขณะที่ยังเล็กอยู่ มะละกอจะมีความอ่อนแอต่อสภาพน้ำท่วมอย่างยิ่งนอกจากนี้ มะละกอยังไม่ทนลม ง่ายต่อการโค่นล้ม การปลูกในที่ลมแรงจึงต้องมีการปลูกพืชอื่นเป็นแนวกำบังลมล้อมรอบ เช่น ต้นกล้วย ต้นกระถิน หรือไม้ยืนต้นอื่นๆ การขยายพันธุ์มะละกออาจทำได้หลายวิธี เช่น การเพาะเมล็ด ตัดชำ ทาบกิ่ง ติดตา แต่วิธีที่นิยมใช้กันทั่วไปทั้งในการปลูกบริโภคเองหรือในทางการค้าก็ตาม ได้แก่ การเพาะเมล็ด

ในสภาพแวดล้อมของไทย มะละกอสามารถปลูกได้ทุกฤดูและให้ผลได้ทุกฤดู หลังนำเมล็ดไปเพาะแล้ว ภายใน 2-3 สัปดาห์ จะได้ต้นกล้างอกออกมา โดยทั่วไป มะละกอจะเริ่มออกดอกเมื่อมีอายุ 5-6 เดือน แต่สำหรับมะละกอที่ปลูกเป็นการค้าและได้รับการบำรุงรักษาอย่างดี อาจออกดอกตั้งแต่อายุได้ 3-4 เดือน การออกดอกของมะละกอจะช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ อาทิ ความสมบูรณ์ของดิน ความสมบูรณ์ของต้นมะละกอ พันธุ์มะละกอ สถานที่ปลูก และฤดูกาลปลูก ด้วยเหตุนี้มะละกอที่ปลูกในประเทศไทยจึงออกดอกเร็วกว่าในประเทศที่อากาศหนาวเย็นกว่า และมะละกอที่ได้รับอาหารและน้ำเพียงพอ จึงออกดอกเร็วกว่าและสมบูรณ์กว่ามะละกอที่ขาดการดูแลรักษา การดูแลรักษามะละกอจะเน้นไปที่น้ำและปุ๋ย มะละกอจัดเป็นพืชที่ใช้ปุ๋ยมากชนิดหนึ่ง หลังมะละกอออกดอกติดผลแล้ว จะใช้เวลาอีก 3-4 เดือน มะละกอจึงจะแก่พอสำหรับเก็บเกี่ยว โดยทั่วไปสำหรับมะละกอพันธุ์หลักๆ ของไทย จะอยู่ในช่วงเริ่มเก็บเกี่ยวผลได้ตั้งแต่อายุประมาณ 8 เดือน

ขึ้นไป และจากนั้นจะทยอยให้ผลแก่ไปเรื่อยๆเนื่องจากการบริโภคผลดิบเป็นที่นิยมอย่างกว้างขวางในประเทศไทย การเก็บเกี่ยวมะละกอสามารถเลือกเก็บตามขนาดที่ต้องการได้โดยไม่ต้องรอให้ผลแก่จัด หลังจากมะละกอออกดอกติดผลรุ่นแรก ก็จะทิ้งช่วงไปสักระยะ จึงเริ่มออกดอกติดผลในรุ่นต่อไป ผลมะละกอที่เกิดในแต่ละรุ่นจะมีขนาดไล่กันจากใหญ่ไปหาเล็ก เกษตรกรจะนิยมเรียกกลุ่มของมะละกอแต่ละรุ่นว่ามะละกอ 1 คอ มะละกอคอแรกอาจให้ผลผลิตถึง 20-30 ผล/ต้น มะละกอจะให้ผลผลิตดีประมาณ 2-3 ปีแรก หลังจากนั้น ต้นจะเริ่มทรุดโทรมลง ให้ผลผลิตลดน้อยลง

2.1.8 โรคและแมลงศัตรูมะละกอ

การปลูกมะละกอเป็นจำนวนมากหรือเพื่อการค้า มักจะประสบปัญหาการแพร่ระบาดของโรคและแมลงศัตรูได้ง่าย จึงต้องมีการดูแลรักษาแปลงปลูกและควบคุมเรื่องโรคและแมลงเป็นพิเศษ สำหรับแปลงปลูกที่ปลูกมะละกอติดต่อกันหลายปี มาตรการเอาใจใส่ หรือปล่อยให้มะละกอมีอายุมากเกินไป มักกลายเป็นแหล่งสะสมและแพร่กระจายของเชื้อโรคและแมลง ในส่วนของประเทศไทยโรคและแมลงศัตรูมะละกอดังกล่าว ได้แก่

- โรคจากไวรัส

ไวรัสที่ก่อโรคในมะละกามีหลายชนิด เช่น ไวรัสในสกุล Potyvirus, Potexvirus และ Begomovirus (จากวงศ์ Geminiviridae) แต่ไวรัสที่มีการแพร่ระบาดกว้างขวางทั่วโลกรวมทั้งประเทศไทย และก่อให้เกิดความเสียหายมากกว่าไวรัสชนิดอื่น คือ ไวรัส PRSV (papaya ringspot virus) ในสกุล potyvirus ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคไวรัสจุดวงแหวน หรือที่นิยมเรียกว่า “โรคใบด่างจุดวงแหวน”

- โรคจากเชื้อรา

เชื้อราที่ก่อโรคในมะละกามีหลายชนิด เช่น โรคแอนแทรคโนส (anthracnose) โรครากเน่าและโคนเน่า และโรคราแป้ง ซึ่งมีลักษณะแตกต่างกัน ดังนี้

- โรคแอนแทรคโนส เกิดจากเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* จะแสดงอาการที่ใบและผล โดยอาการบนใบจะเป็นจุดขอบแผลสีน้ำตาลและแห้ง กลางแผลจะขาดเป็นรูทะลุในเวลาต่อมา อาการเด่นชัดคืออาการบนผล เชื้อราชนิดนี้จะเข้าทำลายผลตั้งแต่เป็นลูกอ่อน แต่จะไม่แสดงอาการจนกระทั่งผลแก่หรือสุก จึงแสดงอาการให้เห็น เริ่มจากเป็นแผลจุดสีน้ำตาลเล็กๆ แล้วค่อยๆ ลามเป็นแผลใหญ่ขึ้น ตรงกลางแผลจะบุ๋มลงไป ขอบแผลนูน อาจเห็นสปอร์เชื้อราเป็นวงสีดำหรือน้ำตาลเข้มบริเวณ

กลางแผล แผลจะลุกลามทำให้ผลเน่าโรคแอนแทรกโนส จัดว่าเป็นอุปสรรคสำคัญของการส่งออกมะละกอสดไปตลาดต่างประเทศ มักจะระบาดได้ดีในช่วงฝนชุก

- **โรครากเน่าและโคนเน่า** เกิดจากเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* และ *Phytophthora palmivora* เกิดได้ทุกระยะการเจริญของมะละกอ ในระยะกล้า จะเกิดอาการเน่าคอดิน คือรากเน่า ใบเปลี่ยนเป็นสีเหลือง ต้นมักจะหักพับตรงโคนและเหี่ยวตายอย่างรวดเร็ว สำหรับต้นที่โตแล้ว จะแสดงอาการ โคนเน่า เป็นสีน้ำตาลถึงดำ ลักษณะน้ำน้ำ เนื้อเยื่อบริเวณที่เน่าจะยุบตัวลงเล็กน้อย ต่อมารากจะเน่า ใบเหลืองและร่วง ทำให้ต้นตายไปภายใน 2-3 วัน เชื้อราที่เป็นสาเหตุของโรค มักระบาดไปกับดินและน้ำ โดยเฉพาะช่วงที่มี ฝนตกชุก การควบคุมโรคใช้วิธีปรับปรุงดินให้ร่วนซุย มีการระบายน้ำดี
- **โรคราแป้ง** เกิดจากเชื้อรา *Oidium caricae* มักพบในสวนปลูกมะละกอในที่สูง มีอากาศเย็น โรคนี้จะก่อให้เกิดลักษณะผงสีขาวปกคลุมทั้งที่ใบและที่ผล เมื่อเข้าทำลายใบ จะทำให้บริเวณที่ถูกทำลายซีดเหี่ยว และเป็นสีน้ำตาลแห้งตายไปในที่สุด ต้นทรุดโทรม ผลผลิตลดลง ถ้าเกิดกับผลอ่อนจะทำให้ผลร่วง แต่ถ้าเกิดกับผลโตผลอาจบิดเบี้ยว เจริญเติบโตไม่สม่ำเสมอ มีตำหนิที่ผิว ส่วนใหญ่จะพบราแป้งบริเวณหลังใบมากกว่าใต้ใบ เชื้อรามักแพร่ระบาดในช่วงฤดูหนาว โดยอาศัยลมพัดพาไป การควบคุมโรค นิยมฉีดพ่นด้วยสารกำจัดเชื้อรา

● แมลงศัตรูมะละกอ

- **ไส้เดือนฝอย (Nematodes)** ได้แก่ *Meloidogyne incognita* เป็นสัตว์จำพวกพยาธิตัวกลมขนาดเล็กประมาณเส้นใยฝ้าย เจริญอยู่ในดินที่มีความชุ่มชื้นบริเวณโคนต้น ส่วนใหญ่จะอยู่ในระดับใต้ดินไม่เกิน 6 นิ้วเป็นสาเหตุของอาการรากปมในมะละกอ ไส้เดือนฝอยจะเข้าทำลายราก ไชซอนเข้าไปในเนื้อเยื่อและขับน้ำย่อยออกมา ทำให้เซลล์ของรากตรงส่วนนั้นเกิดการแบ่งตัวเพิ่มขึ้น และบางเซลล์ก็มีขนาดใหญ่ขึ้น เนื้อเยื่อของรากจึงวมโป่งเป็นปมเห็นได้ชัด รากมะละกอไม่สามารถดูดน้ำและธาตุอาหารได้ตามปกติ จึงทำให้ใบเหลือง ร่วงก่อนกำหนด ไม่ผลิตดอกออกผล

และอาจตายไปในที่สุด วิธีควบคุม บ้างใช้วิธีเลือกพื้นที่ปลูก บ้างใช้วิธีบำรุงดิน บ้างใช้สารเคมีฆ่าไส้เดือนฝอย

- **แมลงจำพวกเพลี้ย** ได้แก่ เพลี้ยหอย เพลี้ยแป้ง เพลี้ยไฟ เพลี้ยเหล่านี้จะดูดน้ำเลี้ยงจากส่วนต่างๆ ของพืช ก่อให้เกิดอาการที่ลำต้น ใบ และผลในลักษณะต่างๆ กัน ต้นมะละกอยะโทรม เติบโตไม่ดีนอกจากนี้ ยังมีเพลี้ยอ่อน ซึ่งเป็นพาหะนำเชื้อไวรัสมาสู่มะละกอ การควบคุมเพลี้ยมีหลายวิธี บ้างใช้วิธีฉีดน้ำ บ้างใช้วิธีควบคุมมด บ้างนิยมใช้สารเคมีฆ่าแมลง
- **ไร** ได้แก่ *Tetranychus hydrangeae* และ *Brevipalpus californicus* จะดูดน้ำเลี้ยงจากต้น ทำให้การเจริญเติบโตลดลงและผลมีตำหนิ ตลอดจนผลแก่ก่อนกำหนด และมีรสชาติผิดปกติ ตามปกติศัตรูธรรมชาติของไรทั้ง 2 ชนิด คือ ไรตัวห้ำ ซึ่งจะคอยควบคุมสมดุลของไรได้อย่างดี การใช้ยาฆ่าแมลง เป็นวิธีที่เสี่ยงต่อการกำจัดแมลงกินไรไปด้วย อาจทำให้การระบาดเพิ่มขึ้น
- **แมลงอื่นๆ** ได้แก่ จิ้งหรีด ปลวก และแมลงวันทอง แม้ว่าแมลงวันทอง จะเป็นแมลงศัตรูของผลไม้ทั่วไปโดยการวางไข่ไว้ในผลไม้ แต่สำหรับมะละกอ ไม่ค่อยมีปัญหาเรื่องแมลงวันทองรบกวนนัก เพราะมักจะมีการเก็บเกี่ยวผลก่อนที่จะสุก

2.1.9 มะละกอพันธุ์ต่างๆ

ท่ามกลางมะละกอซึ่งมีลักษณะและคุณภาพแตกต่างกันมากมายในหลายภูมิภาค มะละกอซึ่งเป็นที่รู้จักมีการผลิตและซื้อขายกว้างขวางในตลาดโลกได้แก่ มะละกอในกลุ่ม “Solo” หรือที่เรียกกันว่ามะละกอฮาวาย ตามมาด้วยมะละกอพันธุ์ของเม็กซิโก ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) มะละกอในกลุ่มโซโล หรือมะละกอฮาวาย

เป็นมะละกอสดที่มีการซื้อขายเป็นหลักอยู่ในตลาดโลก ลักษณะทั่วไป คือผลขนาดเล็ก ประมาณ 300-500 กรัม (1-2 ปอนด์) ผลทรงลูกแพร์ (บ้างเรียกทรงระฆัง) มีคอเล็กๆ ตรงขั้ว เนื้อละเอียด หอมหวาน สีของเนื้อจะอ่อนกว่าพันธุ์ของไทย มีทั้งสีเหลืองอมส้มหรือเหลืองจำปา และสีออกแดงที่เรียกว่าสีแซลมอน

- **Kapoho solo/ Solo** เนื้อสีเหลืองจำปา ความหวานประมาณ 13 องศาบริกซ์ เปลือกแข็ง ทนต่อการขนส่ง วางขายได้นาน เป็นมะละกอพันธุ์ที่ปลูกมากที่สุดในฮาวายก่อนที่จะถูกโรคไวรัสจุดวงแหวนเข้าทำลายเป็นส่วนใหญ่

- **Puna solo** คล้ายกับคาโปโฮโซโลมาก เนื้อสีเหลืองจ๋าปา แต่เปลือกนอกไม่แข็งเท่า มีความต้านทานต่อเชื้อราบางชนิด จึงสามารถปลูกได้ดีในพื้นที่ฝนชุก
- **Sunrise/ Solo sunrise/ Sunrise solo** เนื้อสีส้มแดง เนื้อละเอียด หอมหวาน มีความสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมต่างๆ ได้ดี ผลผลิตตก จึงเป็นพันธุ์ที่นิยมปลูกอย่างกว้างขวางในโลก
- **Sunset/ Solo sunset** ลักษณะคล้ายพันธุ์ซันไรส์ ลูกค่อนข้างเล็กกว่า และผลผลิตไม่ตก
- **Waimanalo** เนื้อสีส้มเหลือง มีกลิ่นเฉพาะตัว หวานมาก ความหวานประมาณ 14 องศาบริกซ์ เป็นมะละกอต้นเดี่ยว ผลผลิตสูง และมีความทนทานโรคและแมลง

2) มะละกอเม็กซิโก

แบ่งตามสีเป็น 2 พันธุ์ คือ Mexican red (หรือ Maradol) เนื้อสีแดง และ Mexicanyellow เนื้อสีส้มเหลืองสด ลักษณะโดยทั่วไป เป็นมะละกอลูกใหญ่ เปลือกหนาหนักประมาณ 1.5-3 กิโลกรัม ให้ผลผลิตสูง เนื้อไม่หวานเท่าพันธุ์ฮาวาย ค่อนข้างทนทานต่อโรคไวรัสจุดวงแหวน

นอกจากนี้ยังมีมะละกอพันธุ์อื่นๆ ซึ่งค่อนข้างเป็นที่รู้จักกว้างขวางในระดับโลก และมีลักษณะโดดเด่นน่าสนใจ คือ

- **Tainung # 1** เป็นพันธุ์ของไต้หวัน ขนาด 800-1,500 กรัม เนื้อแดง รสหวาน หอมอายุวางขายนาน
- **Red lady** เป็นพันธุ์ของไต้หวันที่ทนทานต่อโรคไวรัสจุดวงแหวน เนื้อหนา แดงขนาด 1.5-2 กิโลกรัม
- **Cariflora** เป็นพันธุ์ที่พัฒนาขึ้นมาไม่นาน ทนทานต่อโรคไวรัสจุดวงแหวน ผลทรงกลม ขนาดเท่าแคนตาลูป เนื้อสีเหลืองเข้ม ไปถึงส้มอ่อน (ไม่มีข้อมูลแน่ชัดว่าเป็นพันธุ์ของที่ไหน)

ในส่วนของประเทศไทย แม้จะมีจุดเริ่มต้นจากมะละกอพันธุ์ของต่างประเทศ แต่ปัจจุบันหลังผ่านการปลูกอย่างแพร่หลาย ผสมพันธุ์ปนเปกันไป และคัดเลือกพันธุ์ดีต่อๆ กันมา มะละกอของไทยหลายพันธุ์จึงมี ลักษณะเฉพาะตัวที่แตกต่างไปจากแหล่งที่มาดั้งเดิม พันธุ์มะละกอที่มีลักษณะเด่นและเป็นที่ยอมรับปลูกในเมืองไทยมีดังนี้

1) พันธุ์แขกดำ เป็นพันธุ์ที่นิยมปลูกกันมากที่สุดในปัจจุบัน ทั้งบริโภคสดและส่งโรงงาน ลักษณะประจำพันธุ์เป็นมะละกอพันธุ์เดี่ยว ก้านใบมีสีเขียว สั้นและแข็งแรง ก้านใบตั้งตรง ใบหนากว่าพันธุ์อื่นๆ ออกดอกติดผลเร็ว ผลทรงกระบอกยาว เปลือกสีเขียวเข้ม ผลดิบเนื้อแน่น กรอบใช้ทำส้มตำได้ดี เมื่อสุกเนื้อจะมีสีแดง รสหวานอร่อย ช่องว่างภายในผลแคบ เมล็ดน้อย น้ำหนักผลประมาณ 1-2 กิโลกรัม นิยมบริโภคทั่วไปทั้งแบบผลดิบและผลสุก

2) พันธุ์แขกนวล เป็นพันธุ์มะละกอที่เกิดขึ้นทีหลัง กลายพันธุ์มาจากพันธุ์แขกดำ นิยมปลูกเพื่อส่งโรงงานแปรรูป ลักษณะทั่วไปคล้ายพันธุ์แขกดำ แต่เปลือกจะมีสีอ่อนกว่าและมีผิวนวลชัดเจน ผลดิบเนื้อแน่นกรอบใช้ทำส้มตำได้ดี ผลสุกเนื้อสีแดงส้ม รสหวาน บริโภคได้ทั้งดิบและสุก แต่การบริโภคสุกไม่เป็นนิยมเท่าแขกดำ

3) พันธุ์โกโก้ เป็นมะละกอพันธุ์เดี่ยว ก้านใบสีม่วงและลำต้นอ่อนมีสีม่วงอยู่ประปราย ผลมีลักษณะค่อนข้างยาว หัวผลเล็กและเรียว ส่วนท้ายใหญ่โป่งออกมาเป็นสะโพกเห็นได้ชัด เปลือกผลสีเขียว ผิวเกลี้ยงเป็นมัน ช่องว่างพูเป็นเหลี่ยมชัดเจน ช่องว่างภายในผลค่อนข้างกว้าง เมื่อสุกเนื้อสีแดงแต่ไม่แดงจัดเท่าพันธุ์แขกดำ รสหวาน เนื้อไม่แน่นเท่าพันธุ์แขกดำแต่แน่นกว่าพันธุ์สายน้ำผึ้ง พันธุ์นี้เหมาะสำหรับบริโภคสุก

4) พันธุ์สายน้ำผึ้ง เป็นมะละกอพันธุ์เดี่ยว ก้านใบสีเขียวอ่อนหรือเขียวปนขาว ก้านใบยาวกว่าพันธุ์แขกดำแต่แข็งแรงน้อยกว่า ก้านใบล่างมีลักษณะเอนลงสู่พื้น ผลมีขนาดปานกลาง รูปร่างผลกลม แฉก หัวแหลม ปลายแหลม ปลายผลจะใหญ่กว่าส่วนหัวเล็กน้อย เปลือกมีสีเขียวและบางกว่าเปลือกของพันธุ์แขกดำ ช่องระหว่างพู เป็นเหลี่ยมชัดเจน ช่องว่างภายในผลกว้างปานกลาง มีเมล็ดมาก เมื่อสุกเนื้อจะออกสีส้มปนเหลือง รสหวานจัด มะละกอพันธุ์นี้เหมาะสำหรับบริโภคสุก แต่เก็บไว้ไม่ได้นานเพราะเนื้อเสง่าย

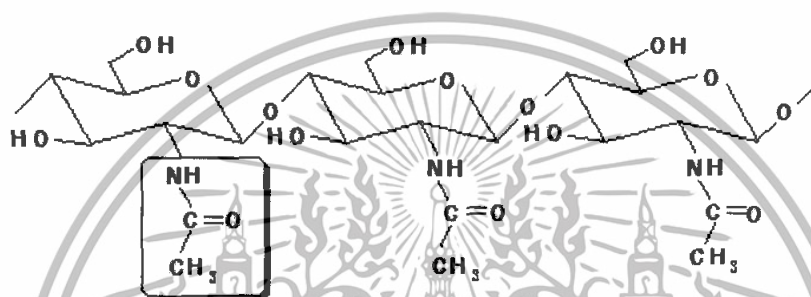
5) พันธุ์พื้นเมือง เป็นพันธุ์ที่ปลูกกันมานาน ปลูกแบบเล็กๆ น้อยๆ ไม่ได้ปลูกเป็นการค้า เหมือนพันธุ์ที่กล่าวมาข้างต้น ปล่อยให้ตามธรรมชาติ มีลักษณะไม่ค่อยแน่นอนทั้งผลและลำต้น แต่โดยทั่วไปแล้ว พันธุ์พื้นเมืองจะให้ผลค่อนข้างเล็ก ทรงผลกลม เนื้อบาง ช่องว่างในผลกว้าง เมื่อสุกเนื้อจะออกสีเหลือง และเนื้อค่อนข้างละเอียด ไม่นิยมบริโภคสุก มักใช้ประโยชน์จากผลดิบมากกว่า พันธุ์พื้นเมืองมักจะออกดอกติดผลซ้ำ แต่มีข้อดีที่ทนทานต่อสภาพแวดล้อมต่างๆ ได้ดี เพราะมีการปรับตัวให้เข้ากับท้องถิ่นมานาน

2.2 ไคติน

เป็นโพลีเมอร์ธรรมชาติ โดยพบเป็นองค์ประกอบของเปลือกแข็งที่หุ้มเซลล์ของรา ยีสต์ และจุลินทรีย์หลายชนิด หรือพบเป็นโครงสร้างแข็งของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง จำพวกแมลง

กึ่ง ฟู ปลาหมึก เป็นต้น ไคตินมีปริมาณมากเป็นอันดับสอง รองจากเซลลูโลสที่เป็นส่วนประกอบของเนื้อไม้

ไคติน เป็น โพลิเมอร์สายยาวที่ประกอบด้วยซ้ำจากน้ำตาลหน่วยย่อย คือ N-acetyl-D-glucosamine มาเรียงต่อกันเป็นสาย ลักษณะเป็นของแข็ง ละลายได้ในกรดอินทรีย์ เช่น กรดเกลือ กรดกำมะถัน กรดฟอสฟอริก และกรดฟอร์มิก ที่ปราศจากน้ำ แต่ไม่ละลายในด่างเจือจาง แอลกอฮอล์ และตัวทำละลายอินทรีย์อื่นๆ



โครงสร้างทางเคมีของไคติน

ภาพที่ 2.1 : โครงสร้างทางเคมีของไคติน

ที่มา : <http://www.gpo.or.th>

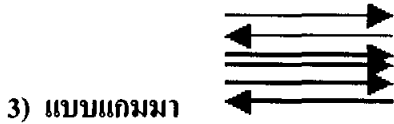
ไคตินที่ได้จากแต่ละแหล่ง มีโครงสร้างและสมบัติแตกต่างกัน โดยแบ่งตามลักษณะการเรียงตัวของเส้นใยได้ 3 กลุ่ม คือ

1) แบบอัลฟา \rightleftharpoons

มีการเรียงตัวของสายโซ่โมเลกุลในลักษณะสวนทางกัน มีความแข็งแรงสูง ได้แก่ ไคตินจากเปลือกกุ้ง และกระดองปู

2) แบบเบตา \rightleftarrows

มีการเรียงตัวของสายโซ่โมเลกุลในทิศทางเดียวกัน จึงจับกันได้ไม่ค้อยแข็งแรง มีความไวต่อปฏิกิริยาเคมีมากกว่าแบบอัลฟา ได้แก่ ไคตินจากแกนปลาหมึก

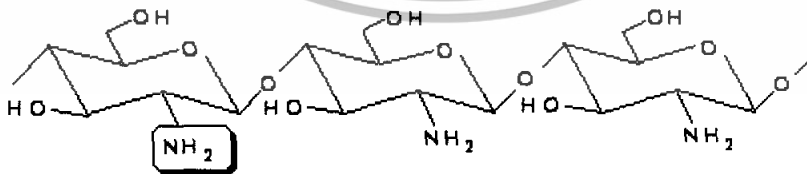


มีการเรียงตัวของสายโซ่โมเลกุลในลักษณะที่ไม่แน่นอน (สวนทางกันสลับทิศทางเดียวกัน) มีความแข็งแรงรองจากแบบอัลฟา ได้แก่ ไคตินจากเห็ด รา และพืชชั้นต่ำ

ไคตินในธรรมชาติอยู่ร่วมกับ โปรตีนและเกลือแร่ ต้องนำมากำจัดเกลือแร่ออก (demineralization) โดยใช้กรด จะได้แผ่นเหนียวหนืดคล้ายพลาสติก แล้วนำไปกำจัดโปรตีนออก (deproteinization) โดยใช้ด่าง จะได้ไคติน หากเป็นไคตินที่ได้จากเปลือกกุ้งหรือปู จะมีสีส้มปนอยู่ นำไปแช่ในเอทานอลเพื่อละลายสีออก

2.3 ไคโตซาน

คือ อนุพันธ์ของไคตินที่ตัดเอาหมู่ acetyl ของน้ำตาล N-acetyl-D-glucosamine (เรียกว่า deacetylation คือ เปลี่ยนน้ำตาล N-acetyl-D-glucosamine เป็น glucosamine) ออกตั้งแต่ 50 % ขึ้นไป และมีสมบัติละลายได้ในกรดอ่อน



โครงสร้างทางเคมีของไคโตซาน

ภาพที่ 2.2 : โครงสร้างทางเคมีของไคโตซาน

ที่มา : <http://www.gpo.or.th>

ปกติแล้วไคโตซานที่ได้จะมีส่วนผสมของ น้ำตาล N-acetyl-D-glucosamine และ glucosamine อยู่ในสายโพลีเมอร์เดียวกัน ซึ่งระดับการกำจัดหมู่ acetyl (หรือเปอร์เซ็นต์การเกิด deacetylation) นี้ มีผลต่อสมบัติและการทำงานของไคโตซาน นอกจากนี้ น้ำหนักโมเลกุลของไคโตซานบอกถึงความยาวของสายไคโตซาน ซึ่งมีผลต่อความหนืด เช่น ไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง จะมีสายยาวและสารละลายมีความหนืดมากกว่าไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ เป็นต้น ดังนั้นการนำไคโตซานไปใช้ประโยชน์จะต้องพิจารณาทั้งเปอร์เซ็นต์การเกิด deacetylation และน้ำหนักโมเลกุล

2.4 การผลิตไคติน-ไคโตซาน

2.4.1 การผลิตไคติน

กระบวนการผลิตไคตินจากเปลือกของสัตว์ที่ไม่มีกระดูกสันหลัง (Crustacean shell waste) มีขั้นตอนพื้นฐานอยู่ 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การแยกโปรตีน (deproteinization)

ขั้นตอนที่ 2 การแยกแร่ธาตุ (demineralization)

ขั้นตอนที่ 3 การแยกเม็ดสี (decoloration)

ขั้นตอนที่ 1 และ 2 สามารถสลับลำดับก่อนหลังได้ อย่างไรก็ตามกระบวนการผลิตไคตินที่ต้องการนำโปรตีนที่สกัดได้กลับมาใช้ประโยชน์ จำเป็นจะต้องเริ่มจากขั้นตอนการแยกโปรตีนออกจากเปลือกของสัตว์เหล่านี้ก่อนขั้นตอนการแยกแร่ธาตุ เนื่องจาก โปรตีนที่ได้จะมีปริมาณและคุณภาพที่ดีกว่า (Johnson และ Peniston, 1982 อ้างอิงโดย No และ Meyers, 1997)

2.4.1.1 ขั้นตอนการแยกโปรตีน (Deproteinization)

โดยทั่วไป เปลือก-หัวกุ้ง กระจง และ แกนปลาหมึกมักจะถูกนำมาบดก่อนนำมาแยกเอาโปรตีนออก ซึ่งขั้นตอนการแยกโปรตีนนี้มักใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นตั้งแต่ 1-10% และอุณหภูมิที่ใช้ประมาณ 65-100°C นอกจากนี้ระยะเวลาในการ ทำปฏิกิริยา (reaction time) ขึ้นอยู่กับวิธีและสภาวะที่ใช้ในการสกัด โปรตีน อย่างไรก็ตาม หากปล่อยให้กากเหล่านี้ทำปฏิกิริยานานเกินไปในสภาวะรุนแรงจะทำให้สายโซ่ของไคตินถูกตัด (depolymerization) และยังเกิดปฏิกิริยาการกำจัดหมู่อะซิทิลด้วย นอกจากนี้ อัตราส่วนของกากเหล่านี้ต่อสารละลายต่าง ตั้งแต่ 1 ต่อ 10 ขึ้นไป สามารถเกิดปฏิกิริยาได้อย่างทั่วถึง (uniformity) แต่ต้องอาศัยการกวนอย่างสม่ำเสมอ (อ้างอิงโดย No และ Meyers, 1997)

Domard และ Chaussard (2002) พบว่า การเพิ่มระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา deproteinization และความเข้มข้นของ NaOH ไม่ทำให้ปริมาณ โปรตีนที่เหลือในไคตินแตก ต่างอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตาม หากนำวัตถุดิบมาแช่ในสารละลายผสมระหว่าง กลอโรฟอร์มและเมทานอล (2:1) ก่อนการแยกโปรตีน จะทำให้ปริมาณโปรตีนในไคติน ลดน้อยลงถึง 0.5% นอกจากนี้ยังพบว่า ขนาดของวัตถุดิบ ไม่มีอิทธิพลต่อปริมาณ โปรตีนใน ไคติน แต่จะมีผลต่อ การเพิ่มอัตราเร็วในการแยกโปรตีน ซึ่งหากลดขนาดของวัตถุดิบจะทำให้ อัตราในการแยกโปรตีนเร็วขึ้น คณะผู้วิจัยได้สรุปเพิ่มเติมว่า สภาพที่เหมาะสมสำหรับการแยกโปรตีนจาก แแกนปลาหมึก (squid pens) คือ แช่แแกนปลาหมึกใน 1 M NaOH นาน 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง อย่างไรก็ตามการแยกโปรตีนจากเปลือกปูจำเป็นต้องอยู่ใน สภาพที่ 60°C (Stevens, 2002)

ปัจจัยอีกประการหนึ่งที่มีผลต่อการแยกโปรตีน คือ ปริมาณไขมันในวัตถุดิบ ซึ่งไขมันนี้จะช่วยป้องกันโปรตีนจากการไฮโดรไลซิส โดยอาจทำให้พลังงานในการเกิดปฏิกิริยา (energy interaction) ดำ หรืออาจจะเข้าไปอยู่ใน โครงสร้างที่เรียกว่า lipoproteins (Domard และ Chaussard, 2002) นอกจากนี้วิธีทางเคมีที่ได้กล่าวมาข้างต้นแล้ว โปรตีนยังสามารถสกัด ได้ด้วยวิธีทางชีวภาพ อาทิ การหมักด้วยจุลินทรีย์ หรือการย่อยด้วยเอนไซม์ (Roa และคณะ , 2000) นอกจากนี้ Gagne และ Simpson (1993) สร้างสภาพที่ทำให้การสกัดโปรตีนจาก เปลือกกุ้งมีความสมบูรณ์ขึ้นโดยใช้เอนไซม์ 2 ตัว คือ chymotrypsin และ papain ซึ่งปริมาณ โปรตีน ที่เหลืออยู่ในเปลือกกุ้งหลังผ่านกระบวนการย่อยด้วยเอนไซม์ดังกล่าวมีประมาณ 1.3 และ 2.8% ตามลำดับ

2.4.1.2 ขั้นตอนการแยกแร่ธาตุ (Demineralization)

การแยกแร่ธาตุออกจากวัตถุดิบมักใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริกเจือจางที่ อุณหภูมิห้อง ซึ่งหากมีการกวนอย่างทั่วถึงจะใช้เวลาเพียง 2-3 ชั่วโมง อย่างไรก็ตามระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยาสามารถเกิดขึ้นได้ตั้งแต่ 30 นาที จนถึง 2 วัน ขึ้นอยู่กับวิธีการแยก นอกจากนี้การยืดระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาจะมีผลเพียงเล็กน้อยต่อการดึงแร่ธาตุออกจาก ไคติน (อ้างอิงโดย No และ Meyers, 1997) หากเปรียบเทียบวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตไคติน ระหว่างเปลือกปูและเปลือกกุ้ง พบว่า การแยกแร่ธาตุออกจากเปลือกปูจะกระทำได้ง่ายกว่า เปลือกกุ้ง และความเข้มข้น HCl ที่ใช้ในการแยกแร่ธาตุไม่ควรน้อยกว่า 0.7 โมลาร์ อย่างไรก็ตาม การใช้กรดมากเกินไปจะทำให้น้ำหนักโมเลกุลของไคโตซานลดลง (Myint และ

คณะ, 2002) และเพื่อลดปัญหาเรื่องสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการใช้กรดเกลือ Hall (2002) ได้เสนอทางเลือกชีวภาพ โดยใช้เชื้อแลกติกแอซิดแบคทีเรียในการแยกแร่ธาตุ

2.4.1.3 การแยกสี (Decoloration)

การผลิตไคตินจากขั้นตอนนี้ได้กล่าวไว้ข้างต้นนั้น พบว่าไคตินที่ได้มักจะยังคงมีสี ดังนั้นหากต้องการไคตินฟอกขาวจะต้องนำไคตินมาผ่านกระบวนการแยกสีโดยใช้สารฟอกขาว ได้แก่ เอทานอล โซเดียมไฮโปคลอไรท์ อะซิโตน และ 3% ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เป็นต้น (อ้างอิงโดย No และ Meyers, 1997) ในกระบวนการผลิตไคตินด้วยวิธีทางเคมีนั้นสามารถลดปริมาณการใช้สารเคมีในช่วงการแยกโปรตีน แยกแร่ธาตุ และลดระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา โดยการใช้เทคนิคต่างๆ อาทิ การบด (crushing) การกด (pressing) การอบแห้ง การล้างด้วยน้ำ ที่มี pH เป็นกรด การต้มและการหมัก (No และ Meyers, 1997) ดังนั้นเปลือกกุ้งที่ผ่านการทำ ทรีทเมนต์แล้ว สามารถนำมาสกัดไคตินโดยใช้ NaOH และ HCl ที่ความเข้มข้นเพียง 2.5% ที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาเพียง 6 ชั่วโมง และผลิตภัณฑ์ไคตินที่ได้นี้ เมื่อนำมาผลิตเป็นไคโตซานจะได้ไคโตซานที่มีสมบัติดังนี้ (Stevens, 2002): ปริมาณเถ้า $\approx 0.5\%$ ปริมาณโปรตีน $\approx 0.5\%$ ความหนืด ≈ 4000 cps. การละลาย $\approx 100\%$

2.4.2 การผลิตไคโตซาน

การผลิตไคโตซานจากไคตินสามารถทำได้ทั้งวิธีทางเคมีและวิธีทางชีวภาพ แต่วิธีทางชีวภาพโดยการใช้เอ็นไซม์ในการดึงหมู่อะซิทิลออกจากไคตินนั้นยังอยู่ในระดับห้องปฏิบัติการ (Win, และคณะ, 2000; Win และ Stevens, 2001) ส่วนวิธีทางเคมีเป็นวิธีที่ใช้กันอย่างกว้างขวางในปัจจุบัน แต่ข้อเสียของวิธีทางเคมี ได้แก่ คุณภาพในการผลิตจะควบคุมยาก เครื่องมือที่ใช้ถูกกัดกร่อนอันเนื่องมาจากสารเคมีที่เข้มข้นและประการสำคัญคือเรื่องสิ่งแวดล้อม ดังนั้นนักวิจัยหลายท่านและผู้ประกอบการอุตสาหกรรมการผลิตไคโตซานพยายามที่จะคิดค้นหาวิธีการผลิตที่ใช้สภาวะที่ไม่รุนแรงนัก แต่ให้คุณภาพผลิตภัณฑ์ไคโตซานตามต้องการ

การสกัดไคโตซานจากไคติน สามารถทำได้โดยการแช่ไคตินในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ หรือ โซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น (40-50%) ที่อุณหภูมิ 100°C หรือสูงกว่า ทำให้หมู่อะซิทิลบางส่วนหรือทั้งหมดจะถูกดึงออกจากโพลิเมอร์ (Muzzarelli, 1977)

ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตโคโคซาน ได้แก่ อุณหภูมิ ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา ความเข้มข้น ของค่า สภาวะในการผลิตโคโคติน บรรยากาศและอัตราส่วนของโคโคตินต่อสารละลายต่างเข้มข้น ซึ่งรายละเอียดมีดังนี้

2.4.2.1 ผลของอุณหภูมิต่อปฏิกิริยาค้างหมู่อะซิทิล (Deacetylation) (อ้างอิงโดย No และ Meyers, 1997)

เมื่อกล่าวถึงอิทธิพลของอุณหภูมิต่ออัตราเร็วในการเกิดปฏิกิริยาการค้างหมู่อะซิทิล นั้น Lusena และ Rose (1953) พบว่า อุณหภูมิสูงทำให้เปอร์เซ็นต์การค้างหมู่อะซิทิลเพิ่มขึ้น แต่ขนาดโมเลกุลจะลดลง นอกจากนี้ Peniston และ Johnson (1980) อธิบายความสัมพันธ์ที่เป็นเส้นตรงระหว่างส่วนกลับของอุณหภูมิและลอการิทึมของอัตราการเกิดปฏิกิริยา

2.4.2.2 ผลของระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาค้างหมู่อะซิทิลและความเข้มข้นของค่า

Wu และ Bough (1978) ทำการทดลองโดยแช่โคโคตินใน 50% NaOH ที่ 100°C และพบว่า ปฏิกิริยาค้างหมู่อะซิทิลจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง 1 ชั่วโมงแรก โดยมีระดับการค้างหมู่อะซิทิล (degree of deacetylation, %DD) ประมาณ 68% และอัตราการเกิดปฏิกิริยาจะช้าลง ซึ่งค่า DD เท่ากับ 78% หลังแช่โคโคตินในโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น เป็นเวลา 5 ชั่วโมง ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงสรุปว่า ที่สภาวะดังกล่าว การเกิดปฏิกิริยาค้างหมู่อะซิทิลจะใช้เวลาประมาณ 2 ชั่วโมง ซึ่งหากแช่ในค่าเข้มข้นนานกว่านั้นไม่ทำให้ %DD เพิ่มขึ้น แต่จะทำให้สายโซ่ของโคโคซานสั้นลง (อ้างอิง โดย No และ Meyers, 1997)

Lertsutthiwong และคณะ (2002) พบว่า ปฏิกิริยาการค้างหมู่อะซิทิลสามารถทำได้ที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งจากการทดลองให้ผลในทิศทางเดียวกับ Wu และ Bough (1978) โดยพบว่า เมื่อแช่โคโคติน ใน 50% NaOH ที่อุณหภูมิ 40°C ปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง 3 วันแรก โดยค่า DD ที่ได้ประมาณ 75% อย่างไรก็ตาม DD จะเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย เมื่อเพิ่มระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา นอกจากนี้คณะผู้วิจัยยังรายงานเพิ่มเติมว่า การผลิตโคโคซานที่อุณหภูมิต่ำเพื่อให้ได้ DD อย่างน้อย 85% สามารถกระทำได้ โดยการทำให้ปฏิกิริยาค้างหมู่อะซิทิล 2 ครั้ง (double deacetylation) ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับ Roberts (1997); Chinadit และคณะ (1998)

อย่างไรก็ตามปฏิกิริยาการค้างหมู่อะซิทิลโดยใช้ความเข้มข้นของ NaOH ที่ต่ำเกินไป จะมีผลต่อการละลายของโคโคซานในสารละลายกรดอ่อน ซึ่ง Alimuniar และ Zainuddin (1992) อ้างอิงโดย No และ Meyers (1997) พบว่า โคโคซานที่ผลิตจากกระบวนการที่ใช้สารละลายค่าที่มีความเข้มข้น ต่ำกว่า 45% ไม่สามารถละลายในกรดอ่อน แม้ว่าแช่โคโคตินในค่านานถึง 30 วัน

Bough และคณะ (1978) อ้างอิงโดย No และ Meyers (1997) ทำการตรวจสอบผลของระยะเวลาในการกำจัดหมู่อะซิติกต่อความหนืดและน้ำหนักโมเลกุล ซึ่งผลการทดลองพบว่า โคลโคซานที่ผ่านกระบวนการกำจัดหมู่อะซิติกด้วย 50% NaOH ที่อุณหภูมิ 145-150°C เป็นเวลา 5 นาที จะให้ ค่าความหนืดและน้ำหนักโมเลกุลสูงกว่าโคลโคซานที่ผ่านการกำจัดหมู่อะซิติก ในสภาวะเดียวกันนาน 15 นาที โดยการทดลองนี้ให้ผลเช่นเดียวกับ Benjakul และ Wisitwuttikul (1994)

2.4.2.3 ผลของสภาวะในช่วงการผลิตโคติน

กระบวนการแยกแร่ธาตุในขั้นตอนการผลิตโคตินนั้นมีผลต่อขนาดโมเลกุลของโคลโคซาน (Myint และคณะ, 2002) ซึ่งต่อมามีผู้ค้นพบว่าหากทำการแยกแร่ธาตุด้วยกรดเกลือเจือจางที่มี pH ไม่ต่ำกว่า 3 จะได้ผลิตภัณฑ์โคลโคซานที่มีความหนืดสูง นอกจากนี้ความหนืดของโคลโคซานจะลดลงเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการแยกแร่ธาตุ (Moorjani และคณะ, 1975 อ้างอิงโดย No และ Meyers, 1997; Lertsutthiwong และคณะ, 2002) นอกจากนี้ขั้นตอนการดึงโปรตีนออกไม่ว่าจะด้วยวิธีทางเคมีหรือการใช้เอนไซม์ก็มีผลต่อความหนืดของโคลโคซาน

นอกจากนี้ Lertsutthiwong และคณะ (2002) พบว่า กระบวนการผลิตโคลโคซานที่เริ่มจากกระบวนการแยกแร่ธาตุก่อนกระบวนการแยกโปรตีนจะให้โคลโคซานที่มีความหนืดสูงกว่าโคลโคซานที่ผลิตจากกระบวนการที่เริ่มต้นด้วยการแยกโปรตีนและตามด้วยการแยกแร่ธาตุ

2.4.2.4 อัตราส่วนของโคตินต่อสารละลายต่าง

ในระหว่างการเกิดปฏิกิริยาการกำจัดหมู่อะซิติก การกวนอย่างทั่วถึงมีความจำเป็นอย่างมากเพื่อให้ปฏิกิริยาเกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอ Benjakul และ Wisitwuttikul (1994) พบว่า อัตราส่วนของโคตินและสารละลายต่างที่สูงกว่า 1:10 ไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดหมู่อะซิติกของโคติน

2.4.2.5 ผลของขนาดวัตุดิบ

Bough และคณะ (1978) อ้างอิงโดย No และ Meyers (1997) ทำการตรวจสอบผลของขนาดวัตุดิบต่อคุณภาพของโคโคซาน ซึ่งผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า วัตุดิบที่มีขนาดเล็กประมาณ 1 มิลลิเมตร จะให้ผลิตภัณฑ์โคโคซานที่มีความหนืดและน้ำหนักโมเลกุลที่สูงกว่า วัตุดิบที่มีขนาด 2 และ 6.4 มิลลิเมตร แม้ว่าองค์ประกอบของไนโตรเจนและถ้าจะเหมือนกัน นอกจากนี้ยังพบว่า วัตุดิบที่มีขนาดใหญ่กว่า ต้องการระยะเวลาในการบวมตัว (swelling time) ที่นานกว่า ส่งผลให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาการคั่งหมู่อะซิทิลช้ากว่า ในทางตรงกันข้าม Lusena และ Rose (1953) อ้างอิงโดย No และ Meyers (1997) รายงานว่า ขนาดของวัตุดิบ ประมาณ 20–80 mesh ไม่มีผลต่อปฏิกิริยาการคั่งหมู่อะซิทิลและความหนืดของสารละลายโคโคซาน

จากข้อมูลต่างๆ ข้างต้นทำให้ทราบว่า สมบัติของวัตุดิบและโคโคซานที่ได้แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับ เทคนิค วิธีการผลิต ชนิดของสารเคมี ความเข้มข้นและอัตราส่วนในการใช้ โดยตารางที่ 2.2 และ 2.3 แสดงตัวอย่างของกรรมวิธีการผลิตและสมบัติวัตุดิบ-โคโคซาน

ตารางที่ 2.2 การผลิตและสมบัติของโคคิน

วิธีการผลิต/ สภาพและเทคนิค	สมบัติของโคคิน	เอกสารอ้างอิง
นำเปลือกกุ้งมาทำปฏิกิริยากับ NaOH (1-4%) และ 4% HCl ที่สภาวะต่างๆ	<p>กระบวนการที่เริ่มจากการสกัดเอาโปรตีนออกก่อนการสกัดแร่ธาตุ :</p> <p>Yield = 15-20% (dry weight)</p> <p>ความชื้น = 7.3-8.1%</p> <p>เถ้า = 0.2-0.7%</p> <p>โปรตีน = 0.8-9.6%</p> <p>%DD = 8.4-14.3%</p> <p>กระบวนการที่เริ่มจากการสกัดเอาแร่ธาตุออกก่อนการสกัดโปรตีน:</p> <p>Yield = 20-27% (dry weight)</p> <p>ความชื้น = 7.4-8.1%</p> <p>เถ้า = 1.1-2.2%</p> <p>โปรตีน = 2-14%</p> <p>%DD = 6.5-25%</p>	Lertsutthiwong และคณะ (2002)

ตารางที่ 2.2 การผลิตและสมบัติของไคติน (ต่อ)

วิธีการผลิต/ สภาพและเทคนิค	สมบัติของไคติน	เอกสารอ้างอิง
นำแกนปลาหมึกมาทำปฏิกิริยากับ 1 โมลาร์ NaOH เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง	ความชื้น = 8.5% เถ้า = 0.5% โปรตีน < 2% %DD = 10% Crystallinity = 62% น้ำหนักโมเลกุล = 1.35×10^6 g/mol	Domard และ Chaussard (2002)
เติมเอนไซม์ protease ลงในเปลือกกุ้งบด ที่อุณหภูมิ 50°C, pH 6-7 และทิ้งให้ทำปฏิกิริยานาน 3 ชั่วโมง ก่อนที่จะผ่านกระบวนการทางเคมีเพื่อผลิตเป็น ไคติน	Yield = 1.35-1.96% (wet weight) ความชื้น = 7.0% โปรตีน = 0.27-0.93% ไนโตรเจน = 6.1% น้ำมัน = 0.3%	Bhuwathapun (1996)

ที่มา : ศูนย์ชีวภาพไคติน-โคไคซาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.3 การผลิตและสมบัติของโคโคซาน

วิธีการผลิต/ สภาวะและเทคนิค	สมบัติของโคโคซาน	เอกสารอ้างอิง
<p>นำโคโคตินที่สกัดจากเปลือกกึ่งที่สภาวะต่างๆ มาทำปฏิกิริยา deacetylation ด้วย 50% NaOH (w/v) นาน 3 วัน</p>	<p>กระบวนการที่เริ่มจากการสกัดเอาโปรตีนออกก่อนการสกัดแร่ธาตุ: ความชื้น = 6.7-8.4% เถ้า = 0.5-0.8% ความหนืด = 106-830 cps. %DD = 73-76%</p> <p>กระบวนการที่เริ่มจากการสกัดเอาแร่ธาตุออกก่อนการสกัดโปรตีน: ความชื้น = 7.7-12.6% เถ้า = 0.9-1.0% ความหนืด = 2919-6370 cps. %DD = 74-76%</p>	<p>Lertsutthiwong และคณะ (2002)</p>

ตารางที่ 2.3 การผลิตและสมบัติของโคโคซาน (ต่อ)

วิธีการผลิต/ สภาวะและเทคนิค	สมบัติของโคโคซาน	เอกสารอ้างอิง
	<p>เปลือกกุ้งสด 100 กิโลกรัม จะได้</p> <p>โคคินแห้ง \approx 6 กิโลกรัม</p> <p>โคโคซานแห้ง \approx 4 กิโลกรัม</p> <p>สมบัติของโคโคซาน:</p> <p>ความชื้น = 8-10%</p> <p>โปรตีน < 1%</p> <p>เถ้า = 1%</p> <p>%DD > 90%</p> <p>ความหนืด = 500 cps.</p> <p>น้ำหนักโมเลกุล = $1-1.5 \times 10^6$ คาสตัน</p>	<p>Aye และคณะ (2002)</p>

ตารางที่ 2.3 การผลิตและสมบัติของโคโคซาน (ต่อ)

วิธีการผลิต/ สภาพและเทคนิค	สมบัติของโคโคซาน	เอกสารอ้างอิง
โคโคซานที่ได้จากการบวนการทางชีวภาพโดยการใช้เอนไซม์ protease ร่วมกับกระบวนการทางเคมีมาทำปฏิกิริยากับ 50% NaOH ที่อุณหภูมิ 140 - 145°C นาน 10 นาที	Yield = 1.12-1.63% ความชื้น = 6.8% โปรตีน = 0.25-0.33% ไนโตรเจน = 7.6% น้ำมัน = 0.57% ความหนืด = 978-1416 cps. (หมายเหตุ: 140°C เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสม)	Bhuwapathapun (1996)
นำเชื้อมาเติม Sodium borohydride & NaOH เจือจาง และทำการฆ่าเชื้อที่ 121°C นาน 15 นาที จากนั้นนำส่วนที่ไม่ละลายมาเติม 2% กรดอะซิติก และนำสารละลายที่ได้มาตกตะกอนโคโคซานด้วยด่างเจือจาง	<i>Gongronella butleri</i> USDB 0201 เป็นสายพันธุ์ที่เหมาะสมกับการนำมาสกัดโคโคซาน เนื่องจากให้ yield มากและน้ำหนักโมเลกุลสูง	Tan และคณะ (1996)

ที่มา : ศูนย์ชีวภาพโคโคซาน-โคโคซาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

วัตถุประสงค์ สารเคมี และอุปกรณ์การทดลอง

3.1 วัตถุประสงค์

มะละกอผลพันธุ์ฮอลแลนด์ที่ได้จากตลาดไท (ตลาดขายส่งสินค้าเกษตรครบวงจรในจังหวัดปทุมธานี) เป็นมะละกอที่ได้มาจากสวนเดียวกันและมีการเก็บเกี่ยวผลมะละกอพร้อมกัน อายุของผลมะละกอตั้งแต่เริ่มออกดอกจนถึงเก็บเกี่ยวผลมะละกอได้ ใช้เวลา 4-5 เดือน โดยเก็บเกี่ยวผลมะละกอในขณะที่ ผลมะละกอมีสีเขียวปนเหลือง คัดเลือกผลมะละกอที่มีขนาดของผลใกล้เคียงกัน ไม่มีการบอบช้ำหรือเสียหายจากแมลงศัตรูพืช ไม่เกิดโรค และไม่เสียหายอันเนื่องมาจากสภาพภายนอก ดำเนินการทำความสะอาดผลมะละกอด้วยน้ำสะอาด ถ้ามีขางมะละกอดีคอยู่ให้ใช้ฟองน้ำขี้หนูเช็ดออก แบ่งมะละกอออกเป็น 8 ชุด ชุดละ 3 ผล ตรวจสอบความเรียบร้อยของผลมะละกอในแต่ละชุดเป็นครั้งสุดท้าย

3.2 สารเคมีและอุปกรณ์

3.2.1 สารเคมี

- 3.2.1.1 ไคโตซานความเข้มข้น 1% จำนวน 1 ลิตร (จาก หจก. สีนวัฒนา จ. ปทุมธานี)
- 3.2.1.2 ไคโตซานความเข้มข้น 1.5% จำนวน 1 ลิตร (จาก หจก. สีนวัฒนา จ. ปทุมธานี)
- 3.2.1.3 ไคโตซานความเข้มข้น 2% จำนวน 1 ลิตร (จาก หจก. สีนวัฒนา จ. ปทุมธานี)

3.2.2 อุปกรณ์

- 3.2.2.1 เครื่องวัดสี (hunter color system)
- 3.2.2.2 เครื่องชั่งไฟฟ้า 2 ตำแหน่ง
- 3.2.2.3 นาฬิกาจับเวลา
- 3.2.2.4 ตะกร้าพลาสติก 4 ใบ
- 3.2.2.5 กะละมัง
- 3.2.2.6 มีดปลายแหลม

3.2.3 สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการ อาคารเจ้าคุณทหาร ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.3 วิธีการทดลอง

3.3.1 การเคลือบฟิล์มที่มีวาระละกอด้วยสารละลายโคโคซาน

- 1) แบ่งผลมะละกอดอกออกเป็น 8 ชุด ชุดละ 3 ผล
- 2) นำผลมะละกอดอกชุดที่ 1 ชั่งน้ำหนัก วัดค่าการเปลี่ยนแปลงสี เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส
- 3) นำผลมะละกอดอกชุดที่ 2 ชั่งน้ำหนัก วัดค่าการเปลี่ยนแปลงสี เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส
- 4) นำผลมะละกอดอกชุดที่ 3 จุ่มซุบสารละลายโคโคซานที่ระดับความเข้มข้น 1% เป็นเวลา 20 วินาที รองนฟิล์มแห้ง ชั่งน้ำหนัก วัดค่าการเปลี่ยนแปลงสี เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส
- 5) นำผลมะละกอดอกชุดที่ 4 จุ่มซุบสารละลายโคโคซานที่ระดับความเข้มข้น 1.5% เป็นเวลา 20 วินาที รองนฟิล์มแห้ง ชั่งน้ำหนัก วัดค่าการเปลี่ยนแปลงสี เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส
- 6) นำผลมะละกอดอกชุดที่ 5 จุ่มซุบสารละลายโคโคซานที่ระดับความเข้มข้น 2% เป็นเวลา 20 วินาที รองนฟิล์มแห้ง ชั่งน้ำหนัก วัดค่าการเปลี่ยนแปลงสี เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส
- 7) นำผลมะละกอดอกชุดที่ 6 จุ่มซุบสารละลายโคโคซานที่ระดับความเข้มข้น 1% เป็นเวลา 20 วินาที รองนฟิล์มแห้ง ชั่งน้ำหนัก วัดค่าการเปลี่ยนแปลงสี เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส
- 8) นำผลมะละกอดอกชุดที่ 7 จุ่มซุบสารละลายโคโคซานที่ระดับความเข้มข้น 1.5% เป็นเวลา 20 วินาที รองนฟิล์มแห้ง ชั่งน้ำหนัก วัดค่าการเปลี่ยนแปลงสี เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส
- 9) นำผลมะละกอดอกชุดที่ 8 จุ่มซุบสารละลายโคโคซานที่ระดับความเข้มข้น 2% เป็นเวลา 20 วินาที รองนฟิล์มแห้ง ชั่งน้ำหนัก วัดค่าการเปลี่ยนแปลงสี เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส
- 10) ชั่งน้ำหนักและวัดค่าการเปลี่ยนแปลงสี ทุก 3-4 วัน

3.3.2 การตรวจวัดลักษณะทางกายภาพ

3.3.2.1 การเปลี่ยนแปลงค่าสีของเปลือกมะละกอ : วัดค่าการเปลี่ยนแปลงของสีด้วยเครื่องวัดสี Minolta color meter แสดงออกมาเป็นค่า L a b แล้วนำค่าที่ได้ไปหาค่าการเปลี่ยนแปลงสีของเปลือกมะละกอ

3.3.2.2 การสูญเสียน้ำหนัก (เปอร์เซ็นต์ weight loss) : โดยการชั่งน้ำหนักผลมะละกอด้วยเครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง แล้วนำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก

3.3.2.3 เมื่อมะละกอชุดใดเริ่มเสื่อมเสีย : จะคัดออกทั้งชุด และนำมาวัดค่าการเปลี่ยนแปลงสีของเปลือกมะละกอ ชั่งน้ำหนักผลมะละกอเป็นครั้งสุดท้ายก่อนทิ้ง



บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ผลค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ของมะละกอกที่เคลือบสารละลายไคโตซาน 0% ,1% ,1.5% และ 2% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C และ 30 °C ที่อายุการเก็บรักษาต่างๆ

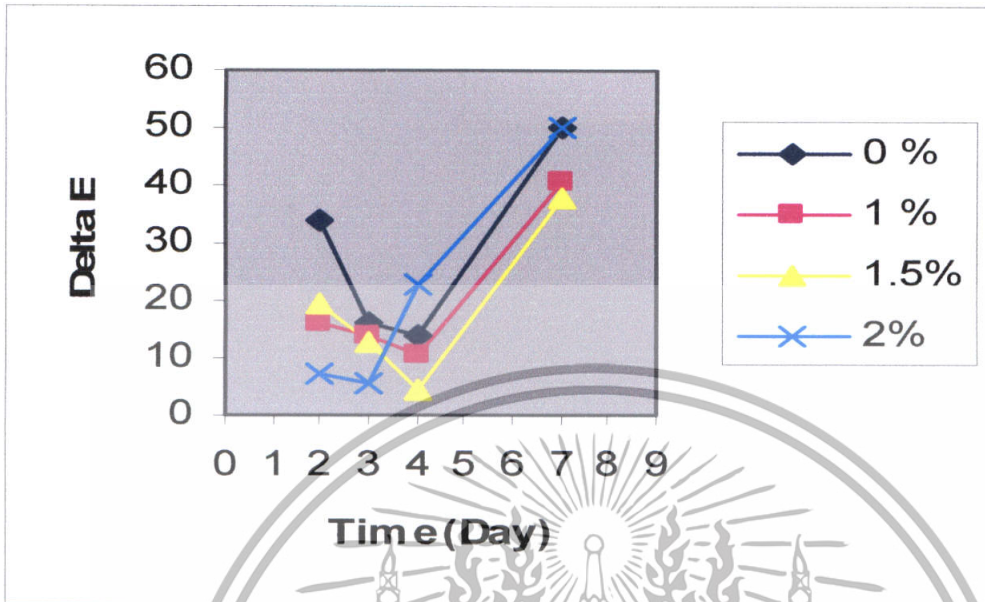
จากผลการทดลองพบว่าค่าการเปลี่ยนแปลงของสีในการทดลองนี้มีค่าที่ไม่สม่ำเสมอ อาจเนื่องมาจากมะละกอนั้นมีการสุกที่ไม่สม่ำเสมอในลูกเดียวกันนั่นเองจึงทำให้การเปลี่ยนแปลงสีมีค่าที่ไม่คงที่ด้วยเช่นกัน ดังแสดงในตารางที่ 4.1 ,4.2 และภาพที่ 4.1 และ 4.2

วันที่	ไม่เคลือบไคโตซาน	เคลือบไคโตซาน		
		1.0%	1.5%	2.0%
2	33.78 ^d	15.89 ^b	19.36 ^c	7.42 ^a
3	15.86 ^d	14 ^c	13.05 ^b	5.73 ^a
4	13.63 ^c	10.75 ^b	4.33 ^a	23.03 ^d
7	49.83 ^c	40.8 ^b	37.59 ^a	50.12 ^d

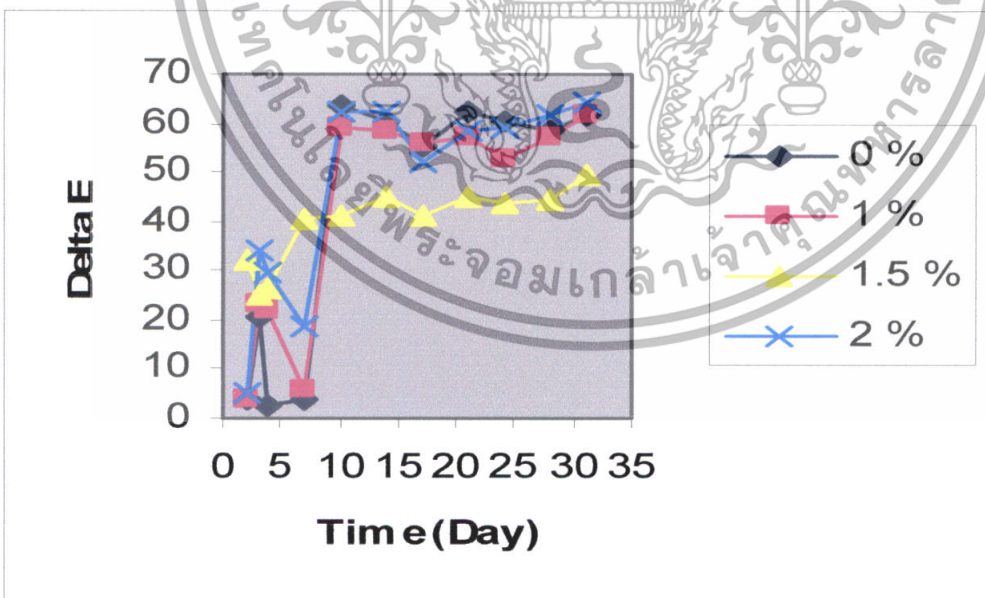
ตารางที่ 4.1 แสดงค่าการเปลี่ยนแปลงสี (ΔE) ของมะละกอกที่เคลือบไคโตซาน 0% ,1% ,1.5% และ 2% ที่อุณหภูมิการเก็บรักษา 30 °C นานประมาณ 7 วัน

วันที่	ไม่เคลือบไคโตซาน	เคลือบไคโตซาน 1.0%	เคลือบไคโตซาน 1.5%	เคลือบไคโตซาน 2.0%
2	4.15 ^b	4.14 ^a	32.04 ^d	4.91 ^c
3	20.86 ^a	22.82 ^b	25.01 ^c	34.11 ^d
4	2.47 ^a	22.1 ^{5b}	26.27 ^c	29.32 ^d
7	3.59 ^a	5.57 ^b	40.41 ^c	18.62 ^d
10	63.55 ^d	58.81 ^b	41.02 ^a	62.04 ^c
14	60.5 ^c	58.59 ^b	45.08 ^a	62.25 ^d
17	55.05 ^c	56.18 ^d	41.14 ^a	52.31 ^b
21	62.05 ^d	56.95 ^b	45.07 ^a	58.62 ^c
25	60.32 ^d	52.64 ^b	43.38 ^a	59.13 ^c
28	58.14 ^c	57.07 ^b	44.18 ^a	61.82 ^d
31	61.76 ^c	61.47 ^b	49.3 ^a	64.48 ^d

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าการเปลี่ยนแปลงสี (ΔE) ของมะละกอที่เคลือบไคโตซาน 0% ,1% ,1.5% และ 2% ที่อุณหภูมิการเก็บรักษา 4 °C นานประมาณ 31 วัน



ภาพที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการเปลี่ยนแปลงสี (ΔE) และวันที่เก็บรักษาของมะละกอที่เคลือบไคโตซาน 0% ,1% ,1.5% และ 2% ณ อุณหภูมิ 30 °C



ภาพที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการเปลี่ยนแปลงสี (ΔE) และวันที่เก็บรักษาของมะละกอที่เคลือบไคโตซาน 0% ,1% ,1.5% และ 2% ณ อุณหภูมิ 4 °C

4.2 ผลของเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก (%weight loss) ของมะละกอบที่เคลือบสารละลาย ไคโตซาน 0%,1%,1.5% และ 2.0% เก็บรักษาที่ อุณหภูมิ 4 °C และ 30 °C ที่อายุการเก็บรักษาต่างๆ

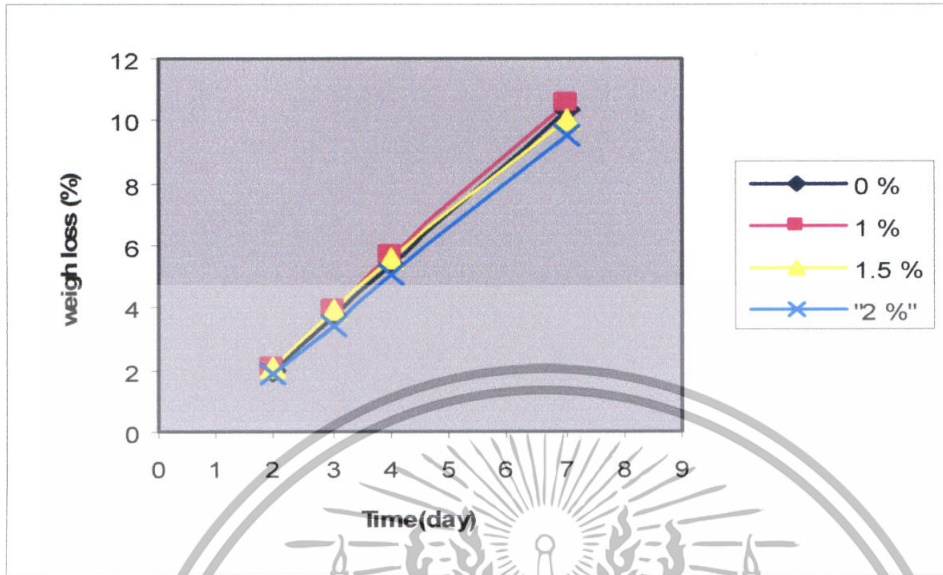
จากการทดลองพบว่าค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของมะละกอบมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อ ระยะเวลาการเก็บนานขึ้นดังแสดงในตารางที่ 4.3 และ4.4 และภาพที่4.3 และ 4.4 ทั้งมะละกอบที่ไม่ เคลือบไคโตซานและที่เคลือบไคโตซานทั้งสามระดับ ในทั้งอุณหภูมิ 4 °C และ 30 °C

วันที่	ไม่เคลือบไคโตซาน	เคลือบไคโตซาน	เคลือบไคโตซาน	เคลือบไคโตซาน
	(%)	1.0% (%)	1.5% (%)	2.0% (%)
2	2.01 ^b	2.05 ^c	2.04 ^{bc}	1.83 ^a
3	3.75 ^b	3.92 ^c	3.92 ^c	3.46 ^a
4	5.35 ^b	5.66 ^d	5.58 ^c	5.05 ^a
7	10.36 ^c	10.52 ^d	10.02 ^b	9.49 ^a

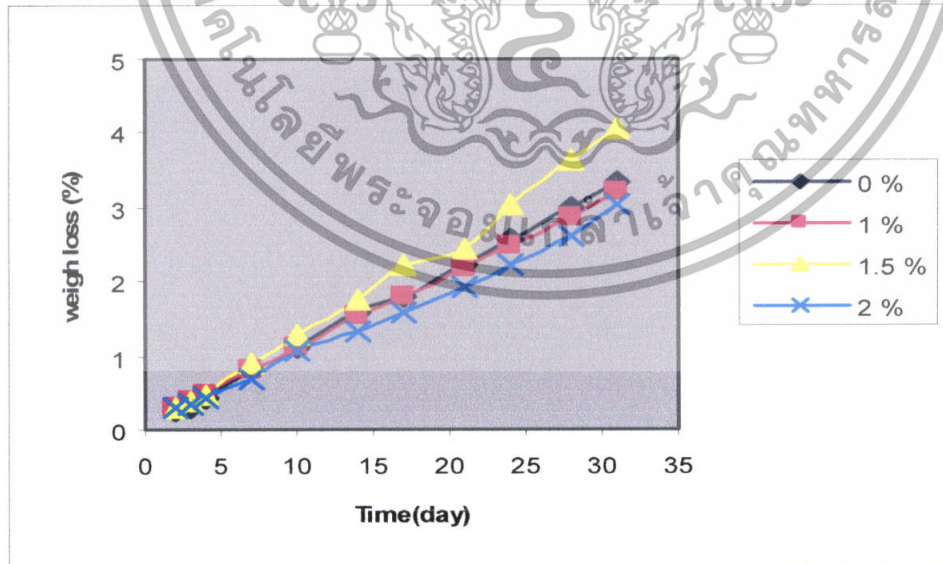
ตารางที่ 4.3 แสดงอัตราการสูญเสียน้ำหนักของมะละกอบที่เคลือบไคโตซาน 0% ,1% ,1.5% และ 2% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 °C

วันที่	ไม่เคลือบโคโคซาน	เคลือบโคโคซาน	เคลือบโคโคซาน	เคลือบโคโคซาน
	(%)	1.0% (%)	1.5% (%)	2.0% (%)
2	0.24 ^a	0.32 ^b	0.32 ^b	0.29 ^{ab}
3	0.31 ^a	0.39 ^b	0.38 ^b	0.33 ^a
4	0.43 ^{ab}	0.48 ^b	0.45 ^{ab}	0.41 ^a
7	0.83 ^{bc}	0.81 ^b	0.89 ^c	0.70 ^a
10	1.13 ^b	1.12 ^b	1.28 ^c	1.08 ^a
14	1.56 ^c	1.52 ^b	1.76 ^d	1.31 ^a
17	1.81 ^b	1.81 ^b	2.12 ^c	1.53 ^a
21	2.21 ^{ab}	2.50 ^{ab}	2.45 ^b	1.92 ^a
25	2.56 ^c	2.48 ^b	3.04 ^d	2.21 ^a
28	3.00 ^c	2.86 ^b	3.62 ^d	2.61 ^a
31	3.33 ^c	3.20 ^b	4.07 ^d	3.05 ^a

ตารางที่ 4.4 แสดงอัตราการสูญเสียน้ำหนักของมะละกอบนที่เคลือบโคโคซาน 0% ,1% ,1.5% และ 2% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C

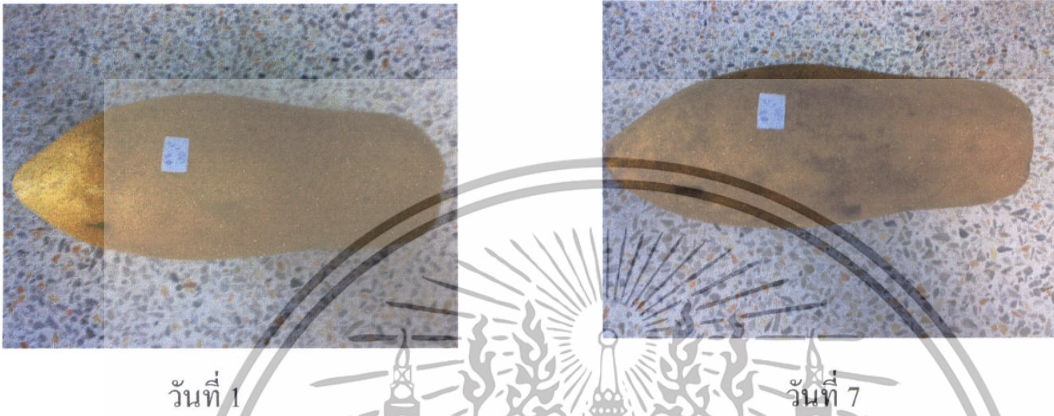


ภาพที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก (%) และวันที่เก็บรักษาของมะละกอกที่เคลือบไคโตซาน 0% ,1% ,1.5% และ 2% ณ อุณหภูมิ 30 °C



ภาพที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก (%) และวันที่เก็บรักษาของมะละกอกที่เคลือบไคโตซาน 0% ,1% ,1.5% และ 2% ณ อุณหภูมิ 4 °C

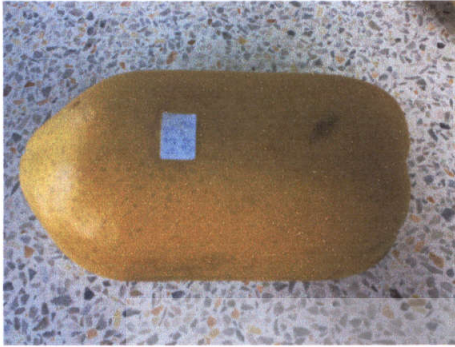
4.3 แสดงการเน่าเสียของมะละกอรวันแรกและวันสุดท้ายที่เก็บรักษาที่เคลือบไคโตซาน 0% ,1% , 1.5 ,% และ 2% ในการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 0 °C และ 4 °C



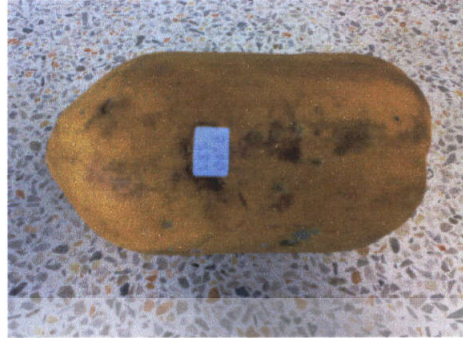
ภาพที่ 4.5 แสดงผลของมะละกอกที่เคลือบสารละลายไคโตซาน 0% ที่อุณหภูมิ 30 °C



ภาพที่ 4.6 แสดงผลของมะละกอกที่เคลือบสารละลายไคโตซาน 1% ที่อุณหภูมิ 30 °C



วันที่ 1



วันที่ 7

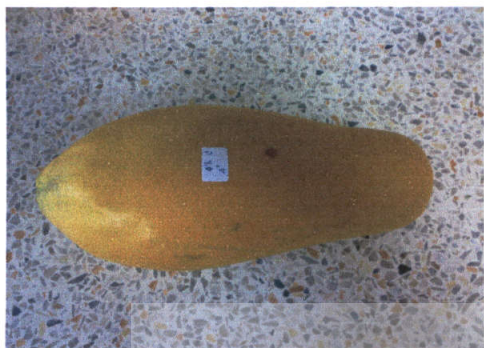
ภาพที่ 4.7 แสดงผลของมะละกอกที่เคลือบสารละลายไคโตซาน 1.5 % ที่อุณหภูมิ 30 °C



วันที่ 1

วันที่ 7

ภาพที่ 4.8 แสดงผลของมะละกอกที่เคลือบสารละลายไคโตซาน 2.0 % ที่อุณหภูมิ 30 °C



วันที่ 1



วันที่ 31

ภาพที่ 4.9 แสดงผลของมะละกอที่เคลือบสารละลายไคโตซาน 0% ที่อุณหภูมิ 4 °C



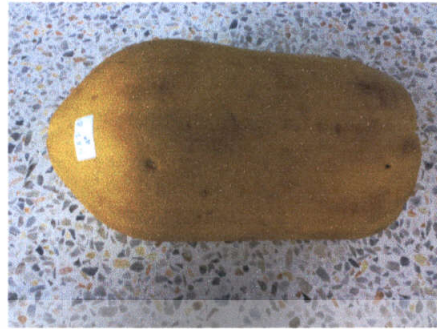
วันที่ 1

วันที่ 31

ภาพที่ 4.10 แสดงผลของมะละกอที่เคลือบสารละลายไคโตซาน 1% ที่อุณหภูมิ 4 °C

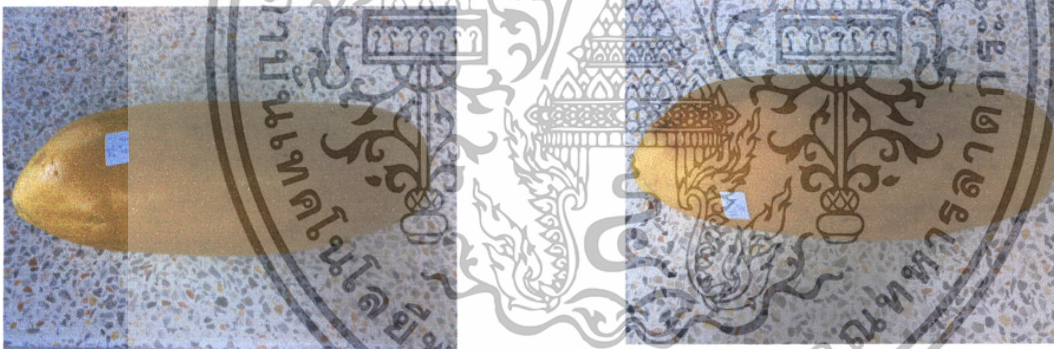


วันที่ 1



วันที่ 31

ภาพที่ 4.11 แสดงผลของมะละกอกที่เคลือบสารละลายไคโตซาน 1.5% ที่อุณหภูมิ 4 °C



วันที่ 1

วันที่ 31

ภาพที่ 4.12 แสดงผลของมะละกอกที่เคลือบสารละลายไคโตซาน 2% ที่อุณหภูมิ 4 °C

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองได้ผลการวิเคราะห์ตาราง Anova พบว่าที่ระดับอุณหภูมิ 30 °C และ 4 °C ค่าความแตกต่างของสี (ΔE) มีค่า $P < 0.05$ แสดงว่าค่าความเข้มข้นของไคโตซานทั้ง 4 ระดับ คือ 0% ,1% ,1.5% และ 2% มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ส่วนค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก (% weightloss) ของมะละกอที่เคลือบไคโตซาน 0% , 1% ,1.5% และ 2% ที่อุณหภูมิ 30 °C พบว่าในวันที่ 2 และ 3 ที่ระดับความเข้มข้นของไคโตซาน 1% และ 1.5% ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P > 0.05$)

และที่ระดับอุณหภูมิ 4 °C พบว่าในวันที่ 2 ที่ระดับความเข้มข้น 1% ,1.5% ,2% ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) และที่ระดับความเข้มข้น 0% กับ 2% ก็ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

วันที่ 3 ที่ระดับความเข้มข้น 0% กับ 2% และ 1% กับ 1.5% ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) และ 0% กับ 1% ,1.5% มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

วันที่ 4 มีเพียงระดับความเข้มข้น 1% กับ 2% ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

วันที่ 7 ที่ระดับความเข้มข้น 0% กับ 1% และ 0% กับ 1.5% ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

วันที่ 10 ที่ระดับความเข้มข้น 1.5% กับ 2% ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

วันที่ 17 ที่ระดับความเข้มข้น 0% กับ 1% ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

วันที่ 21 ที่ระดับความเข้มข้น 0% ,1% และ 2% ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

วันที่ 14 ,25 ,28 และ 31 ทุกระดับความเข้มข้นของไคโตซานมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

พบว่ามะละกอเมื่อมีอายุการเก็บรักษาที่นานมากขึ้น แล้วนำมาวัดค่าการเปลี่ยนแปลงของสีในวันสุดท้ายที่เก็บรักษา พบว่าที่ระดับไคโตซานเข้มข้น 1.5 % มีการเปลี่ยนแปลงของสีน้อยที่สุด ทั้งที่อุณหภูมิ 30 °C และ 4 °C ส่วนค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักที่ระดับไคโตซานเข้มข้น 2 % มีค่าการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุดทั้งที่อุณหภูมิ 30 °C และ 4 °C



เอกสารอ้างอิง

- จริงแท้ ศิริพานิช. 2541. สรรพวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. พิมพ์ครั้งที่ 2 สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 396 หน้า.
- จิราพร สมนึก. 2548. ผลของไคโตซานต่ออายุการเก็บรักษาส้มโชกุน. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร. สำนักวิชาอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง. เชียงราย.
- คุณฉวี ศรีเจริญ และ เอกขจิตร์ ลิ้มพันธ์พิพัฒน์. 2547. การยืดอายุการเก็บรักษามังคุดด้วยฟิล์มที่รับประทานได้. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร. โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ.
- ปิยะฉัตร ยิ้มแย้ม. 2548. ผลของการเคลือบไคโตซานต่ออายุการเก็บรักษาของไข่. สัมมนาปริญญาตรี. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร. โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ.
- พัชรี ผลกิจ และ มาลินี จำปีพันธุ์. 2546. การยืดอายุการเก็บรักษากล้วยหอม โดยการเคลือบด้วยไคโตซาน. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร. โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ.
- ภาวดี เมธะदानนท์. 2544. ความรู้เกี่ยวกับไคติน-ไคโตซาน. ศูนย์เทคโนโลยีโลหะวัสดุแห่งชาติ. 10 หน้า.
- รัฐ พิษณุางกูร. 2543. คุณสมบัติและกลไกการทำงานของสารไคติน-ไคโตซาน ที่สามารถช่วยเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร. ภาควิชาชีวเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 4 หน้า.
- ศศิกัญจน์ กองหาโคตร และ อนิรุช อนันตประยูร. 2547. ฟิล์มที่รับประทานได้ที่ผลิตจากไคโตซานสำหรับเคลือบผัก. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร. โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ.
- Chien , Sheu and Yang. 2005. Effect of edible chitosan coating on quality and shelf life of sliced mango fruit. Journal of food engineering, Vol. 78, : 225-229
- Jiang , Li and Jiang. 2004. Effect of chitosan coating on shelf life of cold-stored litchi fruit at ambient temperature. LWT 38, 757-761.
- Knorr D. Functional Properties of Chitin and Chitosan. J. Food. Sci., Vol.47, 1982: 593-595

เอกสารอ้างอิง(ต่อ)

Salunkhe , D.K. and Desai.,B.B. 1984. Postharvest Biotechnology of Vegetables Volume I. Florida : CRC Press.

Shepherd R., Reader S. and Falshaw A. Chitosan functional properties. Glycoconj J. Jun 1997; 14 (4): 535

http://_www.doae.go.th/Library/html/detail/ditosan. “ไคโตซาน”. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :

http://_www.doae.go.th/Library/html/detail/ditosan. [23 December 2007]

http://www.mfu.ac.th/school/agro/p_extra/006.doc. “ไคโตซาน” . [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:

http://_www.mfu.ac.th/school/agro/p_extra/006.doc [23 December 2007]

http://_www.nicaonline.com/articles9/site/view. “ไคโตซาน” . [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :

http://_www.nicaonline.com/articles9/site/view. [25 December 2007]

http://_www.gpo.or.th/rdi/html/chitin “ไคโตซาน” . [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :

http://_www.gpo.or.th/rdi/html/chitin. [3 January 2008]

http://www.meterial.chula.ac.th/chitosan/CCB_thai_p9.htm. “ไคโตซาน” . [ออนไลน์].

เข้าถึงได้จาก : http://www.meterial.chula.ac.th/chitosan/CCB_thai_p9.htm.

ภาคผนวก ก

วิธีคำนวณหาค่าความแตกต่างของสี (ΔE) และ % weight loss

1. การคำนวณหาค่าความแตกต่างของสี (ΔE)

$$\text{ค่าความแตกต่างของสี } \Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$$

$$\Delta L = L - L_R; L_R \text{ คือ วันที่เก็บรักษาวันที่ 1}$$

$$\Delta a = a - a_R; a_R \text{ คือ วันที่เก็บรักษาวันที่ 1}$$

$$\Delta b = b - b_R; b_R \text{ คือ วันที่เก็บรักษาวันที่ 1}$$

2. การคำนวณหา % weight loss

$$\% \text{ weight loss} = \frac{(\text{น.น. มะละกอบของวันที่เก็บรักษาวันที่ 1} - \text{น.น. มะละกอบวันตรวจสอบ}) \times 100}{\text{น.น. ของมะละกอบของวันที่เก็บรักษาวันที่ 1}}$$

ภาคผนวก ข

ตารางภาคผนวก ข 1 การวิเคราะห์ทางสถิติค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ที่อุณหภูมิ 30 °C และ 4 °C

ค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ที่อุณหภูมิ 30 °C

EDAY2

Duncan^a

CHI	N	Subset for alpha = .05			
		1	2	3	4
4	2	7.4200			
2	2		15.8900		
3	2			19.3600	
1	2				33.7800
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

EDAY3

Duncan^a

CHI	N	Subset for alpha = .05			
		1	2	3	4
4	2	5.7300			
3	2		13.0500		
2	2			14.0000	
1	2				15.8600
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

EDAY4

Duncan^a

CHI	N	Subset for alpha = .05			
		1	2	3	4
3	2	4.3300			
2	2		10.7500		
1	2			13.6300	
4	2				23.0300
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

EDAY7

Duncan^a

CHI	N	Subset for alpha = .05			
		1	2	3	4
3	2	37.5900			
2	2		40.8000		
1	2			49.8300	
4	2				50.1200
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ที่อุณหภูมิ 4 °C

EDAY2

Duncan^a

CHI	N	Subset for alpha = .05			
		1	2	3	4
2	2	4.1400			
1	2		4.1500		
4	2			4.9100	
3	2				32.0400
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

EDAY3

Duncan^a

CHI	N	Subset for alpha = .05			
		1	2	3	4
1	2	20.8600			
2	2		22.8200		
3	2			25.0100	
4	2				34.1100
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

EDAY4

Duncan^a

CHI	N	Subset for alpha = .05			
		1	2	3	4
1	2	2.4700			
2	2		22.1500		
3	2			26.2700	
4	2				29.3200
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

EDAY7

Duncan^a

CHI	N	Subset for alpha = .05			
		1	2	3	4
1	2	3.5900			
2	2		5.5700		
4	2			18.6200	
3	2				40.4100
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

EDAY10

Duncan^a

CHI	N	Subset for alpha = .05			
		1	2	3	4
3	2	41.0200			
2	2		58.8100		
4	2			62.0400	
1	2				63.5500
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

EDAY14

Duncan^a

CHI	N	Subset for alpha = .05			
		1	2	3	4
3	2	45.0800			
2	2		58.5900		
1	2			60.5000	
4	2				62.2500
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

EDAY17

Duncan^a

CHI	N	Subset for alpha = .05			
		1	2	3	4
3	2	41.1400			
4	2		52.3100		
1	2			55.0500	
2	2				56.1800
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

EDAY21

Duncan^a

CHI	N	Subset for alpha = .05			
		1	2	3	4
3	2	45.0700			
2	2		56.9500		
4	2			58.6200	
1	2				62.0500
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

EDAY25

Duncan^a

CHI	N	Subset for alpha = .05			
		1	2	3	4
3	2	43.3800			
2	2		52.6400		
4	2			59.1300	
1	2				60.3200
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

EDAY28

Duncan^a

CHI	N	Subset for alpha = .05			
		1	2	3	4
3	2	44.1800			
2	2		57.0700		
1	2			58.1400	
4	2				61.8200
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

EDAY31

Duncan^a

CHI	N	Subset for alpha = .05			
		1	2	3	4
3	2	49.3000			
2	2		61.4700		
1	2			61.7600	
4	2				64.4800
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางภาคผนวก ข 2 การวิเคราะห์ทางสถิติเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก (% weight loss) ที่อุณหภูมิ 30 °C และ 4 °C

เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก (% weight loss) ที่อุณหภูมิ 30 °C

WDAY2

Duncan^a

CHI	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
4	2	1.8250		
1	2		2.0100	
3	2		2.0350	2.0350
2	2			2.0500
Sig.		1.000	.089	.251

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

WDAY3Duncan^a

CHI	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
4	2	3.4600		
1	2		3.7500	
2	2			3.9150
3	2			3.9200
Sig.		1.000	1.000	.230

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

WDAY4Duncan^a

CHI	N	Subset for alpha = .05			
		1	2	3	4
4	2	5.0500			
1	2		5.3500		
3	2			5.5800	
2	2				5.6600
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

WDAY7Duncan^a

CHI	N	Subset for alpha = .05			
		1	2	3	4
4	2	9.4850			
3	2		10.0200		
1	2			10.3600	
2	2				10.5200
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก (% weight loss) ที่อุณหภูมิ 4 °C

WDAY2

Duncan^a

CHI	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
1	2	.2400	
4	2	.2900	.2900
2	2		.3200
3	2		.3200
Sig.		.089	.257

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

WDAY3

Duncan^a

CHI	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
1	2	.3050	
4	2	.3250	
3	2		.3800
2	2		.3900
Sig.		.253	.541

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

WDAY4

Duncan^a

CHI	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
4	2	.4100	
1	2	.4250	.4250
3	2	.4500	.4500
2	2		.4750
Sig.		.095	.053

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

WDAY7

Duncan^a

CHI	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
4	2	.7000		
2	2		.8100	
1	2		.8250	.8250
3	2			.8850
Sig.		1.000	.548	.059

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

WDAY10

Duncan^a

CHI	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
4	2	1.0750		
2	2		1.1200	
1	2		1.1300	
3	2			1.2800
Sig.		1.000	.399	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

WDAY14

Duncan^a

CHI	N	Subset for alpha = .05			
		1	2	3	4
4	2	1.3050			
2	2		1.5200		
1	2			1.5600	
3	2				1.7600
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

WDAY17

Duncan^a

CHI	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
4	2	1.5300		
1	2		1.8050	
2	2		1.8100	
3	2			2.1200
Sig.		1.000	.749	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

WDAY21

Duncan^a

CHI	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
4	2	1.9150	
2	2	2.1800	2.1800
1	2	2.2050	2.2050
3	2		2.4450
Sig.		.051	.066

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

WDAY25

Duncan^a

CHI	N	Subset for alpha = .05			
		1	2	3	4
4	2	2.2050			
2	2		2.4800		
1	2			2.5550	
3	2				3.0400
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

WDAY28

Duncan^a

CHI	N	Subset for alpha = .05			
		1	2	3	4
4	2	2.6100			
2	2		2.8550		
1	2			2.9950	
3	2				3.6150
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

WDAY31

Duncan^a

CHI	N	Subset for alpha = .05			
		1	2	3	4
4	2	3.0500			
2	2		3.2000		
1	2			3.3300	
3	2				4.0650
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ประวัติผู้เขียน

นางสาววรลักษณ์ โมพิชาติ เกิดวันที่ 21 พฤษภาคม พ.ศ. 2527 ที่จังหวัดอุบลราชธานี สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนเบญจมะมหาราช จังหวัดอุบลราชธานี ในปี พ.ศ. 2546 สำเร็จการศึกษาหลักสูตรปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต (วท.บ) สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง(สจล.) ในปี พ.ศ. 2551

นางสาวหยาดนภา อภิรักษ์อร่ามวง เกิดเมื่อวันที่ 5 กรกฎาคม พ.ศ. 2529 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนจุฬารัตนราชวิทยาลัย จังหวัดลพบุรี ในปี พ.ศ. 2547 สำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาตรี (วท.บ) สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง(สจล.) ในปี พ.ศ. 2551

