สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

# ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

## ผลของไคโตซานต่ออายุการเก็บรักษามะละกอสุก

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

จัดทำโดย


นางสาววรลักษณ์ โมพีชาติ รหัสนักศึกษา 47040886

นางสาวหยาดนภา อภิรักษ์อร่ามวง รหัสนักศึกษา 47041117



ปพ.
ว275ผ
2550

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน 85393

วัน,เดือน,ปี 11 พ.ย. 2551

b. 12010327

i.....


รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต

โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

**ผลของไคโตซานต่ออายุการเก็บรักษามะละกอสุก**

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

จัดทำโดย


นางสาววรลักษณ์ โมพีชาติ รหัสนักศึกษา 47040886

นางสาวหยาดนภา อภิรักษ์อร่ามวง รหัสนักศึกษา 47041117


**ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก**

.......................................... 10./04/.51 **อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ**

**( ดร. ประมวล ศรีกาหลง )**


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นางสาววรลักษณ์ ไมพีชาติ และ นางสาวหยาดนภา อภิรักษ์อร่ามวง 2550 :ผลของไคโตซานต่ออายุการเก็บรักษามะละกอสุก (Effects of chitosan coating 0n shelf life of papaya)
สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อาจารย์ที่ปรึกษา ดร. ประมวล ศรีกาหลง

## บทคัดย่อ

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

วรลักษณ์ ไมพีชาติ
...........................

วรลักษณ์ ไมพีชาติ

หยาดนภา อภิรักษ์อร่ามวง ........................ ประมวล ศรีกาหลง ........................ 10/04/51

หยาดนภา อภิรักษ์อร่ามวง ดร. ประมวล ศรีกาหลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# กิตติกรรมประกาศ

**การจัดทำปัญหาพิเศษในเรื่องผลของไคโตซานต่ออายุการเก็บรักษามะละกอสุก (Effects of chitosan coating 0n shelf life of papaya) ได้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ ดร.ประมวล ศรีกาหลง ซึ่งให้เกียรติเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ตลอดจนให้คำแนะนำและให้คำปรึกษาในการเรียบเรียงการนำเสนอรวมทั้งแก้ไขรายงานฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์และถูกต้อง**

**ขอขอบพระคุณบิดา มารดาและครอบครัวที่เป็นกำลังใจที่ดีที่สุดเสมอมา พร้อมทั้งเป็นกำลังทรัพย์จนทำให้สัมมนาฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ด้วยดี**

**ขอขอบคุณเพื่อน ๆ ทุกคนที่คอยช่วยเหลือ ดูแล เป็นกำลังใจ และให้คำแนะนำดี ๆ เสมอมา**

**วรลักษณ์ โมพีชาติ**

**หยาดนภา อภิรักษ์อร่ามวง**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ


| | หน้า |
|---|---|
| บทคัดย่อ | ก |
| กิตติกรรมประกาศ | ข |
| สารบัญ | ค |
| สารบัญตาราง | จ |
| สารบัญรูปภาพ | ฉ |
| บทที่ 1 บทนำ | 1 |
| บทที่ 2 วารสารปริทัศน์ | 2 |
| 2.1 มะละกอ | 2 |
| 2.2 ไคติน | 15 |
| 2.3 ไคโตซาน | 17 |
| 2.4 การผลิตไคติน – ไคโตซาน | 18 |
| บทที่ 3 วัตถุดิบ สารเคมี และอุปกรณ์การทดลอง | 29 |
| 3.1 วัตถุดิบ | 29 |
| 3.2 สารเคมีและอุปกรณ์ | 29 |
| 3.3 วิธีการทดลอง | 30 |
| บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ | 32 |
| 4.1 ผลค่าความแตกต่างของสี ($\Delta$E) 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 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง 42

เอกสารอ้างอิง 44

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก 46

ภาคผนวก ข 47

ประวัติผู้เขียน 58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง

หน้า


ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบโภชนาการระหว่างเนื้อมะละกอดิบและสุก 100 กรัม 7

ตารางที่ 2.2 การผลิตและสมบัติของไคติน 24

ตารางที่ 2.3 การผลิตและสมบัติของไคโตซาน 26

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าการเปลี่ยนแปลงสี ($\Delta$E) ของมะละกอ
ที่เคลือบไคโตซาน 0% ,1% ,1.5% และ 2%
ที่อุณหภูมิการเก็บรักษา 30 $^{\circ}$C นานประมาณ 7 วัน 32

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าการเปลี่ยนแปลงสี ($\Delta$E) ของมะละกอ
ที่เคลือบไคโตซาน 0% ,1% ,1.5% และ 2%
ที่อุณหภูมิการเก็บรักษา 4 $^{\circ}$C นานประมาณ 31 วัน 33

ตารางที่ 4.3 แสดงอัตราการสูญเสียน้ำหนักของมะละกอ
ที่เคลือบไคโตซาน 0% ,1% ,1.5% และ 2% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 $^{\circ}$C 35

ตารางที่ 4.4 แสดงอัตราการสูญเสียน้ำหนักของมะละกอ
ที่เคลือบไคโตซาน 0% ,1% ,1.5% และ2% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 $^{\circ}$C 36

ตารางภาคผนวก ข 1 การวิเคราะห์ทางสถิติค่าความแตกต่างของสี ($\Delta$E)
ที่อุณหภูมิ 30 °C และ 4 °C 47

ตารางภาคผนวก ข 2 การวิเคราะห์ทางสถิติเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก (% weight loss)
ที่อุณหภูมิ 30 °C และ 4 °C 52


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูปภาพ

หน้า

**ภาพที่** 2.1 **โครงสร้างทางเคมีของไคติน** 16

**ภาพที่** 2.2 **โครงสร้างทางเคมีของไคโตซาน** 17

**ภาพที่** 4.1 **กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการเปลี่ยนแปลงสี** ($\Delta$E) **และวันที่เก็บรักษาของมะละกอที่เคลือบไคโตซาน** 0% ,1% ,1.5% **และ** 2% **ณ. อุณหภูมิ** 30 °C 34

**ภาพที่**4.2 **กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการเปลี่ยนแปลงสี**($\Delta$E) **และวันที่เก็บรักษาของมะละกอที่เคลือบไคโตซาน** 0% ,1% ,1.5% **และ** 2% **ณ. อุณหภูมิ** 4 °C 34

**ภาพที่** 4.3 **กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก** (%) **และวันที่เก็บรักษาของมะละกอที่เคลือบไคโตซาน** 0% ,1% ,1.5% **และ** 2% **ณ. อุณหภูมิ** 30 °C 37

**ภาพที่** 4.4 **กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก** (%) **และวันที่เก็บรักษาของมะละกอที่เคลือบไคโตซาน** 0% ,1% ,1.5% **และ** 2% **ณ. อุณหภูมิ** 4 °C 37

**ภาพที่** 4.5 **แสดงผลของมะละกอที่เคลือบสารละลายไคโตซาน** 0 % **ที่อุณหภูมิ** 30 °C 38

**ภาพที่** 4.6 **แสดงผลของมะละกอที่เคลือบสารละลายไคโตซาน** 1 % **ที่อุณหภูมิ** 30 °C 38

**ภาพที่** 4.7 **แสดงผลของมะละกอที่เคลือบสารละลายไคโตซาน** 1.5 % **ที่อุณหภูมิ** 30 °C 39

**ภาพที่** 4.8 **แสดงผลของมะละกอที่เคลือบสารละลายไคโตซาน** 2.0 % **ที่อุณหภูมิ** 30 °C 39

**ภาพที่** 4.9 **แสดงผลของมะละกอที่เคลือบสารละลายไคโตซาน** 0 % **ที่อุณหภูมิ** 4 °C 40

**ภาพที่** 4.10 **แสดงผลของมะละกอที่เคลือบสารละลายไคโตซาน** 1 % **ที่อุณหภูมิ** 4 °C 40

**ภาพที่** 4.11 **แสดงผลของมะละกอที่เคลือบสารละลายไคโตซาน** 1.5 % **ที่อุณหภูมิ** 4 °C 41

**ภาพที่** 4.12 **แสดงผลของมะละกอที่เคลือบสารละลายไคโตซาน** 2 % **ที่อุณหภูมิ** 4 °C 41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

# บทนำ

มะละกอ (Papaya) เป็นไม้ผลชนิดหนึ่งที่ผู้บริโภคให้ความนิยมในการนำมาบริโภคกันอย่างแพร่หลาย มีลำต้นสูงประมาณ 5-10 เมตร มีถิ่นกำเนิดในอเมริกากลาง ผลดิบมีสีเขียว เมื่อสุกแล้วเนื้อในจะมีสีเหลืองถึงส้มและอุดมไปด้วยสารอาหารต่างๆที่จำเป็นต่อร่างกาย นิยมนำมารับประทานทั้งสดและนำไปปรุงอาหาร เช่น แกงส้มหรือแกงเผ็ดชนิดต่างๆ รวมไปถึงส้มตำ อาหารขึ้นชื่อของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นอกจากนี้เนื้อมะละกอยังสามารถนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ได้อีกมากมาย ดังนั้นมะละกอจึงเป็นไม้ผลที่เป็นที่ต้องการของตลาดและมีแนวโน้มความต้องการของผู้บริโภคสูงขึ้นทั้งในประเทศและต่างประเทศ แต่เนื่องจากเทคโนโลยีการขนส่งในประเทศยังพัฒนาไปได้ไม่มากนักจึงจำเป็นต้องมีวิธีการศึกษาเพื่อคงคุณภาพภายหลังการเก็บเกี่ยวของมะละกอ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้วัตถุดิบที่ผลิตจากธรรมชาติ ปลอดภัยต่อผู้บริโภค มาใช้ร่วมกับการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวที่ดีก็จะสามารถช่วยยืดอายุหลังการเก็บเกี่ยวของมะละกอได้นานขึ้น ดังนั้นในการศึกษาจึงใช้ไคโตซาน ซึ่งเป็นสารประกอบที่พบในเปลือกกุ้ง แกนปลาหมึก กระดองปู เป็นวัตถุดิบหลักในการทำฟิล์มเคลือบ ใช้ในการเคลือบมะละกอ ที่ระดับความเข้มข้น 1% , 1.5% และ 2% โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ( ประมาณ 30 องศาเซลเซียส ) และอุณหภูมิห้องทำความเย็น 4 องศาเซลเซียส ( อุณหภูมิมาตรฐานตู้เย็นทั่วไป ) เพื่อศึกษาถึงสภาวะอุณหภูมิที่เหมาะสมและระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมในการเคลือบผิวมะละกอและเก็บรักษามะละกอ เพื่อใช้เป็นอีกทางเลือกหนึ่งของเกษตรกรที่จะนำมาใช้ในการยืดอายุการเก็บรักษา ลดต้นทุนในการส่งออกประยุกต์ใช้กับการขนส่งเพื่อจำหน่ายในประเทศให้เกิดประโยชน์สูงสุด

**วัตถุประสงค์การทดลอง**

เพื่อศึกษาคุณสมบัติของไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นต่างๆในการยืดอายุการเก็บรักษามะละกอสุกที่อุณหภูมิต่างกันโดยวิธีเคลือบผิว ตรวจสอบคุณภาพของมะละกอสุกโดยวิธีการวัดค่าการเปลี่ยนแปลงของสีและอัตราการสูญเสียน้ำหนักของผลมะละกอสุก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 2

# วารสารปริทัศน์

## 2.1 มะละกอ

### 2.1.1 ข้อมูลทางพฤกษศาสตร์

| | |
|---|---|
| ชื่อวิทยาศาสตร์ | *Carica papaya Linn.* |
| อาณาจักร | Plantae. |
| ส่วน | Magnoliophyta. |
| ชั้น | Magnoliopsida. |
| อันดับ | Brassicales. |
| วงศ์ | Caricaceae. |
| สกุล | Carica. |
| สปีชีส์ | C. papaya. |

### 2.1.2 ถิ่นกำเนิด

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

จากบันทึกของนักเดินทางชาวดัตท์ มะละกอน่าจะแพร่จากฟิลิปปินส์ไปมะละกาก่อนปี 2126 (1583) โดยชาวสเปนหรือโปรตุเกส ไม่มีหลักฐานปรากฏแน่ชัดว่ามะละกอจากมะละกาแพร่เข้ามาสู่ประเทศไทยเมื่อใด มีเพียงบันทึกที่ผ่านมาว่า ย้อนหลังไปเมื่อประมาณ 60 ปีที่แล้ว ทหารญี่ปุ่นที่เข้ามาเมืองไทยในช่วงสงครามโลกครั้งที่ 2 ให้ความนิยมชมชอบบริโภคมะละกอไทยกันมาก ปัจจุบัน การปลูกมะละกอได้แพร่กระจายออกไปทั่วโลก โดยเฉพาะในแถบศูนย์สูตร และในส่วนของประเทศไทย มะละกอได้กลายมาเป็นพืชอาหารที่มีบทบาทสำคัญต่อคนไทยทุกครัวเรือน และมีการปลูกกันอย่างแพร่หลายไปทั่วทุกภูมิภาค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.1.3 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์**

มะละกอเป็นพืชล้มลุกที่มีอายุสั้น แต่สามารถมีชีวิตอยู่ได้นานถึง 20 ปีถ้าได้รับการดูแลที่เหมาะสม เป็นไม้ผลที่มีระบบรากเป็นรากแก้ว ลำต้นค่อนข้างชุ่มน้ำ เป็นลำชะลูดมีข้อปล้องส่วนมากไม่ค่อยมีกิ่งก้านสาขา ทั้งดอกและใบจะเจริญอยู่ที่ส่วนยอดเพียงอย่างเดียว ในกรณีที่ส่วนยอดถูกตัดหรือทำลาย กิ่งจะแตกออกมาจากข้างๆ และสามารถเจริญเติบโตออกดอกติดผลได้ ความสูงของมะละกออยู่ระหว่าง 2-10 เมตร ใบมะละกอมีขนาดใหญ่และกว้างประมาณ 25-75 เซนติเมตร ก้านใบกลวงและยาวถึง 1 เมตร แผ่นใบมีลักษณะคล้ายรูปหัวใจ แตกเป็นแฉก 7-11 แฉก ใบมะละกอจะเจริญจากส่วนยอด ใบล่างจะแก่เป็นสีเหลืองและร่วงหล่นก่อนตามลำดับความเจริญ

ดอกมะละกอมีอยู่หลายชนิด และเป็นสาเหตุที่ทำให้ต้นมะละกอถูกแบ่งออกเป็น 3 เพศ ซึ่งมีความสำคัญในทางเกษตรกรรมแตกต่างกัน

**1) ดอกตัวผู้ (male/ staminate)**

ดอกตัวผู้มีขนาดเล็กสุด 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 ไม่ยื่นยาวออกมาเหมือนดอกชนิดอื่น อาจออกเป็นดอกเดี่ยวๆ หรือ 2-3 ดอกรวมกันเป็นกระจุกก็ได้ มีกลีบดอกสีขาว 5 กลีบ แยกออกจากกันชัดเจนตั้งแต่โคนดอก ไม่มีเกสรตัวผู้ เมื่อคลี่กลีบดอกออกมาจะเห็นรังไข่เป็นกะเปาะสีขาวนวลเล็กๆ มีรูปร่างป้อม ส่วนปลายรังไข่มีที่รองรับละอองเกสรตัวผู้เป็นแฉกเล็กๆ 5 แฉก ดอกตัวเมียต้องอาศัยเกสรตัวผู้จากต้นอื่นมาผสมจึงจะติดผลได้ ผลที่เกิดจากดอกตัวเมียมักมีรูปร่างค่อนข้างกลมหรือกลมรี มีลักษณะผลเป็น 5 พูโดยรอบ เนื้อบาง มีช่องว่างภายในผลมาก ไม่เป็นที่ต้องการของตลาดมากนัก นิยมใช้ประโยชน์ตอนเป็นผลดิบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**3) ดอกกะเทย หรือดอกสมบูรณ์เพศ (bisexual/ hermaphrodite)**

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

- **กะเทยผลยาว (elongata)** เป็นดอกที่พบได้มากที่สุดในดอกกะเทย ดอกมีขนาดยาว ส่วนฐานและปลายดอกมีขนาดใกล้เคียงกัน กลีบดอก 5 กลีบเชื่อมติดกันเป็นหลอดจากฐานดอกขึ้นมาประมาณ 3 ใน 4 ของความยาวกลีบดอก เกสรตัวผู้มีก้านสั้นและมีจำนวน 10 อันเกิดอยู่บนขอบของหลอดกลีบดอก รังไข่มีรูปร่างยาวผลที่เกิดจากดอกแบบนี้จึงมีลักษณะยาว ช่องว่างภายในผลแคบ เนื้อหนา เมื่อผ่าดูภายในจะเห็นรอยแยกของพูเด่นชัด 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 ขณะที่ต้นตัวเมียจะไม่มีการแปรปรวนทางเพศ ในกรณีของต้นกะเทย ต้นที่ให้ดอกกะเทยผลยาว อาจแปรเปลี่ยนมาให้ดอกกะเทยผลสั้น

เอกสารนี้... ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

มะละกอเป็นพืชที่ให้ผลเดี่ยว รูปทรงและขนาดของผลหลากหลาย มีทั้งแบบทรงกลมป้อม ทรงลูกแพร์ยาวมีสะโพก ยาวทรงกระบอก เล็ก ใหญ่ ปานกลาง ยาว 7-30 เซนติเมตร หนักสุดถึง 10 กิโลกรัม ขึ้นอยู่กับชนิดของพันธุ์และชนิดของดอกที่มีการผสม เปลือกมะละกอมีสีเขียวบางเรียบ เมื่อสุกจะมีสีเหลืองหรือเหลืองส้ม เนื้อมะละกอมีสีเหลืองไปจนถึงสีส้มแดง รสหวาน มีกลิ่นหอม ตรงกลางผลมีช่องว่าง มีเมล็ดอยู่ภายในจำนวนมาก เมล็ดมีรูปร่างกลม เล็ก ขนาด 5 มิลลิเมตร สีดำหรือเทา รอบๆ เมล็ดจะมีเยื่อเมือกบางๆ หุ้มไว้

ในสภาพธรรมชาติ มะละกอเป็นพืชที่มีโอกาสผสมข้ามดอกและข้ามต้นสูง การผสมเกสรนอกจากอาศัยลมแล้ว ไม่มีข้อมูลแน่ชัดตรงกันเกี่ยวกับแมลงหรือสัตว์ที่ช่วยในการผสมเกสร ที่มีการ อ้างถึงได้แก่ ผึ้ง ผีเสื้อ และผีเสื้อกลางคืน บางแห่งระบุว่ามีนก และเพลี้ยไฟด้วย อย่างไรก็ตาม ด้วยลักษณะดังกล่าว มะละกอจึงเป็นพืชที่สามารถกลายพันธุ์ได้ตลอดเวลา

**2.1.4 การใช้ประโยชน์ทางด้านอาหารและยา**

มะละกอเป็นพืชที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ทุกส่วน และในแต่ละท้องถิ่นของโลก ก็จะมีวัฒนธรรมการบริโภคมะละกอที่แตกต่างกันไป ต่อไปนี้เป็นตัวอย่างของการนำส่วนต่างๆ ของมะละกอไปใช้ประโยชน์ในแง่ยาและอาหาร ทั้งในส่วนของวิถีการผลิตการบริโภคสมัยใหม่และภูมิปัญญาพื้นบ้าน

**1) ผลสุก**

มีการนำไปใช้อย่างแพร่หลายที่สุด โดยการนำไปบริโภคสดๆ หรือนำไปปรุงและแปรรูปเป็นอาหารหลากหลายชนิดที่รู้จักกันดี เช่น ทำฟรุตสลัด เจลลี่ พาย แยม ซอส น้ำมะละกอ มะละกออบแห้งผสมในมูสลี่ เป็นต้น

**2) ผลดิบ**

ไม่มีการบริโภคแพร่หลายแบบผลสุก นิยมบริโภคเฉพาะบางท้องถิ่นเท่านั้น และแทบทั้งหมดเป็นการปรุงสุกก่อนบริโภค คือ นำไปต้มกินเป็นผัก หรือ นำไปปรุงในซุปผักรวม บางท้องถิ่นนำไปดองกินเป็นผัก ขณะที่ในเปอร์โตริโก มีมะละกอเขียวในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋องขาย แต่ที่พิเศษสุดไม่เหมือนภูมิภาคใดในโลก ก็คือ การนำมาบริโภคสดในรูปแบบ “ส้มตำ” ของคนไทยและเพื่อนบ้านใกล้เคียง พฤติกรรมการบริโภคของคนไทยเป็นไปอย่างกว้างขวาง

...ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จนแทบจะกลายเป็นอาหารประจำชาติไปแล้ว ซึ่งนับเป็นจุดที่แตกต่างจากส่วนอื่นๆ ของโลกอย่างยิ่ง นอกจากนี้ การนำผลดิบไปปรุงสุกหรือแปรรูปก็เป็นที่นิยมในประเทศไทยเช่นกัน ไม่ว่าจะเป็น แกงส้ม ผัดใส่ไข่ ดองเค็ม เป็นต้น มื้ออาหารของคนไทยจึงมีส่วนผสมของมะละกออยู่มาก

**3) ช่อดอก**

ในอินโดนีเซียและเกาะนิวกินี มีการนำช่อดอกมะละกอตัวผู้ไปลวกกินเป็นผัก

**4) ใบ**

ในหมู่เกาะอินดีสตะวันออก นำใบอ่อนไปปรุงอาหารกินเหมือนผักขม ใบที่ค่อนข้างแก่มีรสขม จะนำไปต้มทิ้งหลายๆ น้ำก่อนกิน ในกานา ใช้ใบมะละกอแห้งมาชงชากินแก้โรคกะเพาะ ยาระบาย และมีสรรพคุณในทางแท้งลูกด้วย นอกจากนี้ ยังมีการนำใบมะละกอมาใช้สูบแทนยาสูบหรือสูบแก้โรคหอบหืด

**5) ลำต้น**

ในแอฟริกา มีการใช้ต้นอ่อนไปปรุงอาหารกิน

**6) ราก**

ต้มน้ำดื่มเป็นยาถ่ายพยาธิ

**7) เมล็ด**

นำไปกินเป็นยาเพื่อให้แท้ง ขับประจำเดือน หรือถ่ายพยาธิ

**8) ยาง**

มีสรรพคุณหลายอย่าง แต่ที่นำไปใช้อย่างแพร่หลายที่สุด คือการทำให้เนื้อสัตว์นุ่มขึ้นหรือเปื่อยขึ้น ตั้งแต่ยุคก่อนมีการใช้ใบมะละกอที่ขยี้ๆ ให้ยางออก ห่อเนื้อทิ้งไว้ก่อนปรุงอาหาร นอกจากนี้ ยังมีประวัติการนำไปใช้รักษาแผลหลังผ่าตัดเช่นเดียวกับยาปฏิชีวนะ ใช้เป็นยาช่วยย่อย ใช้ในการทำแท้ง ใช้แต้มผิวหนังเพื่อกำจัดกระ ไฝฝ้า ตุ่มฝีต่างๆ และใช้ในการหมักเบียร์ให้ใสเป็นต้น

### 2.1.5 สารอาหารที่สำคัญ

เมื่อเทียบกับพืชอาหารอื่นๆ มะละกอสุกจัดว่าเป็นแหล่งอาหารชั้นยอดสำหรับวิตามินซีชั้นดีรองลงมาสำหรับวิตามินเอ-เบต้าแคโรทีน และวิตามินบี ขณะที่เป็นแหล่งอาหารระดับปานกลางสำหรับธาตุเหล็กและแคลเซียม จากความรู้โภชนาการยุคนี้ วิตามินซีและเบต้าแคโรทีน จัดเป็น "สารต้านอนุมูลอิสระ" (antioxidant) ที่มีบทบาทสำคัญยิ่ง ดังนั้นมะละกอสุกจึงจัดเป็นอาหารสุขภาพ มีสรรพคุณในด้านชะลอความเสื่อมของเซลล์และการทำงานของระบบต่างๆ ภายในร่างกาย ช่วยป้องกันโรคอันเกิดจากวิถีชีวิตสมัยใหม่ได้อย่างน่าสนใจ ไม่ว่าจะเป็น โรคอ้วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โรคหัวใจหลอดเลือด โรคมะเร็ง โรคไขข้อ ในส่วนของแร่ธาตุ ประโยชน์ของแคลเซียมคือช่วยบำรุงกระดูก 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 – ไรโบฟลาวิน (มก.) | 0.03 | 0.03-0.05 |
| ไนอาซิน (มก.) | 0.3 | 0.3-0.4 |
| วิตามินซี – กรดแอสคอร์บิค (มก.) | 40 | 52-73 |

ที่มา : Sharma and Ogbeide, 1982

...ารใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.1.6 สารประกอบทางเคมีตัวอื่นๆ**

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

- 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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบางชนิดอาจมีสรรพคุณทางยา เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย หรือไม่ให้โทษต่อร่างกาย เมื่อบริโภคเข้าไปในรูปแบบและระดับที่เหมาะสม ขณะที่การบริโภคหรือรับเข้าไปแบบไม่ระมัดระวัง ในระดับที่เปลี่ยนแปลงไปอาจให้โทษหรือเป็นพิษแก่ร่างกายได้

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

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

- **ความเป็นพิษและการก่อภูมิแพ้**

ความเป็นพิษที่ชัดเจนของมะละกอ คือการแท้งลูกและผลกระทบอื่นๆ ต่อระบบสืบพันธุ์ ซึ่งเกี่ยวข้องกับสารบางชนิด ซึ่งพบมากที่เมล็ด และยางในผลดิบของมะละกอ ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ความเป็นพิษในส่วนอื่นนอกจากนี้ ยังไม่เป็นที่ปรากฏชัดเจนนัก อย่างไรก็ตาม ในส่วนของใบ และรากของมะละกอ พบว่ามีสารจำพวก cyangenic glucosides

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งก่อให้เกิด cyanide และเฉพาะที่ใบ ยังมีสารในกลุ่ม tannins ด้วยเช่นกัน สารทั้ง 2 กลุ่ม เมื่อได้รับในระดับความเข้มข้นสูง อาจก่อให้เกิดผลเสียหรือความเป็นพิษต่อร่างกายตามมา

ในส่วนของการก่อภูมิแพ้ มีรายงานใน 3 ลักษณะ คือ ชาวสวนที่ทำหน้าที่เก็บเกี่ยวมะละกอ อาจเกิดอาการระคายเคืองทางผิวหนังได้จากการสัมผัสยางมะละกอ ผู้บริโภคเนื้อหมักจากปาเปนซึ่งมีการปรุงไม่สุก อาจเกิดการแพ้ตามมา ตลอดจนผู้ที่หายใจเอาละอองเกสรมะละกอเข้าไป บางรายที่ sensitive มาก อาจเกิดอาการทางระบบทางเดินหายใจอย่างรุนแรง

**2.1.7 การเพาะปลูกและการเจริญเติบโต**

มะละกอเป็นไม้ผลที่ชอบอากาศร้อน ปริมาณน้ำฝนพอเพียง อุณหภูมิ 21-30 องศาเซลเซียส การปลูกมะละกอสามารถทำได้ทั่วทุกภูมิภาคของประเทศไทย มะละกอจะเจริญเติบโตได้ดีถ้าได้รับแสงแดดเต็มที่ มะละกอสามารถปลูกได้ในดินแทบทุกชนิด แต่ดินที่เหมาะสมที่สุด คือ ดินร่วนปนทราย ดินร่วน หรือดินร่วนปนดินเหนียวที่มีการปรับให้ระบายน้ำดี ไม่ขังแฉะ มีอินทรีย์วัตถุมาก ความอุดมสมบูรณ์สูง หน้าดินลึกไม่น้อยกว่า 1 เมตร สภาพความเป็นกรดเป็นด่างของดินหรือค่า pH ที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 6-6.5 แม้จะเป็นพืชที่ต้องการน้ำค่อนข้างมาก แต่มะละกอกลับทนแล้งได้ดีกว่าทนน้ำท่วม 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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ลงทะเบียนในการใช้งาน... ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 จึงต้องมีการดูแลรักษาแปลงปลูกและควบคุมเรื่องโรคและแมลงเป็นพิเศษสำหรับแปลงปลูกที่ปลูกมะละกอติดต่อกันหลายปี ขาดการเอาใจใส่ หรือปล่อยให้มะละกอมีอายุมากเกินไป มักกลายเป็นแหล่งสะสมและแพร่กระจายของเชื้อโรคและแมลง ในส่วนของประเทศไทยโรคและ แมลงศัตรูมะละกอตัวหลักๆ ได้แก่

- **โรคจากไวรัส**

  ไวรัสที่ก่อโรคในมะละกอมีหลายชนิด เช่น ไวรัสในสกุล Potyvirius, Potexvirus และBegomovirus (จากวงศ์ Geminiviridae) แต่ไวรัสที่มีการแพร่ระบาดกว้างขวางทั่วโลกรวมทั้งประเทศไทย และก่อให้เกิดความเสียหายมากกว่าไวรัสชนิดอื่น คือ ไวรัส PRSV (papaya ringspot virus) ในสกุล potyvirus ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคไวรัสจุดวงแหวน หรือที่นิยมเรียกว่า "โรคใบด่างจุดวงแหวน"

- **โรคจากเชื้อรา**

  เชื้อราที่ก่อโรคในมะละกอมีหลายชนิด เช่น โรคแอนแทรคโนส (anthracnose) โรครากเน่าและโคนเน่า และโรคราแป้ง ซึ่งมีลักษณะแตกต่างกัน ดังนี้

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลางแผล แผลจะลุกลามทำให้ผลเน่าโรคแอนแทรกโนส จัดว่าเป็นอุปสรรคสำคัญของการส่งออกมะละกอสดไปตลาดต่างประเทศ มักจะระบาดได้ดีในช่วงฝนชุก

- **โรครากเน่าและโคนเน่า** เกิดจากเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* และ *Phytophthora palmivora* เกิดได้ทุกระยะการเจริญของมะละกอ ในระยะกล้า จะเกิดอาการเน่าคอดิน คือรากเน่า ใบเปลี่ยนเป็นสีเหลือง ต้นมักจะหักพับตรงโคนและเหี่ยวตายอย่างรวดเร็ว สำหรับต้นที่โตแล้ว จะแสดงอาการ โคนเน่า เป็นสีน้ำตาลถึงดำ ลักษณะฉ่ำน้ำ 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 ไชชอนเข้าไปในเนื้อเยื่อและขับน้ำย่อยออกมา ทำให้เซลล์ของรากตรงส่วนนั้นเกิดการแบ่งตัวเพิ่มขึ้น และบางเซลล์ก็มีขนาดใหญ่ขึ้น เนื้อเยื่อของรากจึงบวมโป่งเป็นปมเห็นได้ชัด รากมะละกอไม่สามารถดูดน้ำและธาตุอาหารได้ตามปกติ จึงทำให้ใบเหลือง ร่วงก่อนกำหนด ไม่ผลิดอกออกผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และอาจตายไปในที่สุด วิธีควบคุม บ้างใช้วิธีเลือกพื้นที่ปลูก บ้างใช้วิธีบำรุงดิน บ้างใช้สารเคมีฆ่าไส้เดือนฝอย

- **แมลงจำพวกเพลี้ย** ได้แก่ เพลี้ยหอย เพลี้ยแป้ง เพลี้ยไฟ เพลี้ยเหล่านี้จะดูดน้ำเลี้ยงจากส่วนต่างๆ ของพืช ก่อให้เกิดอาการที่ลำต้น ใบ และผลในลักษณะต่างๆ กัน ต้นมะละกอจะโทรม 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 จะเป็นแมลงศัตรูของผลไม้ทั่วไปโดยการวางไข่ไว้ในผลไม้นั้น แต่สำหรับมะละกอ ไม่ค่อยมีปัญหาเรื่องแมลงวันทองรบกวนนัก เพราะมักจะมีการเก็บเกี่ยวผลก่อนที่จะสุก

**2.1.9 มะละกอพันธุ์ต่างๆ**

ท่ามกลางมะละกอซึ่งมีลักษณะและคุณภาพแตกต่างมากมายในหลายภูมิภาค 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 และส้มออกแดงที่เรียกว่าสีแซลมอน

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **Puna solo** คล้ายกับคาโปโฮโซโลมาก เนื้อสีเหลืองจำปา แต่เปลือกนอกไม่แข็งเท่า มีความต้านทานต่อเชื้อราบางชนิด จึงสามารถปลูกได้ดีในที่ฝนชุก
- **Sunrise/ Solo sunrise/ Sunrise solo** เนื้อสีส้มแดง เนื้อละเอียด หอมหวาน มีความสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมต่างๆ ได้ดี ผลผลิตดก จึงเป็นพันธุ์ที่นิยมปลูกอย่างกว้างขวางในโลก
- **Sunset/ Solo sunset** ลักษณะคล้ายพันธุ์ซันไรส์ ลูกค่อนข้างเล็กกว่า และผลผลิตไม่ดก
- **Waimanalo** เนื้อสีส้มเหลือง มีกลิ่นเฉพาะตัว หวานมาก ความหวานประมาณ 14 องศาบริกซ์ เป็นมะละกอต้นเตี้ย ผลผลิตสูง และมีความทนทานโรคและแมลงดี

**2) มะละกอเม็กซิโก**

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

นอกจากนี้ยังมีมะละกอพันธุ์อื่นๆ ซึ่งค่อนข้างเป็นที่รู้จักกว้างขวางในระดับโลก และมีลักษณะโดดเด่นน่าสนใจ คือ

- **Tainung # 1** เป็นพันธุ์ของไต้หวัน ขนาด 800-1,500 กรัม เนื้อแดง รสหวาน หอม อายุวางขายนาน
- **Red lady** เป็นพันธุ์ของไต้หวันที่ทนทานต่อโรคไวรัสจุดวงแหวน เนื้อหนา แดง ขนาด 1.5-2 กิโลกรัม
- **Cariflora** เป็นพันธุ์ที่พัฒนาขึ้นมาไม่นาน ทนทานต่อโรคไวรัสจุดวงแหวน ผลทรงกลม ขนาดเท่าแคนตาลูป เนื้อสีเหลืองเข้มไปถึงส้มอ่อน (ไม่มีข้อมูลแน่ชัดว่าเป็นพันธุ์ของที่ใด)

ในส่วนของประเทศไทย แม้จะมีจุดเริ่มต้นจากมะละกอพันธุ์ของต่างประเทศ แต่ปัจจุบันหลังผ่านการปลูกอย่างแพร่หลาย ผสมพันธุ์ปนเปกันไป และคัดเลือกพันธุ์ดีต่อๆ กันมา มะละกอของไทยหลายพันธุ์จึงมี ลักษณะเฉพาะตัวที่แตกต่างไปจากแหล่งที่มาดั้งเดิม พันธุ์มะละกอที่มีลักษณะเด่นและเป็นที่นิยมปลูกในเมืองไทยมีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**1) พันธุ์แขกดำ** เป็นพันธุ์ที่นิยมปลูกกันมากที่สุดในปัจจุบัน ทั้งบริโภคสดและส่งโรงงาน ลักษณะประจำพันธุ์เป็นมะละกอพันธุ์เตี้ย ก้านใบมีสีเขียว สั้นและแข็งแรง ก้านใบตั้งตรง ใบหนากว่าพันธุ์อื่นๆ ออกดอกติดผลเร็ว ผลทรงกระบอกยาว เปลือกสีเขียวเข้ม ผลดิบเนื้อแน่นกรอบใช้ทำส้มตำได้ดี เมื่อสุกเนื้อจะมีสีแดง รสหวานอร่อย ช่องว่างภายในผลแคบ เมล็ดน้อย น้ำหนักผลประมาณ 1-2 กิโลกรัม นิยมบริโภคทั่วไปทั้งแบบผลดิบและผลสุก

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

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

**4) พันธุ์สายน้ำผึ้ง** เป็นมะละกอพันธุ์เตี้ย ก้านใบสีเขียวอ่อนหรือเขียวปนขาว ก้านใบยาวกว่าพันธุ์แขกดำแต่แข็งแรงน้อยกว่า ก้านใบล่างมีลักษณะเอนลงสู่พื้น ผลมีขนาดปานกลาง รูปร่างผลกลม แคบ หัวแหลม ปลายแหลม ปลายผลจะใหญ่กว่าส่วนหัวเล็กน้อย เปลือกมีสีเขียวและบางกว่าเปลือกของพันธุ์แขกดำ ช่องระหว่างพู เป็นเหลี่ยมชัดเจน ช่องว่างภายในผลกว้างปานกลาง มีเมล็ดมาก เมื่อสุกเนื้อจะออกสีส้มปนเหลือง รสหวานจัด มะละกอพันธุ์นี้เหมาะสำหรับบริโภคสุก แต่เก็บไว้ไม่ได้นานเพราะเนื้อเละง่าย

**5) พันธุ์พื้นเมือง** เป็นพันธุ์ที่ปลูกกันมานาน ปลูกแบบเล็กๆ น้อยๆ ไม่ได้ปลูกเป็นการค้าเหมือนพันธุ์ที่กล่าวมาข้างต้น ปล่อยไปตามธรรมชาติ มีลักษณะไม่ค่อยแน่นอนทั้งผลและลำต้น แต่โดยทั่วไปแล้ว พันธุ์พื้นเมืองจะให้ผลค่อนข้างเล็ก ทรงผลกลม เนื้อบาง ช่องว่างในผลกว้าง เมื่อสุกเนื้อจะออกสีเหลือง และเนื้อค่อนข้างเละ ไม่นิยมบริโภคสุก มักใช้ประโยชน์จากผลดิบมากกว่า พันธุ์พื้นเมืองมักจะออกดอกติดผลช้า แต่มีข้อดีที่ทนทานต่อสภาพแวดล้อมต่างๆ ได้ดี เพราะมีการปรับตัวให้เข้ากับท้องถิ่นมานาน

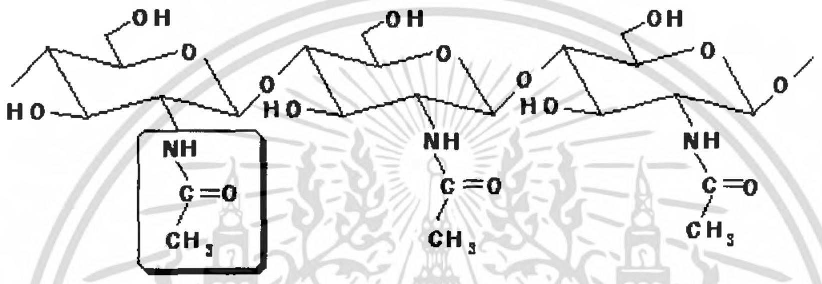
## 2.2 ไคติน

เป็นโพลิเมอร์ธรรมชาติ โดยพบเป็นองค์ประกอบของเปลือกแข็งที่หุ้มเซลล์ของราบีสต์ และจุลินทรีย์หลายชนิด หรือพบเป็นโครงสร้างแข็งของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง จำพวกแมลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กุ้ง ปู ปลาหมึก เป็นต้น ไคตินมีปริมาณมากเป็นอันดับสอง รองจากเซลลูโลสที่เป็นส่วนประกอบของเนื้อไม้

ไคติน เป็นโพลิเมอร์สายยาวที่ประกอบขึ้นจากน้ำตาลหน่วยย่อย คือ N-acetyl-D-glucosamine มาเรียงต่อกันเป็นสาย ลักษณะเป็นของแข็ง ละลายได้ในกรดอนินทรีย์ เช่น กรดเกลือ กรดกำมะถัน กรดฟอสฟอริก และกรดฟอร์มิก ที่ปราศจากน้ำ แต่ไม่ละลายในด่างเจือจาง แอลกอฮอล์ และตัวทำละลายอินทรีย์อื่นๆ



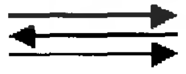

โครงสร้างทางเคมีของไคติน

**ภาพที่ 2.1 : โครงสร้างทางเคมีของไคติน**

**ที่มา : http :// www.gpo.or.th**

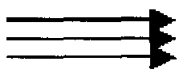
ไคตินที่ได้จากแต่ละแหล่ง มีโครงสร้างและสมบัติแตกต่างกัน โดยแบ่งตามลักษณะการเรียงตัวของเส้นใยได้ 3 กลุ่ม คือ

**1) แบบอัลฟา**



มีการเรียงตัวของสายโซ่โมเลกุลในลักษณะสวนทางกัน มีความแข็งแรงสูง ได้แก่ ไคตินจากเปลือกกุ้ง และกระดองปู

**2) แบบเบตา**

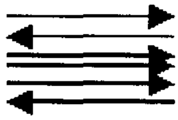


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



มีการเรียงตัวของสายโซ่โมเลกุลในทิศทางเดียวกัน จึงจับกันได้ไม่ค่อยแข็งแรง มีความไวต่อปฏิกิริยาเคมีมากกว่าแบบอัลฟา ได้แก่ ไคตินจากแกนปลาหมึก

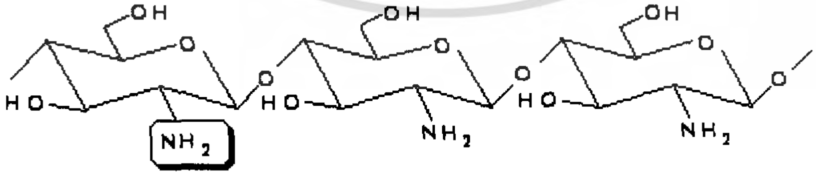
**3) แบบแกมมา** 

มีการเรียงตัวของสายโซ่โมเลกุลในลักษณะที่ไม่แน่นอน (สวนทางกันสลับทิศทางเดียวกัน) มีความแข็งแรงรองจากแบบอัลฟา ได้แก่ ไคตินจากเห็ด รา และพืชชั้นต่ำ

ไคตินในธรรมชาติอยู่รวมกับโปรตีนและเกลือแร่ 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**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

85393

ปกติแล้วไคโตซานที่ได้จะมีส่วนผสมของ น้ำตาล N-acetyl-D-glucosamine และ glucosamine อยู่ในสายโพลิเมอร์เดียวกัน ซึ่งระดับการกำจัดหมู่ acetyl (หรือเปอร์เซนต์การเกิด 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 เนื่องจากโปรตีนที่ได้จะมีปริมาณและคุณภาพที่ดีกว่า (Johnson และ Peniston, 1982 อ้างอิงโดย No และ Meyers, 1997)

#### 2.4.1.1 ขั้นตอนการแยกโปรตีน (Deproteination)

โดยทั่วไป เปลือก-หัวกุ้ง กระดองปูและแกนปลาหมึกมักจะถูกนำมาบดก่อนนำมาแยกเอาโปรตีนออก ซึ่งขั้นตอนการแยกโปรตีนนี้มักใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นตั้งแต่ 1-10% และอุณหภูมิที่ใช้ประมาณ 65-100°C นอกจากนี้ระยะเวลาในการ ทำปฏิกิริยา (reaction time) ขึ้นอยู่กับวิธีและสภาวะที่ใช้ในการสกัดโปรตีน อย่างไรก็ตาม หากปล่อยให้กากเหล่านี้ทำปฏิกิริยานานเกินไปในสภาวะรุนแรงจะทำให้สายโซ่ของไคตินถูกตัด (depolymerization) และยังเกิดปฏิกิริยาการกำจัดหมู่อะซิทิลด้วย นอกจากนี้อัตราส่วนของกากเหล่านี้ต่อสารละลายด่าง ตั้งแต่ 1 ต่อ 10 ขึ้นไป สามารถเกิดปฏิกิริยาได้อย่างทั่วถึง (uniformity) แต่ต้องอาศัยการกวนอย่างสม่ำเสมอ (อ้างอิงโดย No และ Meyers, 1997)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Domard และ Chaussard (2002) พบว่า การเพิ่มระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา deproteinization และความเข้มข้นของ NaOH ไม่ทำให้ปริมาณโปรตีนที่เหลือในไคตินแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตาม หากนำวัตถุดิบมาแช่ในสารละลายผสมระหว่างคลอโรฟอร์มและเมทานอล (2:1) ก่อนการแยกโปรตีน จะทำให้ปริมาณโปรตีนในไคตินลดน้อยลงถึง 0.5% นอกจากนี้ยังพบว่า ขนาดของวัตถุดิบไม่มีอิทธิพลต่อปริมาณโปรตีนในไคติน แต่จะมีผลต่อ การเพิ่มอัตราเร็วในการแยกโปรตีน ซึ่งหากลดขนาดของวัตถุดิบจะทำให้อัตราในการแยกโปรตีนเร็วขึ้น คณะผู้วิจัยได้สรุปเพิ่มเติมว่า สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการแยกโปรตีนจาก แกนปลาหมึก (squid pens) คือ แช่แกนปลาหมึกใน 1 M NaOH นาน 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง อย่างไรก็ตามการแยกโปรตีนจากเปลือกปูจำเป็นจะต้องอยู่ในสภาวะที่ 60°C (Stevens, 2002)

ปัจจัยอีกประการหนึ่งที่มีผลต่อการแยกโปรตีน คือ ปริมาณไขมันในวัตถุดิบ ซึ่งไขมันนี้จะช่วยป้องกันโปรตีนจากการไฮโดรไลสีส โดยอาจทำให้พลังงานในการเกิดปฏิกิริยา (energy interaction) ต่ำ หรืออาจจะเข้าไปอยู่ในโครงสร้างที่เรียกว่า lipoproteins (Domard และ Chaussard, 2002) นอกจากวิธีทางเคมีที่ได้กล่าวมาข้างต้นแล้ว โปรตีนยังสามารถสกัดได้ด้วยวิธีทางชีวภาพ อาทิ การหมักด้วยจุลินทรีย์ หรือการย่อยด้วยเอนไซม์ (Roa และคณะ , 2000) นอกจากนี้ Gagne และ Simpson (1993) สร้างสภาวะที่ทำให้การสกัดโปรตีนจากเปลือกกุ้งมีความสมบูรณ์ขึ้นโดยใช้เอนไซม์ 2 ตัว คือ chymotrypsin และ papain ซึ่งปริมาณโปรตีน ที่เหลืออยู่ในเปลือกกุ้งหลังผ่านกระบวนการย่อยด้วยเอนไซม์ดังกล่าวมีประมาณ 1.3 และ 2.8% ตามลำดับ

**2.4.1.2 ขั้นตอนการแยกแร่ธาตุ (Demineralization)**

การแยกแร่ธาตุออกจากวัตถุดิบมักใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริกเจือจางที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งหากมีการกวนอย่างทั่วถึงจะใช้เวลาเพียง 2-3 ชั่วโมง อย่างไรก็ตามระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยาสามารถเกิดขึ้นได้ตั้งแต่ 30 นาที จนถึง 2 วัน ขึ้นอยู่กับวิธีการแยก นอกจากนี้การยืดระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาจะมีผลเพียงเล็กน้อยต่อการดึงแร่ธาตุออกจากไคติน (อ้างอิงโดยNo และ Meyers, 1997) หากเปรียบเทียบวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตไคตินระหว่างเปลือกปูและเปลือกกุ้ง พบว่า การแยกแร่ธาตุออกจากเปลือกปูจะกระทำได้ยากกว่าเปลือกกุ้ง และความเข้มข้น HCl ที่ใช้ในการแยกแร่ธาตุไม่ควรน้อยกว่า 0.7 โมลาร์ อย่างไรก็ตาม การใช้กรดมากเกินไปจะทำให้น้ำหนักโมเลกุลของไคโตซานลดลง (Myint และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะ, 2002) และเพื่อลดปัญหาเรื่องสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการใช้กรดเกลือ Hall (2002) ได้เสนอทางเลือกชีวภาพ โดยใช้เชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรียในการแยกแร่ธาตุ

**2.4.1.3 การแยกสี (Decoloration)**

การผลิตไคตินจากขั้นตอนดังได้กล่าวไว้ข้างต้นนั้น พบว่าไคตินที่ได้มักจะยังคงมีสี ดังนั้นหากต้องการไคตินฟอกขาวจะต้องนำไคตินมาผ่านกระบวนการแยกสีโดยใช้สารฟอกขาว ได้แก่ เอทานอล โซเดียมไฮโปรคลอไรท์ 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 $\approx$ 4000 cps. การละลาย $\approx$ 100%

**2.4.2 การผลิตไคโตซาน**

การผลิตไคโตซานจากไคตินสามารถทำได้ทั้งวิธีทางเคมีและวิธีทางชีวภาพ แต่วิธีทางชีวภาพโดยการใช้เอ็นไซม์ในการดึงหมู่อะซิทิลออกจากไคตินนั้นยังอยู่ในระดับห้องปฏิบัติการ (Win, และคณะ, 2000; Win และ Stevnes, 2001) ส่วนวิธีทางเคมีเป็นวิธีที่ใช้กันอย่างกว้างขวางในปัจจุบัน แต่ข้อเสียของวิธีทางเคมี ได้แก่ คุณภาพในการผลิตจะควบคุมยาก เครื่องมือที่ใช้ถูกกัดกร่อนอันเนื่องมาจากสารเคมีที่เข้มข้นและประการสำคัญคือเรื่องสิ่งแวดล้อม ดังนั้นนักวิจัยหลายท่านและผู้ประกอบการอุตสาหกรรมการผลิตไคโตซานพยายามที่จะคิดค้นหาวิธีการผลิตที่ใช้สภาวะที่ ไม่รุนแรงนัก แต่ให้คุณภาพผลิตภัณฑ์ไคโตซานตามต้องการ

การสกัดไคโตซานจากไคติน สามารถทำได้โดยการแช่ไคตินในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ หรือ โปตัสเซียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น (40-50%) ที่อุณหภูมิ 100°C หรือสูงกว่าทำให้หมู่อะซิทิลบางส่วนหรือทั้งหมดจะถูกดึงออกจากโพลิเมอร์ (Muzzarelli, 1977)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตไคโตซาน ได้แก่ อุณหภูมิ ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา ความเข้มข้น ของด่าง สภาวะในการผลิตไคติน บรรยากาศและอัตราส่วนของไคตินต่อสารละลายด่างเข้มข้น ซึ่งรายละเอียดมีดังนี้

**2.4.2.1 ผลของอุณหภูมิต่อปฏิกิริยาดึงหมู่อะซิทิล (Deacetylation)** (อ้างอิงโดย No และ Meyers, 1997)

เมื่อกล่าวถึงอิทธิพลของอุณหภูมิต่ออัตราเร็วในการเกิดปฏิกิริยาการดึงหมู่อะซิทิลนั้น Lusena และ Rose (1953) พบว่า อุณหภูมิสูงทำให้เปอร์เซ็นต์การดึงหมู่อะซิทิลเพิ่มขึ้น แต่ขนาดโมเลกุลจะลดลง นอกจากนี้ Peniston และ Johnson (1980) อธิบายความสัมพันธ์ที่เป็นเส้นตรงระหว่างส่วนกลับของอุณหภูมิและลอกการิทึมของอัตราการเกิดปฏิกิริยา

**2.4.2.2 ผลของระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาดึงหมู่อะซิทิลและความเข้มข้นของด่าง**

Wu และ Bough (1978) ทำการทดลองโดยแช่ไคตินใน 50% NaOH ที่ 100°C และพบว่า ปฏิกิริยากำจัดหมู่อะซิทิลจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง 1 ชั่วโมงแรก โดยมีระดับการกำจัดหมู่อะซิทิล (degree of deacetylation, %DD) ประมาณ 68% และอัตราการเกิดปฏิกิริยาจะช้าลง ซึ่งค่า DD เท่ากับ 78% หลังแช่ไคตินในโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น เป็นเวลา 5 ชั่วโมง ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงสรุปว่า ที่สภาวะดังกล่าว การเกิดปฏิกิริยากำจัดหมู่อะซิทิลจะใช้เวลาประมาณ 2 ชั่วโมง ซึ่งหากแช่ในด่างเข้มข้นนานกว่านั้นไม่ทำให้ %DD เพิ่มมากขึ้น แต่จะทำให้สายโซ่ของไคโตซานสั้นลง (อ้างอิงโดย No และMeyers, 1997)

Lertsutthiwong และคณะ (2002) พบว่า ปฏิกิริยาการดึงหมู่อะซิทิลสามารถทำได้ที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งจากการทดลองให้ผลในทิศทางเดียวกับ Wu และ Bough (1978) โดยพบว่าเมื่อแช่ไคติน ใน 50% NaOH ที่อุณหภูมิ 40°C ปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง 3 วันแรก โดยค่า DD ที่ได้ประมาณ 75% อย่างไรก็ตาม DD จะเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย เมื่อเพิ่มระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา นอกจากนี้คณะผู้วิจัยยังรายงานเพิ่มเติมว่า การผลิตไคโตซานที่อุณหภูมิต่ำเพื่อให้ได้ DD อย่างน้อย 85% สามารถกระทำได้ โดยการทำปฏิกิริยากำจัดหมู่อะซิทิล 2 ครั้ง (double deacetylation) ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับRoberts (1997); Chinadit และคณะ (1998)

อย่างไรก็ตามปฏิกิริยาการกำจัดหมู่อะซิทิลโดยใช้ความเข้มข้นของ NaOH ที่ต่ำเกินไปจะมีผลต่อการละลายของไคโตซานในสารละลายกรดอ่อน ซึ่ง Alimuniar และ Zainuddin (1992) อ้างอิงโดย No และ Meyers (1997) พบว่า
ไคโตซานที่ผลิตจากกระบวนการที่ใช้สารละลายด่างที่มีความเข้มข้น ต่ำกว่า 45% ไม่สามารถละลายในกรดอ่อน แม้ว่าจะแช่ไคตินในด่างนานถึง 30 วัน

เอกสารนี้เป็นของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

**2.4.2.3 ผลของสภาวะในช่วงการผลิตไคติน**

กระบวนการแยกแร่ธาตุในขั้นตอนการผลิตไคตินนั้นมีผลต่อขนาดโมเลกุลของไคโตซาน (Myint และคณะ, 2002) ซึ่งต่อมามีผู้ค้นพบว่าหากทำการแยกแร่ธาตุด้วยกรดเกลือเจือจางที่มี pH ไม่ต่ำกว่า 3 จะได้ผลิตภัณฑ์ไคโตซานที่มีความหนืดสูง นอกจากนี้ความหนืดของไคโตซานจะลดลงเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการแยกแร่ธาตุ (Moorjani และคณะ, 1975 อ้างอิงโดย No และ Meyers, 1997; Lertsutthiwong และคณะ, 2002) นอกจากนี้ขั้นตอนการดึงโปรตีนออกไม่ว่าจะด้วยวิธีทางเคมีหรือการใช้เอนไซม์ก็มีผลต่อความหนืดของไคโตซาน

นอกจากนี้ Lertsutthiwong และคณะ (2002) พบว่า กระบวนการผลิตไคโตซานที่เริ่มจากกระบวนการแยกแร่ธาตุก่อนกระบวนการแยกโปรตีนจะให้ไคโตซานที่มีความหนืดสูงกว่าไคโตซานที่ผลิตจากกระบวนการที่เริ่มต้นด้วยการแยกโปรตีนและตามด้วยการแยกแร่ธาตุ

**2.4.2.4 อัตราส่วนของไคตินต่อสารละลายด่าง**

ในระหว่างการเกิดปฏิกิริยาการกำจัดหมู่อะซิทิล การกวนอย่างทั่วถึงมีความจำเป็นอย่างมากเพื่อให้ปฏิกิริยาเกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอ Benjakul และ Wisitwuttikul (1994) พบว่าอัตราส่วนของไคตินและสารละลายด่างที่สูงกว่า 1:10 ไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดหมู่อะซิทิลของไคติน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.4.2.5 ผลของขนาดวัตถุดิบ**

Bough และคณะ (1978) อ้างอิงโดย No และ Meyers (1997) ทำการตรวจสอบผลของขนาดวัตถุดิบต่อคุณภาพของไคโตซาน ซึ่งผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า วัตถุดิบที่มีขนาดเล็กประมาณ 1 มิลลิเมตร จะให้ผลิตภัณฑ์ไคโตซานที่มีความหนืดและน้ำหนักโมเลกุลที่สูงกว่า วัตถุดิบที่มีขนาด 2 และ 6.4 มิลลิเมตร แม้ว่าองค์ประกอบของไนโตรเจนและเถ้าจะเหมือนกัน นอกจากนี้ยังพบว่าไคตินที่มีขนาดใหญ่กว่า ต้องการระยะเวลาในการบวมตัว (swelling time) ที่นานกว่า ส่งผลให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาการดึงหมู่อะซิทิลช้ากว่า ในทางตรงกันข้าม Lusena และ Rose (1953) อ้างอิงโดย No และ Meyers(1997) รายงานว่า ขนาดของไคติน ประมาณ 20–80 mesh ไม่มีผลต่อปฏิกิริยากำจัดหมู่อะซิทิลและความหนืดของสารละลายไคโตซาน

จากข้อมูลต่างๆ ข้างต้นทำให้ทราบว่า สมบัติของไคตินและไคโตซานที่ได้แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับ เทคนิค วิธีการผลิต ชนิดของสารเคมี ความเข้มข้นและอัตราส่วนในการใช้ โดยตารางที่ 2.2 และ 2.3 แสดงตัวอย่างของกรรมวิธีการผลิตและสมบัติไคติน-ไคโตซาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.2 การผลิตและสมบัติของไคติน**

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.2 การผลิตและสมบัติของไคติน ( ต่อ )**

| วิธีการผลิต/ สภาวะและเทคนิค | สมบัติของไคติน | เอกสารอ้างอิง |
|---|---|---|
| นำแกนปลาหมึกมาทำปฏิกิริยา กับ 1 โมลาร์ NaOH เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง | ความชื้น = 8.5%<br>เถ้า = 0.5%<br>โปรตีน < 2%<br>%DD = 10%<br>Crystallinity = 62%<br>น้ำหนักโมเลกุล = 1.35 * 106 g/mol | Domard และ Chaussard (2002) |
| เติมเอนไซม์ protease ลงในเปลือกกุ้งบด ที่อุณหภูมิ 50°C, pH 6 - 7 และทิ้งให้ทำปฏิกิริยานาน 3 ชั่วโมง ก่อนที่จะผ่านกระบวนการทางเคมีเพื่อผลิตเป็นไคติน | Yield = 1.35-1.96% (wet weight)<br>ความชื้น = 7.0%<br>โปรตีน = 0.27-0.93%<br>ไนโตรเจน = 6.1%<br>น้ำมัน = 0.3% | Bhuwapathapun (1996) |

**ที่มา : ศูนย์ชีวภาพไคติน-ไคโตซาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.3 การผลิตและสมบัติของไคโตซาน**

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.3 การผลิตและสมบัติของไคโตซาน ( ต่อ )**

| วิธีการผลิต/ สภาวะและเทคนิค | สมบัติของไคโตซาน | เอกสารอ้างอิง |
|---|---|---|
| | เปลือกกุ้งสด 100 กิโลกรัม จะได้<br>ไคตินแห้ง ≈ 6 กิโลกรัม<br>ไคโตซานแห้ง ≈ 4 กิโลกรัม<br>สมบัติของไคโตซาน:<br>ความชื้น = 8-10%<br>โปรตีน < 1%<br>เถ้า = 1%<br>%DD > 90%<br>ความหนืด = 500 cps.<br>น้ำหนักโมเลกุล = 1-1.5 x 106 ดาลตัน | Aye และคณะ (2002) |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.3 การผลิตและสมบัติของไคโตซาน ( ต่อ )**

| วิธีการผลิต/ สภาวะและเทคนิค | สมบัติของไคโตซาน | เอกสารอ้างอิง |
|---|---|---|
| ไคตินที่ได้จากการบวนการทาง ชีวภาพโดยการใช้เอนไซม์ protease ร่วมกับกระบวนการทางเคมีมาทำปฏิกิริยากับ 50% NaOH ที่อุณหภูมิ 140 - 145°C นาน 10 นาที | Yield = 1.12-1.63%<br>ความชื้น = 6.8%<br>โปรตีน = 0.25-0.33%<br>ไนโตรเจน = 7.6%<br>น้ำมัน = 0.57%<br>ความหนืด = 978-1416 cps.<br>(หมายเหตุ: 140°C เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสม) | Bhuwapathapun (1996) |
| นำเชื้อรามาเติม Sodium borohydride & NaOH เจือจาง และทำการฆ่าเชื้อที่ 121°C นาน 15 นาที จากนั้นนำส่วนที่ไม่ละลายมาเติม 2% กรดอะซิติก และนำสารละลายที่ได้มาตกตะกอนไคโตซานด้วยด่างเจือจาง | *Gongronella butleri* USDB 0201 เป็นสายพันธุ์ที่เหมาะกับการนำมาสกัดไคโตซาน เนื่องจากให้ yield มากและน้ำหนักโมเลกุลสูง | Tan และคณะ (1996) |

**ที่มา : ศูนย์ชีวภาพไคติน-ไคโตซาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 3

# วัตถุดิบ สารเคมี และอุปกรณ์การทดลอง

## 3.1 วัตถุดิบ

มะละกอผลพันธุ์ฮอลแลนด์ที่ได้จากตลาดไท ( ตลาดขายส่งสินค้าเกษตรครบวงจรในจังหวัดปทุมธานี ) เป็นมะละกอที่ได้มาจากสวนเดียวกันและมีการเก็บเกี่ยวผลมะละกอพร้อมกัน อายุของผลมะละกอตั้งแต่เริ่มออกดอกจนถึงเก็บเกี่ยวผลมะละกอได้ ใช้เวลา 4-5 เดือน โดยเก็บเกี่ยวผลมะละกอในขณะที่ ผลมะละกอมีสีเขียวปนเหลือง คัดเลือกผลมะละกอที่มีขนาดของผลใกล้เคียงกัน ไม่มีการบอบช้ำหรือเสียหายจากแมลงศัตรูพืช ไม่เกิดโรค และไม่เสียหายอันเนื่องมาจากสภาพภายนอก ล้างทำความสะอาดผลมะละกอด้วยน้ำสะอาด ถ้ามียางมะละกอติดอยู่ให้ใช้ฟองน้ำชื้นๆ เช็ดออก แบ่งมะละกอออกเป็น 8 ชุด ชุดละ 3 ผล ตรวจดูความเรียบร้อยของผลมะละกอในแต่ละชุดเป็นครั้งสุดท้าย

## 3.2 สารเคมีและอุปกรณ์

### 3.2.1 สารเคมี

3.2.1.1 ไคโตซานความเข้มข้น 1% จำนวน 1 ลิตร ( จาก หจก. สินวัฒนา จ. ปทุมธานี )

3.2.1.2 ไคโตซานความเข้มข้น 1.5% จำนวน 1 ลิตร ( จาก หจก. สินวัฒนา จ. ปทุมธานี )

3.2.1.3 ไคโตซานความเข้มข้น 2% จำนวน 1 ลิตร ( จาก หจก. สินวัฒนา 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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**3.2.3 สถานที่ทำการทดลอง**

ห้องปฏิบัติการ อาคารเจ้าคุณทหาร ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

**3.3 วิธีการทดลอง**

**3.3.1 การเคลือบฟิล์มที่ผิวมะละกอด้วยสารละลายไคโตซาน**

1) แบ่งผลมะละกอออกเป็น 8 ชุด ชุดละ 3 ผล

2) นำผลมะละกอชุดที่ 1 ชั่งน้ำหนัก วัดค่าการเปลี่ยนแปลงสี เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

3) นำผลมะละกอชุดที่ 2 ชั่งน้ำหนัก วัดค่าการเปลี่ยนแปลงสี เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

4) นำผลมะละกอชุดที่ 3 จุ่มชุบสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 1% เป็นเวลา 20 วินาที รอจนฟิล์มแห้ง ชั่งน้ำหนัก วัดค่าการเปลี่ยนแปลงสี เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

5) นำผลมะละกอชุดที่ 4 จุ่มชุบสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 1.5% เป็นเวลา 20 วินาที รอจนฟิล์มแห้ง ชั่งน้ำหนัก วัดค่าการเปลี่ยนแปลงสี เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

6) นำผลมะละกอชุดที่ 5 จุ่มชุบสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 2% เป็นเวลา 20 วินาที รอจนฟิล์มแห้ง ชั่งน้ำหนัก วัดค่าการเปลี่ยนแปลงสี เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

7) นำผลมะละกอชุดที่ 6 จุ่มชุบสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 1% เป็นเวลา 20 วินาที รอจนฟิล์มแห้ง ชั่งน้ำหนัก วัดค่าการเปลี่ยนแปลงสี เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

8) นำผลมะละกอชุดที่ 7 จุ่มชุบสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 1.5% เป็นเวลา 20 วินาที รอจนฟิล์มแห้ง ชั่งน้ำหนัก วัดค่าการเปลี่ยนแปลงสี เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

9) นำผลมะละกอชุดที่ 8 จุ่มชุบสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 2% เป็นเวลา 20 วินาที รอจนฟิล์มแห้ง ชั่งน้ำหนัก วัดค่าการเปลี่ยนแปลงสี เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

10) ชั่งน้ำหนักและวัดค่าการเปลี่ยนแปลงสี ทุก 3 - 4 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**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

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่4
# ผลการทดลองและวิจารณ์

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

จากผลการทดลองพบว่าค่าการเปลี่ยนแปลงของสีในการทดลองนี้มีค่าที่ไม่สม่ำเสมอ อาจเนื่องจากว่ามะละกอนั้นมีการสุกที่ไม่สม่ำเสมอในลูกเดียวกันนั่นเองจึงทำให้การเปลี่ยนแปลงสีมีค่าที่ไม่คงที่ด้วยเช่นกัน ดังแสดงในตารางที่ 4.1 ,4.2 และภาพที่ 4.1 และ4.2

| วันที่ | ไม่เคลือบไคโตซาน | เคลือบไคโตซาน 1.0% | เคลือบไคโตซาน 1.5% | เคลือบไคโตซาน 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] |

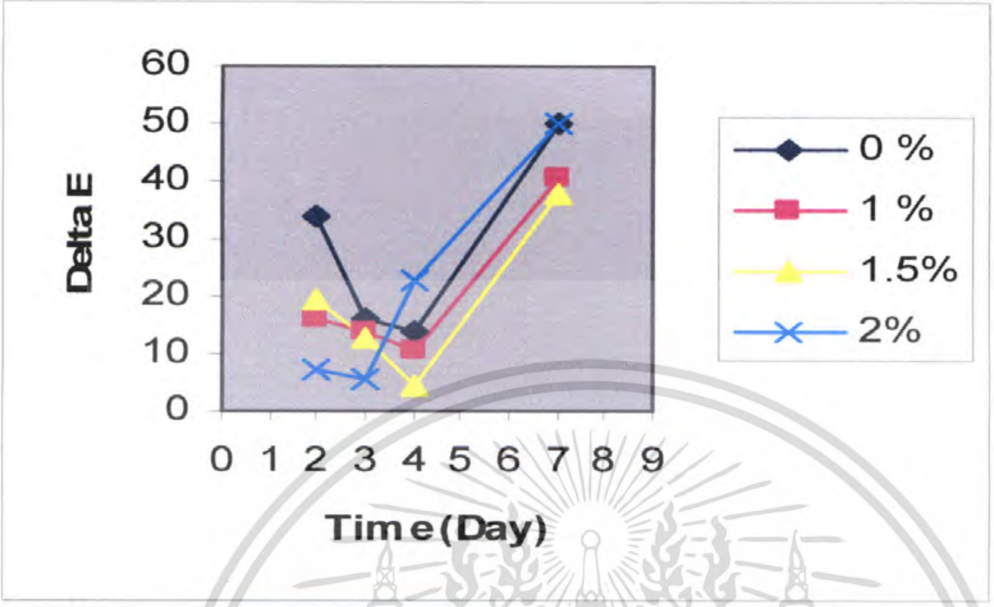
**ตารางที่ 4.1** แสดงค่าการเปลี่ยนแปลงสี (ΔE) ของมะละกอที่เคลือบไคโตซาน 0% ,1% ,1.5% และ 2% ที่อุณหภูมิการเก็บรักษา 30 °C นานประมาณ 7 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

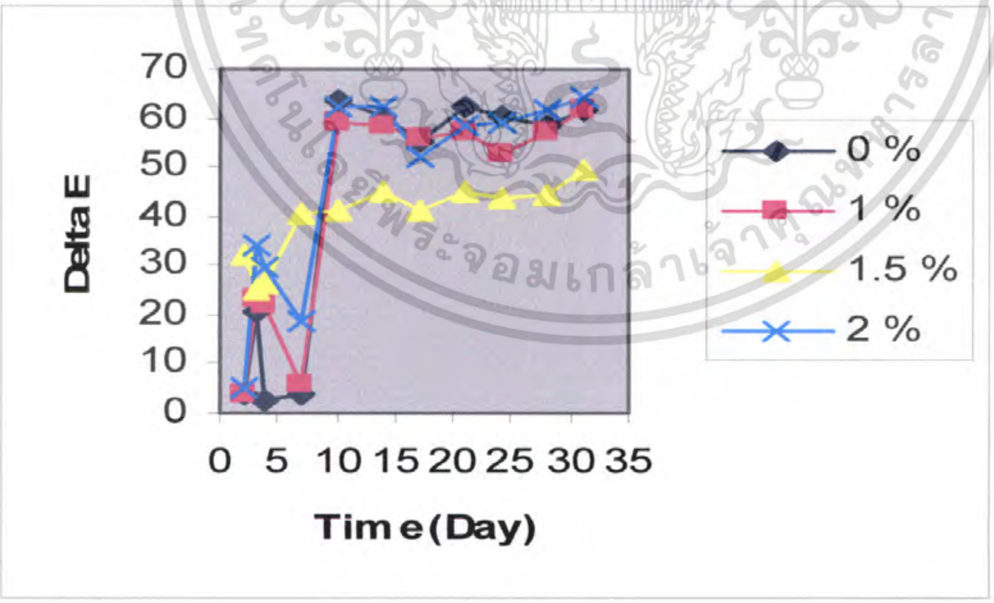
| วันที่ | ไม่เคลือบไคโตซาน | เคลือบไคโตซาน 1.0% | เคลือบไคโตซาน 1.5% | เคลือบไคโตซาน 2.0% |
|---|---|---|---|---|
| 2 | $4.15^{b}$ | $4.14^{a}$ | $32.04^{d}$ | $4.91^{c}$ |
| 3 | $20.86^{a}$ | $22.82^{b}$ | $25.01^{c}$ | $34.11^{d}$ |
| 4 | $2.47^{a}$ | $22.1^{5b}$ | $26.27^{c}$ | $29.32^{d}$ |
| 7 | $3.59^{a}$ | $5.57^{b}$ | $40.41^{c}$ | $18.62^{d}$ |
| 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 ($\Delta E$) ของมะละกอที่เคลือบไคโตซาน 0% ,1% ,1.5% และ 2% ที่อุณหภูมิการเก็บรักษา 4 $^{\circ}C$ นานประมาณ 31 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**ภาพที่4.1** กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการเปลี่ยนแปลงสี ($\Delta$E) และวันที่เก็บรักษาของมะละกอที่เคลือบไคโตซาน 0% ,1% ,1.5% และ 2% ณ. อุณหภูมิ 30 °C




**ภาพที่4.2** กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการเปลี่ยนแปลงสี($\Delta$E)และวันที่เก็บรักษาของมะละกอที่เคลือบไคโตซาน 0% ,1% ,1.5% และ 2% ณ. อุณหภูมิ 4 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

จากการทดลองพบว่าค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของมะละกอมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้นดังแสดงในตารางที่ 4.3 และ4.4 และภาพที่4.3 และ 4.4 ทั้งมะละกอที่ไม่เคลือบไคโตซานและที่เคลือบไคโตซานทั้งสามระดับ ในทั้งอุณหภูมิ 4 °C และ 30 °C

| วันที่ | ไม่เคลือบไคโตซาน (%) | เคลือบไคโตซาน 1.0% (%) | เคลือบไคโตซาน 1.5% (%) | เคลือบไคโตซาน 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] |

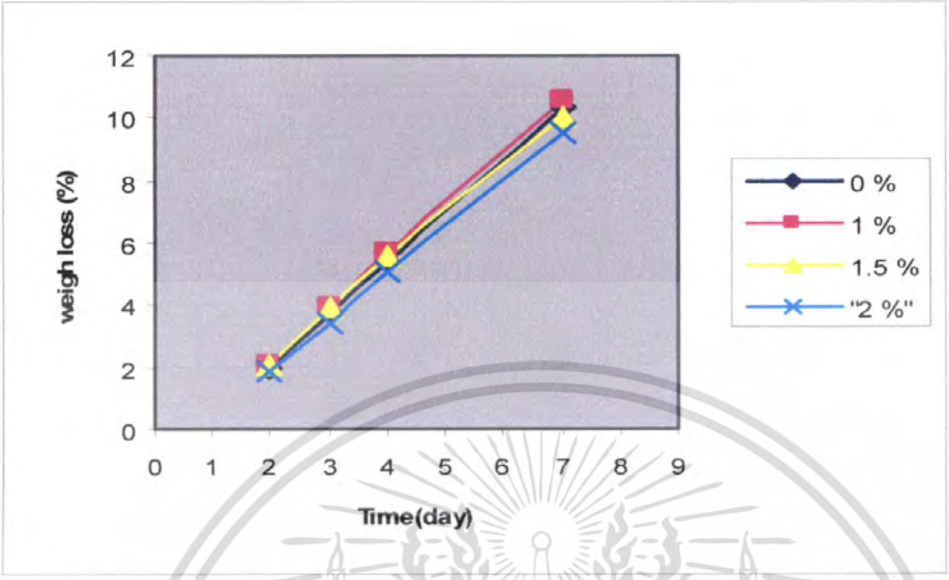
**ตารางที่ 4.3** แสดงอัตราการสูญเสียน้ำหนักของมะละกอที่เคลือบไคโตซาน 0% ,1% ,1.5% และ 2% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

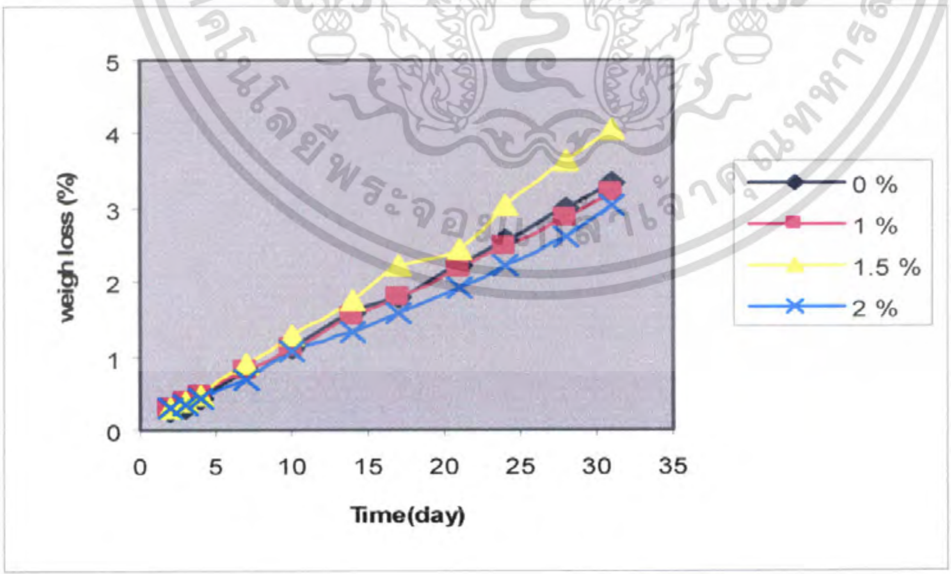
| วันที่ | ไม่เคลือบไคโตซาน (%) | เคลือบไคโตซาน 1.0% (%) | เคลือบไคโตซาน 1.5% (%) | เคลือบไคโตซาน 2.0% (%) |
|---|---|---|---|---|
| 2 | 0.24[a] | 0.32[b] | 0.32[b] | 0.29[ab] |
| 3 | 0.31[a] | 0.39[b] | 0.38[b] | 0.33[a] |
| 4 | 0.43[ab] | 0.48[b] | 0.45[ab] | 0.41[a] |
| 7 | 0.83[bc] | 0.81[b] | 0.89[c] | 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** แสดงอัตราการสูญเสียน้ำหนักของมะละกอที่เคลือบไคโตซาน 0% ,1% ,1.5% และ2% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




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




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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

วันที่ 1

วันที่ 7

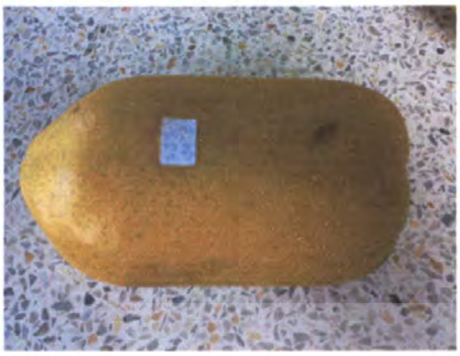
**ภาพที่ 4.5** แสดงผลของมะละกอที่เคลือบสารละลายไคโตซาน 0 % ที่อุณหภูมิ 30 °C

วันที่ 1

วันที่ 7

**ภาพที่ 4.6** แสดงผลของมะละกอที่เคลือบสารละลายไคโตซาน 1 % ที่อุณหภูมิ 30 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



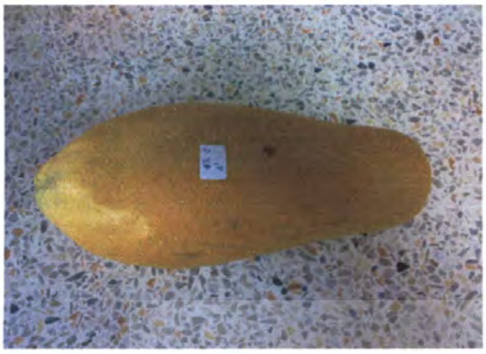
วันที่ 1 วันที่ 7

**ภาพที่ 4.7** แสดงผลของมะละกอที่เคลือบสารละลายไคโตซาน 1.5 % ที่อุณหภูมิ 30 °C

วันที่ 1 วันที่ 7

**ภาพที่ 4.8** แสดงผลของมะละกอที่เคลือบสารละลายไคโตซาน 2.0 % ที่อุณหภูมิ 30 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



วันที่ 1

วันที่ 31

**ภาพที่ 4.9** แสดงผลของมะละกอที่เคลือบสารละลายไคโตซาน 0 % ที่อุณหภูมิ 4 °C

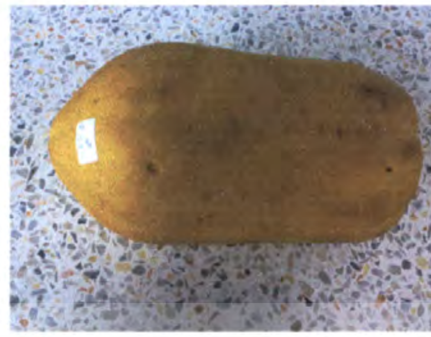
วันที่ 1

วันที่ 31

**ภาพที่ 4.10** แสดงผลของมะละกอที่เคลือบสารละลายไคโตซาน 1 % ที่อุณหภูมิ 4 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันที่ 1



วันที่ 31

**ภาพที่ 4.11** แสดงผลของมะละกอที่เคลือบสารละลายไคโตซาน 1.5 % ที่อุณหภูมิ 4 °C

วันที่ 1

วันที่ 31

**ภาพที่ 4.12** แสดงผลของมะละกอที่เคลือบสารละลายไคโตซาน 2 % ที่อุณหภูมิ 4 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# 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% เละ 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 ($P < 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# เอกสารอ้างอิง


จริงแท้ ศิริพานิช. 2541. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. พิมพ์ครั้งที่ 2 สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 396 หน้า.

จิราพร สมนึก. 2548. ผลของไคโตซานต่ออายุการเก็บรักษาส้มโชกุน. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี.สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร. สำนักวิชาอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง . เชียงราย.

ดุษฎี ศรีเจริญ และ เอกขจิตร ลิ้มพันธ์พิพัฒน์. 2547. การยืดอายุการเก็บรักษามังคุดด้วยฟิล์มที่รับประทานได้. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร. โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ.

ปิยะฉัตร ยิ้มแย้ม. 2548. ผลของการเคลือบไคโตซานต่ออายุการเก็บรักษาของไข่. สัมมนาปริญญาตรี. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร. โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ.

พัชรี ผลกิจ และ มาลินี จำปีพันธุ์. 2546. การยืดอายุการเก็บรักษากล้วยหอมโดยการเคลือบด้วยไคโตซาน. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร. โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ.

ภาวดี เมธะคานนท์. 2544. ความรู้เกี่ยวกับไคติน-ไคโตซาน. ศูนย์เทคโนโลยีโลหะวัสดุแห่งชาติ. 10 หน้า.

รัฐ พิชญางกูร. 2543. คุณสมบัติและกลไกการทำงานของสารไคติน-ไคโตซาน ที่สามารถช่วยเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร. ภาควิชาชีวเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 4 หน้า.

ศศิกาญจน์ 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


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# 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.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ก

**วิธีคำนวณหาค่าความแตกต่างของสี ($\Delta$E) และ % weight loss**

1. การคำนวณหาค่าความแตกต่างของสี ($\Delta$E)

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

$\Delta L = L - L_R$ ; $L_R$ คือ วันที่เก็บรักษาวันที่ 1

$\Delta a = a - a_R$ ; $a_R$ คือ วันที่เก็บรักษาวันที่ 1

$\Delta b = b - b_R$ ; $b_R$ คือ วันที่เก็บรักษาวันที่ 1

2.การคำนวณหา % weight loss

$$\% \text{ weight loss} = \frac{(\text{น.น.มะละกอของวันที่เก็บรักษาวันที่ 1} - \text{น.น.มะละกอวันตรวจสอบ}) \times 100}{\text{น.น.ของมะละกอของวันที่เก็บรักษาวันที่ 1}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# 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.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**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 ($\Delta$E) 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.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**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.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**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.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**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.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**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.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**WDAY3**

Duncan[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.

**WDAY4**

Duncan[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.

**WDAY7**

Duncan[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.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**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.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**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.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**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.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**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.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ประวัติผู้เขียน

นางสาววรลักษณ์ โมพีชาติ เกิดวันที่ 21 พฤษภาคม พ.ศ. 2527 ที่จังหวัดอุบลราชธานี สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมตอนปลายจากโรงเรียนเบญจะมะมหาราช 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 สำเร็จการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย จังหวัดลพบุรี ในปี พ.ศ. 2547 สำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาตรี (วท.บ) สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง(สจล.) ในปี พ.ศ. 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้