สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

# ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

## ผลของการลวกและสารเคลือบเจลาตินที่มีต่อคุณภาพของสาลี่ตัดแต่ง

## Effects of Blanching and Gelatin Coating on Qualities of Fresh Cut Pear

โดย

นางสาวมัญชุมาศ ฤกษ์มงคล รหัสนักศึกษา 47040880

นางสาวศศิธร ลี้ภัยรีเวส รหัสนักศึกษา 47040893

สาขา วิศวกรรมแปรรูปอาหาร

อาจารย์ที่ปรึกษา

ปพ.
ม322ผ
2550

ผศ.ดร. พอใจ ถามากร

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 85405
วัน,เดือน,ปี 11 พ.ย. 2551

b 12010145
i.....

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ใบรับรองปัญหาพิเศษ

## เรื่อง

ผลของการลวกและสารเคลือบเจลาตินที่มีต่อคุณภาพของสาลี่ตัดแต่ง

Effects of Blanching and Gelatin Coating on Qualities of Fresh Cut Pear

## จัดทำโดย

นางสาวมัญชุมาศ ฤกษ์มงคล รหัสนักศึกษา 47040880

นางสาวศศิธร ลี้ภัยรีเวส รหัสนักศึกษา 47040893

**ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก**

..... ...19/ธ.ค./57... **อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ**

**( ผศ.ดร. พอใจ ถามากร )**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นางสาวมัญชุมาศ ฤกษ์มงคล และ นางสาวศศิธร ลี้ภัยรีเวส : ผลของการลวกและการเคลือบเจลาตินที่มีต่อคุณภาพของสาลี่ตัดแต่ง (Effects of Blanching and Gelatin Coating on Qualities of Fresh Cut Pear). สาขาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร
คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง
ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาผศ.ดร.พอใจ ถามากร

ในปัจจุบันผลไม้ที่ผ่านการตัดแต่งเป็นทางเลือกหนึ่งในการเลือกบริโภคผลไม้ของผู้บริโภค แต่เนื่องจากการเกิดการเปลี่ยนแปลงได้อย่างรวดเร็วที่มีผลให้คุณภาพไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และกลายเป็นปัญหาสำคัญของผู้ผลิต ดังนั้นจึงทำการทดลองเพื่อค้นหาวิธีรักษาคุณภาพของผลไม้ตัดแต่ง โดยได้เลือกสาลี่เป็นตัวแทนของผลไม้ตัดแต่ง และเลือกวิธีการรักษาคุณภาพโดยการให้ความร้อนอ่อนๆ จากการลวกในน้ำอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 9 นาที ซึ่งมุ่งผลไปที่การยับยั้งแอคทิวิตี้ของเอนไซม์ และใช้วิธีการเคลือบด้วยฟิล์มที่บริโภคได้ โดยการเลือกใช้สารละลายเจลาตินเข้มข้น 8% เป็นสารในการเคลือบ แล้วแบ่งกลุ่มตัวอย่างการทดลองเป็น 4 กลุ่ม คือกลุ่มที่ไม่ผ่านการลวกและไม่ผ่านการเคลือบ (NB-NC) เป็นกลุ่มควบคุม กลุ่มตัวอย่างที่ 1 ไม่ลวกแต่ผ่านการเคลือบ (NB-C) กลุ่มตัวอย่างที่ 2 ผ่านการลวกแต่ไม่เคลือบ (B-NC) และกลุ่มตัวอย่างที่ 3 ผ่านทั้งการลวกและการเคลือบ (B-C)

การวิเคราะห์คุณภาพชิ้นสาลี่ตัดแต่งจะทำการวิเคราะห์จาก การหาค่าการสูญเสียน้ำหนัก ลักษณะเนื้อสัมผัส ปริมาณกรดที่ได้จากการไทเทรต ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด การหาค่าแอคทิวิตี้ของเอนไซม์และการเกิดสีน้ำตาลของชิ้นสาลี่ โดยทำการเก็บเป็นเวลา 8 วันแล้วทำการวิเคราะห์ทุกๆ 2 วัน พบว่าการเคลือบด้วยสารละลายเจลาตินสามารถลดการสูญเสียน้ำหนักได้แต่ทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสนิ่มลง ผลทางการลวกพบว่า การลวกทำให้อุณหภูมิภายในลูกสาลี่ไม่สูงพอที่จะยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ POD ได้ มีผลให้ไม่สามารถยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลได้ สำหรับปริมาณกรดที่ได้จากการไทเทรตและปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีแนวโน้มที่ลดลงในทุกกลุ่มตัวอย่าง และลดลงไม่ต่างกันมากนักในแต่ละกลุ่มตัวอย่าง ดังนั้นในการรักษาคุณภาพของสาลี่ที่ผ่านการตัดแต่งแล้วจำเป็นต้องทำการศึกษาต่อไป เพื่อให้ได้ผลเป็นที่น่าพอใจและสามารถเก็บสาลี่ที่ผ่านการตัดแต่งแล้วได้นานขึ้นโดยคุณภาพยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคได้

มัญชุมาศ ฤกษ์มงคล
.....
นางสาวมัญชุมาศ ฤกษ์มงคล

ศศิธร ลี้ภัยรีเวส
.....
นางสาวศศิธร ลี้ภัยรีเวส

.....
ผศ.ดร.พอใจ ถามากร

19 มี.ค. 51
.....
วัน/เดือน/ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# กิตติกรรมประกาศ

การทำปัญหาพิเศษเรื่องผลของการลวกและการเคลือบเจลาตินที่มีต่อคุณภาพของสาลี่ตัดแต่ง (Effects of Blanching and Gelatin Coating on Qualities of Fresh Cut Pear) สามารถสำเร็จผ่านไปได้ด้วยดี ทางคณะผู้จัดทำต้องกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.พอใจ ถามากร เป็นอย่างสูง ทั้งจากการให้ทุนค่าผลไม้ที่ใช้ในการทดลอง และจากการให้คำแนะนำติชมต่างๆ ตลอดจนตรวจทานแก้ไขการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ตั้งแต่ต้นจนสำเร็จลุล่วงได้ดี

ขอบคุณนางสาวธิดา และนางสาววันทนีย์ รวมทั้งเพื่อนๆทุกคนที่ให้กำลังใจ ให้คำแนะนำ และน้ำใจเล็กๆน้อยๆในการให้ใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ทำให้การทดลองผ่านสำเร็จไปได้อย่างรวดเร็วและทันตามกำหนดเวลา ขอบคุณครอบครัวที่คอยถามไถ่เพื่อกระตุ้นให้มีความตั้งใจและทำปัญหาพิเศษผ่านพ้นไปได้ด้วยดี

นางสาวมัญชุมาศ ฤกษ์มงคล
นางสาวศศิธร ลี้ภัยรีเวส
มีนาคม 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ.....ก
กิตติกรรมประกาศ.....ข
สารบัญ.....ค
สารบัญตาราง.....ง
สารบัญรูป.....จ
บทที่ 1 บทนำ.....1
บทที่ 2 วารสารนิทัศน์.....3
2.1 สาลี่.....3
2.2 คุณภาพของผลไม้.....5
2.3 การเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบทางเคมีระหว่างการเก็บรักษา.....8
2.4 ฟิล์มที่รับประทานได้ (Edible film).....11
2.5 เจลาติน (gelatin).....13
2.6 การลวก.....15
บทที่ 3 วิธีการทดลอง.....18
3.1 วัสดุและอุปกรณ์.....18
3.2 สารเคมี.....18
3.3 กลุ่มตัวอย่างการทดลอง.....19
3.4 วิธีการทดลอง.....19
บทที่ 4 ผลการทดลอง.....21
4.1 การสูญเสียน้ำหนัก (Weight loss).....21
4.2 ลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture).....23
4.3 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (Titratable Acidity).....25
4.4 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (Total Soluble Solid).....27
4.5 ปริมาณเอนไซม์ POD (Peroxides Activity).....29
4.6 การเกิดสีน้ำตาล (Color).....31
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....33
เอกสารอ้างอิง.....34
ภาคผนวก.....36
ภาคผนวก ก.....37
ภาคผนวก ข.....41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 4.1 แสดงการสูญเสียน้ำหนักของสาลี่ตัดแต่ง.....21
ตารางที่ 4.2 แสดงเนื้อสัมผัสของสาลี่ตัดแต่ง.....23
ตารางที่ 4.3 แสดงปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (Titratable Acidity).....25
ตารางที่ 4.4 แสดงปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ของสาลี่ตัดแต่ง.....27
ตารางที่ 4.5 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดสของสาลี่ตัดแต่ง.....29
ตารางที่ 4.6 ตารางแสดงค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาลของสาลี่ตัดแต่ง.....31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 4.1 กราฟแสดงการสูญเสียน้ำหนักของสาลี่ตัดแต่ง.....22
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงเนื้อสัมผัสของสาลี่ตัดแต่ง.....23
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงปริมาณกรดมาลิกที่ไทเทรตได้ของสาลี่ตัดแต่ง.....25
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของสาลี่ตัดแต่ง.....27
รูปที่ 4.5 กราฟแสดงค่าการดูดกลืนแสงของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดสของสาลี่ตัดแต่ง.....29
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาลของสาลี่ตัดแต่ง.....31
รูปที่ 1 เครื่อง Texture Analyzer รุ่น TA.XT2i.....37
รูปที่ 2 แสดงสีที่จุดยุติในการไทเทรตหาปริมาณกรด.....38
รูปที่ 3 แสดงรูปเครื่อง centrifuge.....39
รูปที่ 4 แสดงรูปเครื่อง UV-Vis spectrophotometer.....40
รูปที่ 5 แสดงรูปเครื่องมือวัดสี Colorimeter (Minolta CR 400).....40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1
# บทนำ

ในปัจจุบันการดำรงชีวิตของผู้คนโดยเฉพาะผู้ที่อาศัยอยู่ในเมืองใหญ่มีความต้องการความสะดวกสบายเพื่อย่นระยะเวลาในการทำกิจกรรมต่างๆให้รวดเร็วขึ้น ความสะดวกสบายรวดเร็วทางด้านอาหารการกินจึงเป็นอีกเรื่องหนึ่งที่ผู้คนต้องการและให้ความสนใจ อาหารจำพวกฟาสต์ฟู้ดและอาหารปรุงสำเร็จรูปจึงได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว แต่อาหารจำพวกของว่างหรือขนมคบเคี้ยวซึ่งได้รับการเลือกซื้อไปบริโภคเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะในช่วงเวลากลางวันหรือในช่วงเวลาที่ไม่ค่อยมีเวลามากนักนั้น มักมีคุณค่าทางโภชนาการต่ำไม่ค่อยมีประโยชน์ต่อร่างกาย ในขณะที่ผลไม้สดซึ่งมีประโยน์ต่อร่างกายกลับไม่ค่อยได้รับการเลือกซื้อไปบริโภคมากนัก เนื่องจากผลไม้สดต้องล้างและหั่นก่อนจึงรับประทานได้

เพื่อความสะดวกสบายดังที่กล่าวมานั้นจึงมีผลไม้ที่ตัดแต่งเสร็จเรียบร้อยแล้ว และบรรจุให้รับประทานได้ง่ายและรวดเร็วขึ้นออกวางจำหน่าย แต่ก็ไม่ค่อยได้รับความนิยมนักทั้งทางด้านผู้ผลิตและผู้บริโภค เนื่องจากผลไม้ที่ตัดแต่งแล้วมักจะเกิดการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ได้ง่ายขึ้น และเกิดการเสื่อมเสียคุณลักษณะต่างๆซึ่งทำให้ผู้บริโภคไม่ยอมรับในผลิตภัณฑ์ได้อย่างรวดเร็ว คุณลักษณะที่เกิดการเปลี่ยนแปลงให้เห็นได้เด่นชัดได้แก่ การเกิดสีน้ำตาล เนื้อสัมผัสหรือความกรอบของผลไม้ ความเหี่ยวความแห้งความตึงของผิวหน้า เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีเนื่องจากกิจกรรมต่างๆจากการหายใจของผลไม้ และการถูกทำลายของเซลล์จากการตัดแต่ง

โดยสาเหตุหลักของการเกิดการเสื่อมเสียของผลไม้คือ จุลินทรีย์ การหายใจของผลไม้และการทำงานของเอนไซม์ ในที่นี้จะไม่กล่าวถึงการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์เนื่องจากการเก็บรักษาผลไม้ตัดแต่งเหล่านี้มักจะเก็บในสภาวะที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งเป็นสภาวะที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์ แต่การทำงานของเอนไซม์และการหายใจของผลไม้ยังคงเกิดขึ้นได้

ในการทดลองนี้ได้เลือกใช้สาลี่เป็นตัวอย่างการทดลอง และเลือกใช้วิธีการลวกและการเคลือบด้วยสารละลายเจลาตินเนื่องจากเป็นวิธีการที่ง่ายสะดวกและมีค่าใช้จ่ายไม่สูง เหมาะที่จะนำไปใช้ในการยืดอายุการเก็บรักษาผลไม้ตัดแต่งโดยต้นทุนของผู้ผลิตไม่เพิ่มสูงมากไปจนไม่สามารถทำได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ในการทดลองนี้จึงสนใจที่จะศึกษาผลของการใช้ความร้อนจากการลวกร่วมกับการเคลือบด้วยสารละลายเจลาตินเคลือบผลไม้ตัดแต่ง เพื่อช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลไม้ตัดแต่งที่เก็บรักษาในสภาวะที่อุณหภูมิต่ำ โดยมีวัตถุประสงค์ในการทดลอง เพื่อศึกษาผลของการลวกและสารเคลือบ (สารละลายเจลาติน) ที่มีผลต่อคุณภาพของสาลี่ที่ผ่านการตัดแต่ง**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 2
# วารสารปริทัศน์

## 2.1 สาลี่

สาลี่เป็นไม้ผลเขตหนาวในวงศ์ Rosaceae อยู่ในสกุล *Pyrus* แบ่งออกเป็น 2 พวกคือ สาลี่ยุโรป (European Pear: *Pyrus communis* L.)ซึ่งมีเปลือกสีเขียวเนื้อนุ่ม และสาลี่เอเชีย (Asian Pear: *P. pyrifolia* ) ซึ่งมีเปลือกสีเหลืองเนื้อกรอบ สาลี่ที่ปลูกเป็นการค้าในประเทศไทยเป็นชนิดสาลี่เอเชีย เนื่องจากมีบางพันธุ์ที่ไม่ต้องการความหนาวเย็นยาวนาน สามารถปลูกได้ในสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย โดยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ได้เริ่มทดลองปลูกในประเทศไทยครั้งแรกในปี พ . ศ . 2508 ต่อมาโครงการหลวงได้วิจัยและพัฒนา และส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกเป็นอาชีพในปี พ . ศ . 2520 จนกระทั่งปัจจุบัน แหล่งปลูกที่สำคัญได้แก่ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่แฮ อ่างขาง แม่ปูน หลวงและวัดจันทร์

สาลี่เป็นไม้ยืนต้นขนาดกลาง ทรงต้นโดยธรรมชาติจะสูงชะลูดเป็นทรงปิระมิด ใบหนาเขียวเข้ม มีรูปร่างหลายแบบคือ รูปกลม รูปไข่หรือคล้ายใบโพธิ์ เมื่อเข้าสู่ฤดูหนาวประมาณเดือนพฤศจิกายน ต้นจะทิ้งใบและพักตัวต่อมาจะแตกใบใหม่พร้อมกับการออกดอก เมื่อพ้นจากการพักตัวในเดือนกุมภาพันธ์ ตาดอกสาลี่เป็นตารวม (mixed bud) คือมีตาดอกและตาใบอยู่ด้วยกัน มี 2 ตาดอกพบที่กิ่ง Spur อยู่บนกิ่งอายุ 2 ปีขึ้นไปและพบตาข้างของกิ่งอายุตั้งแต่ 1 ปีขึ้นไปทั้งนี้แล้วแต่พันธุ์ ตาดอก 1 ตาจะประกอบด้วยดอก 7-8 ดอก กลีบดอกสีขาวเป็นดอกสมบูรณ์เพศ แต่ในบางพันธุ์ต้องการการผสมข้ามจึงจะติดผลได้ดี ผลเป็นแบบ Pome คือเนื้อผลเจริญมาจากฐานรองดอก ผลมีลักษณะแตกต่างกันไป เช่น รูปกลม รูปไข่หรือรูประฆัง ขนาดก็แตกต่างกันด้วย ผลมีตั้งแต่ขนาดเล็กมากจนถึงหนักมากกว่า 1 กิโลกรัม สีของผลมีตั้งแต่เขียวอมเหลือง เหลืองอมเขียว เหลืองและน้ำตาล

สาลี่ที่ปลูกในประเทศไทยมีหลายพันธุ์ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นกลุ่มตามการใช้ประโยชน์ได้ดังนี้

1) สาลี่พันธุ์ดีที่ปลูกเป็นการค้า

1.1 พันธุ์ Yokoyama Wase เป็นพันธุ์ที่นิยมปลูกมากที่สุด เนื่องจากเป็นพันธุ์ที่ต้นแข็งแรง ให้ผลผลิตได้ดี ลักษณะผลกลม สีน้ำตาล น้ำหนักต่อผลประมาณ 300- 1,000 กรัม ลักษณะเนื้อผลกรอบแต่ค่อนข้างหยาบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 พันธุ์ Xiang Sui ผลมีคุณภาพดีกว่าพันธุ์ Yokoyama Wase แต่นิยมปลูกน้อย เนื่องจากผลผลิตต่อต้นค่อนข้างต่ำ ลักษณะผลทรงระฆัง น้ำหนักประมาณ 300- 1,000 กรัม ผลสีเขียวอมเหลือง เนื้อผลละเอียดและกรอบ

1.3 พันธุ์ลูกผสม SH-078 และ SH-085 ทั้ง 2 พันธุ์มีลักษณะใกล้เคียงกันมาก คือผลผลิตมีคุณภาพดี ผลมีสีน้ำตาล น้ำหนักประมาณ 250- 300 กรัม เนื้อผลละเอียด กรอบ ไม่มีลักษณะเป็นทราย รสชาติหวานและมีกลิ่นหอม

2) สาลี่พันธุ์ดีอื่นๆ มีสาลี่พันธุ์อื่นๆ อีกหลายพันธุ์ที่มีอยู่ในประเทศไทย ซึ่งแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือพันธุ์เดิมที่ปัจจุบันไม่นิยมปลูก เช่น Sung Moa, Pathanak และ Pien pu และพันธุ์ที่ใช้ในการวิจัยยังไม่สามารถปลูกเป็นการค้าได้ เช่น Shinseiki และ Shing Sing เป็นต้น

3) สาลี่ต้นตอ ใช้เพาะเมล็ดเพื่อทำต้นตอ โดยมีพันธุ์ที่นิยมใช้อยู่ 2 พันธุ์คือพันธุ์ถังหลีและเหนียงหลี

2.1.1 ฤดูการเก็บเกี่ยว

ผลสาลี่จะแก่และเก็บเกี่ยวได้ตั้งแต่ปลายเดือนมิถุนายนถึงเดือนกันยายน โดยสาลี่พันธุ์ลูกผสมจะเก็บเกี่ยวได้ในช่วงปลายเดือนมิถุนายนถึงเดือนกรกฎาคม ส่วนพันธุ์ Yokoyama Wase และ Xiang Sui จะเก็บเกี่ยวได้ในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงต้นเดือนกันยายน

2.1.2 ตลาดและการใช้ประโยชน์

สาลี่พันธุ์ดีนิยมใช้บริโภคผลสดเป็นส่วนใหญ่ แต่ผลผลิตสามารถนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น สาลี่ดองและสาลี่แช่อิ่ม เป็นต้น ในด้านประโยชน์และคุณค่าทางอาหารพบว่า เนื้อผลสาลี่ 100 กรัม ประกอบด้วยน้ำ 83.2% พลังงาน 61 แคลลอรี่ โปรตีน 0.7 กรัม ไขมัน 0.4 กรัม คาร์โบไฮเดรต 15.3 กรัม วิตามิน 10-20 ไอยู ไทอามีน ( วิตามินบี 1) 0.02 มิลลิกรัม ไรโบฟลาวิน ( วิตามินบี 2) 0.04 มิลลิกรัม ไนอาซีน 0.1 มิลลิกรัม กรดแอสคอบิค ( วิตามินซี ) 8 มิลลิกรัม แคลเซียม 8 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 11 มิลลิกรัม เหล็ก 0.3 มิลลิกรัม โซเดียม 2 มิลลิกรัม และ โปแตสเซียม 130 มิลลิกรัม

ผลสาลี่มีสรรพคุณในการแก้ร้อนใน ช่วยให้ปอดชุ่ม ชำระกระเพาะอาหารและละลายสิ่งของที่คั่งค้างให้ผ่านลำไส้ได้สะดวก ทำให้หัวใจเย็น ขจัดความร้อน ขับลม ละลายเสมหะและระงับอาการไอได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2 คุณภาพของผลไม้

1. ลักษณะทางประสาทสัมผัส (Sensory Characteristic) ได้แก่ สี ความมัน ขนาด รูปร่าง กลิ่น รสชาติและความผิดปกติ คุณลักษณะเหล่านี้ผู้บริโภคสามารถประเมินคุณภาพได้

2. ลักษณะที่ซ่อนเร้น (Hidden Characteristic) เช่น คุณค่าทางโภชนาการ สารพิษตามธรรมชาติ สารพิษตกค้างและสารปนเปื้อนอื่นๆ

2.2.1 ลักษณะทางประสาทสัมผัส (Sensory Characteristic)

2.2.1.1) สี สีมักเป็นตัวชี้บ่งระยะความแก่ซึ่งจะสัมผัสกับลักษณะเนื้อสัมผัส กลิ่น คุณค่าทางโภชนาการและลักษณะโดยรวม(Wholesomeness) โดยทั่วไปผลไม้ควรมีสีสม่ำเสมอกัน ผักและผลไม้ส่วนใหญ่จะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลอย่างรวดเร็วเมื่อปอกเปลือกหรือหั่นเป็นชิ้นๆ เช่น กล้วย มันฝรั่ง องุ่น แอบเปิ้ลและพลับ เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์ (enzymatic browning reaction) เอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยานี้คือ พอลีฟีนอลออกซิเดส (polyphynol oxidase) ซึ่งอาจเกิดปฏิกิริยาเมื่อสารประกอบฟีนอล (Phenolic Substances) สัมผัสกับออกซิเจน ปฏิกิริยานี้จึงมีสารที่เกี่ยวข้องในปฏิกิริยา 3 ชนิด ดังนั้นในการควบคุมไม่ให้ปฏิกิริยานี้เกิดขึ้น อาจทำได้โดยยับยั้งการทำงานของเอนไซม์หรือยับยั้งสารชนิดใดชนิดหนึ่งที่เกี่ยวข้องในปฏิกิริยา ได้แก่ การยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โดยใช้ความร้อน เช่น การลวกหรือยับยั้งโดยการใช้ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ หรือโดยการเติมสารบางชนิด เช่น กรดแอสคอร์บิก วิตามินซี ซิสตีน โซเดียมคลอไรด์ และอะดินีนไดฟอสเฟต หรือกำจัดออกซิเจนให้น้อยลง หรือทำให้อยู่ในภาวะที่ปราศจากออกซิเจนจะช่วยชะลอการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลนี้ได้

2.2.1.2) ขนาดและรูปร่าง มีความสำคัญต่อคุณภาพโดยขึ้นอยู่กับความต้องการในการนำไปแปรรูปของโรงงานและความต้องการของผู้บริโภค

2.2.1.3) ลักษณะเนื้อสัมผัสและความเหนียว (Texture & Consistency) ลักษณะเนื้อสัมผัสและความเหนียวของผักและผลไม้ขึ้นอยู่กับโครงสร้างของเนื้อเยื่อ เช่น ความแน่นเนื้อขึ้นอยู่กับความหนาของเปลือก ปริมาณของแข็งทั้งหมด หรือปริมาณสตาร์ช เช่น มันฝรั่ง ผลไม้ที่มีความแน่นเนื้อมากจะมีเปลือกหนา เช่น มะม่วง และอะโวกาโด ส่วนผลไม้ที่มีความแน่นเนื้อน้อยเปลือกจะบางและติดอยู่กับส่วนเนื้อ เช่น ถั่ว มะเขือเทศและพริก

ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลไม้ขึ้นอยู่กับความเต่ง(Turgidity) การเกาะตัวกัน (Cohesiveness) ขนาดและรูปร่างของเซลล์ การมีเนื้อเยื่อค้ำจุนและส่วนประกอบของพืช ความเต่งเกิดจากความดันของสารที่อยู่ภายในเซลล์ต่อผนังเซลล์ (cell wall) ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารต่างๆที่เกิดออสโม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซิสได้ในแวคิวโอล (vacuole) การยอมให้สารผ่านเข้า-ออก (permeability) ของโพรโทพลาสซึม และความยืดหยุ่น (elastic) ของผนังเซลล์

ลักษณะเนื้อสัมผัสของผักและผลไม้จะผันแปรตามเนื้อเยื่อค้ำจุน ผลิตผลที่มีอายุน้อยจะมีเนื้อเยื่ออ่อนเพราะมีเซลล์พาเรงคิมา (Parenchyma cell) มาก เมื่อพืชบางชนิดแก่ขึ้นจะมีเซลล์คอลเรงคิมา (collenchyma cell) และเซลล์สเกลอเรงคิมา (sclerenchyma cells) เกิดขึ้น ทำให้มีลักษณะเนื้อสัมผัสเปลี่ยนไปและมีความเหนียวมากขึ้น

ขนาดและรูปร่างของเซลล์ก็มีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัส เช่น ผักและผลไม้ที่ประกอบด้วยเซลล์ขนาดเล็กรวมตัวกันอยู่แน่น มีช่องว่างระหว่างเซลล์น้อย จะมีลักษณะเนื้อสัมผัสละเอียดและแน่น ถ้าเซลล์มีขนาดใหญ่และมีช่องว่างระหว่างเซลล์มาก จะมีลักษณะเนื้อสัมผัสหยาบหรือมีลักษณะคล้ายฟองน้ำ (Spongy texture)

การเกาะตัวกันของเซลล์ขึ้นอยู่กับปริมาณของสารประกอบเพกติน (pectin substances) ขณะที่ผลไม้มีระยะการสุกเพิ่มขึ้น สารประกอบเพกตินที่ไม่ละลายน้ำในผลไม้ดิบจะเปลี่ยนเป็นสารประกอบเพกตินชนิดที่ละลายน้ำ ทำให้การยึดเกาะตัวกันของเซลล์ลดลง เซลล์จะแยกออกจากกันทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสเปลี่ยนไป ดังนั้นลักษณะของผลไม้สุกจึงขึ้นอยู่กับการแยกตัวของเซลล์ (degree of cell separation) อย่างไรก็ตาม มีผลไม้บางชนิดถึงแม้จะสุกแต่ยังมีลักษณะเนื้อสัมผัสแข็งอยู่ เนื่องจากยังมีสารประกอบเพกตินที่ไม่ละลายน้ำเหลืออยู่มาก การใช้ความร้อนหรือความเย็นในกระบวนการแปรรูปอาหารอาจทำให้การเกาะตัวกันของเซลล์เปลี่ยนไป เนื่องจากมีการขยายตัวหรือหดตัวของเซลล์ได้ และความแน่นเนื้อจะลดลงถ้าเกิดสารประกอบเพกตินที่ละลายน้ำมากขึ้น ความแตกต่างของลักษณะเนื้อสัมผัสยังขึ้นอยู่กับความผันแปรของปริมาณสตาร์ช เพกติน แคลเซียมและเพกติเนสทั้งหมด

คุณลักษณะของเนื้อเยื่อพิจารณาได้จากความรู้สึกของการสัมผัส เช่น เนื้อแน่น (firmness) เนื้อนุ่ม (softness) เนื้อฉ่ำน้ำ (juiceness) เนื้อเป็นเม็ดหยาบคล้ายทราย (grittness) เนื้อเป็นเส้นใย (fibrousness) และเนื้อเป็นผงละเอียดคล้ายแป้ง (mealiness) ของผักและผลไม้ ปัจจัยเหล่านี้สามารถตรวจวัดได้โดยใช้เครื่องมือ เช่น Tenderometer, Texture Meter, Puncture Meter, Succulometer, Fibrometer, Pressure Tester และ Texture Analyzer เป็นต้น

2.2.1.4) กลิ่นและรสชาติ (flavor) กลิ่นและรสชาติเป็นสมบัติเฉพาะอย่างหนึ่ง ซึ่งจะแตกต่างกันตามชนิดของผักและผลไม้ และยากที่จะประเมินได้ด้วยเครื่องมือ จึงนิยมใช้ผู้ทดสอบชิม แต่ปัจจุบันมีเครื่องมือที่ใช้ประเมินกลิ่นของอาหาร เรียกว่า Electronic Nose ซึ่งมีกลไกการทำงานผันแปรไปตามโมเดลของเครื่องมือที่มีการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น การวิเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารประกอบทางเคมีที่ให้กลิ่นนิยมใช้เครื่องมือ Gas Chromatography ผลไม้ในเขตร้อนและกึ่งร้อนมีกลิ่นหอม แต่สารประกอบที่ให้กลิ่นมักไม่ทนความร้อน

สำหรับรสชาติที่พบได้ในผลไม้ ได้แก่ ความหวาน (sweetness) ความเปรี้ยว (sourness) ความเค็ม (saltiness) ความฝาด (astringency) ความขม (bitterness) การประเมินความหวานสามารถประเมินได้จากปริมาณน้ำตาล อาจวัดโดยวิธีทางเคมี เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและน้ำตาลรีดิวซิง (reducing sugar) หรือหาปริมาณน้ำตาลแต่ละชนิด การใช้กระดาษดัชนี (indicator paper) สามารถใช้วัดปริมาณกลูโคสในมันฝรั่งได้ หรือประเมินความหวานจากปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total Soluble Solid, TSS) ซึ่งวัดได้โดยใช้ Hand Refractometer หรือ Hydrometer สามารถกำหนดความหวานได้ เพราะน้ำตาลเป็นส่วนประกอบหลักอยู่ในของแข็งที่ละลายได้ของน้ำผลไม้

การหาความเปรี้ยวอาจหาจากค่าพีเอชของน้ำคั้นจากผลิตผล เครื่องมือที่ใช้วัดคือ พีเอชมิเตอร์ หรือกระดาษพีเอชอินดิเคเตอร์ หรือหาจากปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ โดยการไทเทรตน้ำคั้นจากผลิตผลด้วยสารละลายด่างมาตรฐานความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ จนได้พีเอช 7.0-8.1 แล้วคำนวณจากสูตร แสดงผลเป็นปริมารกรดอินทรีย์ชนิดใดชนิดหนึ่งซึ่งมีปริมาณอยู่มากที่สุดในผลิตผลนั้นๆ (เช่น กรดซิตริก กรดมาร์ลิก หรือกรดตาร์ตาลิก)

สำหรับความเค็มจะพบเมื่อผักผลไม้นั้นนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์บางชนิด ความฝาดประเมินโดยการชิม หรือวัดปริมาณแทนนิน (tannin) หรือระดับการรวมตัวของแทนนิน และความขมประเมินโดยการชิมหรือวัดปริมาณแอลคาลอยด์ (alkaloids) หรือกลูโคไซด์ (glucosides) ซึ่งเป็นสารที่ทำให้เกิดความขมได้

2.2.1.5) ข้อบกพร่องหรือตำหนิ (defects) สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า เช่นรอยแผลเนื่องจากถูกทำลายด้วยแมลงหรือความผิดปรกติทางสรีระวิทยา ทำให้มีคุณภาพต่ำกว่าที่มาตรฐานกำหนด การเก็บเกี่ยวและการขนส่งอาจทำให้ผลิตผลมีบกพร่องเกิดขึ้นได้ และอาจมีรอยตำหนิทางกลที่เกิดขึ้นระหว่างการแปรรูป ทำให้มีผลต่อคุณภาพได้เช่นเดียวกัน เช่น การตัด การหั่น หรือทำให้เป็นชิ้นเล็กๆ ดังนั้นต้องเลือกเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ผิดหวัง

2.2.2 ลักษณะที่ซ่อนเร้น (Hidden Characteristic)

2.2.2.1) คุณค่าทางโภชนาการ คุณภาพของผลิตผลอีกด้านหนึ่งซึ่งเป็นลักษณะที่ซ่อนเร้นที่ผู้บริโภคและผู้ผลิตมักมองข้ามไปคือคุณภาพในแง่ของคุณค่าทางอาหาร เพราะเป็นสิ่งที่สัมผัสได้ยาก โดยในผลไม้ที่มีเนื้อมากและพืชหัวที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมดในเนื้อมากจะมีคุณค่าทางโภชนาการสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2.2) ความเป็นพิษ (Toxicity) สารเคมีหลายชนิดถูกนำไปใช้ในระหว่างการปลูกพืช เช่น สารเคมีปราบศัตรูพืชชนิดต่างๆ อาจทำให้มีสารพิษตกค้างเหลือติดอยู่กับผักและผลไม้ได้ ถ้าผักและผลไม้มีสารเคมีดังกล่าวปนเปื้อนอยู่ อาจมีผลกระทบทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีกลิ่นและรสชาติผิดปกติได้ และยังเป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้บริโภคด้วย

## 2.3 การเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบทางเคมีระหว่างการเก็บรักษา

การเก็บรักษาผลิตผลไว้ชั่วระยะเวลาหนึ่ง จะมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบทางเคมีของผลิตผลได้ ซึ่งจะผันแปรขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตผล พันธุ์ ระยะเวลา และวิธีการเก็บรักษาที่ใช้ การเก็บรักษาผลิตผลไว้ที่อุณหภูมิต่ำ จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบทางเคมีของผลิตผล ดังนี้

1) คาร์โบไฮเดรต : โดยปกติผลไม้จำพวก climacteric มีปริมาณน้ำตาลเพิ่มขึ้นในช่วงแรกและจะลดลงในช่วงหลังของการเก็บรักษา ปริมาณน้ำตาลที่เพิ่มขึ้นเกิดจากการสลายตัวของคาร์โบไฮเดรตที่มีโมเลกุลใหญ่ เช่น สตาร์ชสลายได้เป็นน้ำตาลกลูโคสและเปลี่ยนเป็นน้ำตาลฟรักโทสและซูโครส การเก็บรักษาผลไม้กลุ่มนี้ไว้ที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลานาน จะทำให้ปริมาณน้ำตาลทั้ง 3 ชนิดลดลง ส่วนผลไม้ที่เป็น nonclimacteric การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลจะเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อยและเกิดขึ้นอย่างช้าๆ

ระยะความแก่ของผลไม้และอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษา จะเป็นตัวกำหนดอัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวซิง เช่น มะเขือเทศผลอ่อนที่มีขนาดเล็กจะมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงมากกว่ามะเขือเทศผลอ่อนที่มีขนาดใหญ่ และมะเขือเทศผลแก่ที่มีสีเขียวจะมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงไม่เปลี่ยนแปลง แต่มะเขือเทศที่กำลังสุกเมื่อนำไปเก็บรักษาจะมีปริมาณน้ำตาลลดลง ในแครอทอัตราส่วนของน้ำตาลซูโครสต่อน้ำตาลรีดิวซิงจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อเก็บรักษาไว้นาน 14-18 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 1-2 องศาเซลเซียส การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำจะทำให้ภาวะสมดุลของน้ำตาลซูโครสและน้ำตาลรีดิวซิงเปลี่ยนไป เช่น มันฝรั่งที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5.6 องศาเซลเซียส จะมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงมากกว่ามันฝรั่งที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 7.2 หรือ 8.9 องศาเซลเซียส และมันฝรั่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8.9 องศาเซลเซียส มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงน้อยที่สุด

2) กรดอินทรีย์ : ในระหว่างการเก็บรักษาจะมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดอินทรีย์ และการเปลี่ยนแปลงจะผันแปรไปตามระยะความแก่และอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษา เช่น ผลมะเขือเทศอ่อนจะมีปริมาณกรดอินทรีย์มากกว่าผลแก่ การเก็บรักษาผลมะเขือเทศอ่อนที่มีขนาดเล็ก ที่อุณหภูมิ 21 องศาเซลเซียส จะทำให้ปริมาณกรดอินทรีย์เพิ่มขึ้นภายหลังจาก 2 สัปดาห์ แต่ถ้าเก็บ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส จะมีปริมาณกรดอินทรีย์เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกันและจะเกิดขึ้นภายหลังจาก 3 สัปดาห์ สำหรับผลมะเขือเทศแก่ที่มีผลสีเขียวและผลกำลังสุกเมื่อนำไปเก็บรักษาปริมาณกรดอินทรีย์จะเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน ส่วนผลมะเขือเทศสุกที่มีสีส้มแดงเมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 6 วัน ปริมาณกรดอินทรีย์จะลดลง

ส่วนปริมาณวิตามินซีนั้น ในผลมะเขือเทศที่สุกขณะติดอยู่กับต้นจะมีปริมาณวิตามินสูงกว่าพวกที่สุกภายหลังจากเด็ดออกจากต้นแล้ว อย่างไรก็ตาม ปริมาณวิตามินซีจะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเก็บรักษาผลิตผลไว้ที่อุณหภูมิสูง เช่น ผลมะเขือเทศ หน่อไม้ฝรั่ง มะนาว ส้ม และพลับ สำหรับมันเทศเมื่อเก็บรักษาไว้นาน 2-3 เดือน ปริมาณวิตามินซีจะลดลงเหลือ 1/2 ถึง 2/3 ของเมื่อเริ่มต้นเก็บเกี่ยว

3) ไขมัน : ผลไม้บางชนิดจะมีปริมาณไขมันเพิ่มขึ้นในรูปของคิวติเคิล (cuticle) หรือแวกซ์ที่เคลือบอยู่ที่ผิว เช่น การเพิ่มขึ้นของคิวติเคิลที่เคลือบผิวของผลแอปเปิ้ล เมื่อวิเคราะห์ส่วนประกอบของแวกซ์ที่เคลือบผิวผลไม้ พบว่าส่วนที่เป็นน้ำมัน (oil) จะเพิ่มขึ้นเร็วกว่า ursonic acid และมี non-volatile ester ถูกสร้างขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงแรกของการเก็บรักษาด้วย ขณะที่ volatile ester จะปรากฏขึ้นในช่วงหลังของการเก็บรักษา และการเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานจะมีส่วนที่เป็นแวกซ์ชนิด soft wax สะสมอยู่ในคิวติเคิลเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีปริมาณกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเพิ่มขึ้น ปริมาณไขมันที่เพิ่มขึ้นจะผันแปรตามชนิดของพันธุ์ ตัวอย่างเช่น แอปเปิ้ลพันธุ์ Cox's Orange Pippin แวกซ์ที่ผิวจะคงที่ ขณะที่แอปเปิ้ลพันธุ์ Bramley มีปริมาณแวกซ์และเอสเทอร์ที่เคลือบผิวเพิ่มขึ้น

ในการเก็บรักษาผลมะเขือเทศ พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของฟอสโฟลิปิดและกรดไขมัน เช่น การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ทำให้ปริมาณฟอสโฟลิปิดและฟอสฟาติดิลโคลีนลดลง แต่ฟอสฟาติดิลเอทานอลมีนเพิ่มขึ้น ปริมาณกรดไขมันชนิดอิ่มตัวจะเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา แต่กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง เช่น กรดลิโนเลนิก กรดลิโนเลอิก และกรดโอเลอิก จะถูกเมทาบอไลท์อย่างรวดเร็วในช่วงแรกของการเก็บรักษาทำให้ได้กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำสะสมอยู่ภายใน ทำให้เกิดกลิ่นและรสชาติที่ผิดปกติ ซึ่งอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดกลิ่นผิดปกติเมื่อนำมันฝรั่งไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์

ในระหว่างการเก็บรักษาผลอะโวกาโด จะมีการเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบของลิพิดเช่นเดียวกัน โดยเฉพาะการเก็บรักษาโดยวิธีควบคุมส่วนประกอบของบรรยากาศ จะมีปริมาณกรดปาล์มิติกและกรดปาล์มิโตเลอิกเพิ่มขึ้น และปริมาณกรดโอเลอิกลดลง ถ้าเก็บผลอะโวกาโดไว้ในบรรยากาศที่มีออกซิเจนสูงจะมีเปอร์เซนต์กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) สารสีหรือรงควัตถุ : ระหว่างการเก็บรักษาผักและผลไม้ส่วนใหญ่ ปริมาณคลอโรฟิลล์จะลดลง แต่สารสีชนิดอื่นจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ใช้เก็บรักษา ความแก่ และพันธุ์ เช่น มันเทศบางพันธุ์ปริมาณแคโรทีนและแคโรทีนอยด์ทั้งหมดลดลงเมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำ สำหรับผลมะเขือเทศที่ยังไม่แก่และมีผลขนาดเล็กเมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส จะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองช้ากว่ามะเขือเทศผลใหญ่

ในกรณีของแตง (Winter squash) ปริมาณของบีตา-แคโรทีน จะเพิ่มขึ้นอย่างมากในช่วง 10 สัปดาห์แรกของการเก็บรักษา ปริมาณแคโรทีนของมะเขือเทศจะเพิ่มขึ้นในช่วงเดือนแรก และหลังจาก 4 เดือน ปริมาณแคโรทีนจะลดลง กล้วยบางพันธุ์จะยังคงมีสีเขียวอยู่ถึงแม้จะสุกแล้วก็ตาม อย่างไรก็ตาม การเก็บรักษากล้วยไว้ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส จะเร่งการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ ทำให้ผลกล้วยมีผลสีเหลืองได้

5) สารประกอบเพกติน : ในระหว่างการเก็บรักษาความแน่นเนื้อของผลิตผลจะลดลง เนื่องจากการสลายตัวของสารโพรโทเพกตินที่ไม่ละลายน้ำ ได้เป็นกรดเพกติกและเพกตินซึ่งละลายน้ำได้ ถ้าระหว่างการเก็บรักษาไม่มีกระบวนการสุกเกิดขึ้น สารประกอบเพกตินจะมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก

เช่นกรณีของผลเกรปฟรุตที่เก็บรักษาไว้นาน 6 สัปดาห์ พบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงความสัมพันธ์ระหว่างโพรโทเพกตินและเพกตินชนิดที่ละลายน้ำได้

6) สารระเหย : อุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาจะมีผลต่อการสังเคราะห์สารระเหย เช่น ในการเก็บรักษาแอปเปิ้ลพันธุ์ Golden Delicious ที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส จะมีการสังเคราะห์สารระเหยเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ส่วนแอปเปิ้ลพันธุ์ Mc Intosh เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4.5 องศาเซลเซียส จะสร้างสารระเหยมากเป็น 2 เท่า ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส ผลิตผลที่เก็บรักษาไว้ที่สภาพควบคุมบรรยากาศ จะสร้างสารระเหยได้น้อยกว่าแม้จะนำออกจากสภาพนั้นแล้วก็ตาม การเก็บรักษาในสภาพที่มีก๊าซออกซิเจนต่ำยังทำให้เกิดกลิ่นและรสชาติที่ผิดปกติ เนื่องจากมีการสะสมของแอซีตัลดีไฮด์และเอทิลแอลกอฮอล์ภายในเนื้อผลไม้

7) กรดอะมิโน : ปริมาณกรดอะมิโนจะลดลงอย่างรวดเร็วในระหว่างการเก็บรักษา เช่น ในถั่ว (pea) กรดอะมิโนอิสระจะลดลงหลังจากเก็บรักษาไว้นาน 2 วัน ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส หรือภายใน 5 วัน ที่อุณหภูมิ 6 องศาเซลเซียส แต่ปริมาณจะคงที่เมื่อเก็บรักษาไว้นาน 28 วัน ที่อุณหภูมิ 1.1 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8) เอนไซม์ : ความสามารถในการทำงานของเอนไซม์หลายชนิด เช่น เอนไซม์คะตะเลส เพกตินเอสเทอเรส เซลลูเลส และอะไมเลส จะเพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษา แต่ความสามารถในการทำงานของเอนไซม์ออกซิเดสจะลดลง

ความสามารถในการทำงานของเอนไซม์จะผันแปรไปตามอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาและระยะความแก่ของผลไม้ด้วย ผลไม้ที่แก่จัดตามธรรมชาติ ความสามารถในการทำงานของเอนไซม์คะตะเลสและเพกตินเอสเทอเรสจะสูงกว่า แต่เอนไซม์ออกซิเดสจะต่ำกว่าผลไม้ที่เก็บเกี่ยวขณะยังไม่แก่

## 2.4 ฟิล์มที่รับประทานได้ (Edible film)

### 2.4.1 ความหมาย

ฟิล์มที่รับประทานได้ หมายถึง วัสดุแผ่นบางที่ใช้ห่อหุ้มอาหารโดยสัมผัสกับผิวอาหารโดยตรง สามารถรับประทานได้ ทำหน้าที่เป็นภาชนะบรรจุอาหาร ช่วยชะลอการเสื่อมเสียของอาหารจากปฏิกิริยาต่างๆที่จะเกิดขึ้น ซึ่งจัดอยู่ในประเภทภาชนะบรรจุชนิดออนตัวที่ส่วนใหญ่ใช้ในรูปฟิล์มเคลือบ (coated film) หรือฟิล์มประกบ (laminated film) เนื่องจากมีลักษณะเป็นวัสดุบางมีความอ่อนตัวและมีความยืดหยุ่นสามารถย่อยสลายได้ง่าย ประเภทของสารที่ใช้ผลิตเป็นฟิล์มที่รับประทานได้นั้น ได้แก่ สารพวกคาร์โบไฮเดรต โปรตีนและลิพิด ซึ่งความสามารถในการเกิดฟิล์มของสารเหล่านี้จะให้ฟิล์มที่มีคุณสมบัติแตกต่างกัน

การใช้สารที่รับประทานได้เคลือบผิวผักผลไม้จะช่วยชลอการหายใจ ลดการระเหยของน้ำ ชะลอการเปลี่ยนสี รวมทั้งยังทำให้ผิวผลไม้และเนื้อผลไม้แข็งแรงอยู่ตัวขึ้น สารที่ใช้เคลือบ ได้แก่ โพลีแซคคารีน โปรตีน เรซิน ขี้ผึ้ง น้ำมัน เคลือบโดยวิธี Plasticizers, Surfactants หรือ Emulsifiers

### 2.4.2 ข้อดีของฟิล์มที่รับประทานได้เมื่อเปรียบเทียบกับฟิล์มพลาสติกมีดังนี้

1. สามารถบริโภคฟิล์มได้พร้อมกับผลิตภัณฑ์ที่บรรจุ ทำให้ปัญหาในเรื่องขยะเนื่องจากการใช้ฟิล์มลดลง
2. ฟิล์มที่ทิ้งไปสามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้โดยง่ายเป็นการช่วยลดปัญหามลพิษ
3. เพิ่มคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากฟิล์มนี้ช่วยในการเก็บรักษาสารประกอบที่ให้กลิ่นรสและความหวาน เป็นต้น
4. เสริมคุณค่าอาหารโดยเฉพาะฟิล์มที่ทำจากโปรตีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ใช้หุ้มผลิตภัณฑ์อาหารโดยแยกออกเป็นแต่ละชิ้นได้ และใช้เป็นแผ่นกั้นระหว่างอาหารที่มีองค์ประกอบแตกต่างกันเพื่อป้องกันการเสื่อมสภาพ เนื่องจากถ่ายเทความชื้นและไขมันในเนื้ออาหารที่แตกต่างกัน
6. ทำหน้าที่เก็บสารป้องกันจุลินทรีย์และสารกันหืน ทั้งยังควบคุมอัตราการซึมของสารกันเสียจากฟิล์มเข้าสู่เนื้ออาหาร
7. สามารถใช้ร่วมกับฟิล์มพลาสติก โดยให้ฟิล์มที่รับประทานได้สัมผัสกับอาหารโดยตรง

2.4.3 องค์ประกอบของฟิล์มที่รับประทานได้

การเตรียมฟิล์มต้องประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

1. โพลีเมอร์ (polymer) จะทำหน้าที่เป็นส่วนที่ทำให้เกิดโครงสร้าง (structure) ของฟิล์ม โดยทั่วไป ฟิล์มเกิดขึ้นจากสารประกอบที่เป็นโพลิเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง และมีโครงสร้างเป็นเส้นตรงยาว โพลิเมอร์ที่ทำให้เกิดฟิล์มได้ดี ได้แก่ โปรตีน (protein) ไขมัน (fat) และโพลีแซคคาไรด์ (polysaccharide)

1.1 โพลีแซคคาไรด์ (polysaccharide) โพลิเมอร์ในส่วนนี้ฟิล์มจะมีคุณสมบัติในการรวมตัวกับน้ำไม่เหมาะที่จะกั้นการซึมผ่านของความชื้น แต่สามารถที่จะป้องกันการซึมผ่านของไขมันได้ดี และออกซิเจนผ่านได้ต่ำ ตัวอย่างของโพลีแซคคาไรด์บางชนิดที่สามารถผลิตเป็นฟิล์มที่รับประทานได้ เช่น สตาร์ช (starch) อัลจิเนต (alginate) เพคติน (pectin) คาราจีแนน (carageenan) เด็กซ์ตริน (dextrin)

1.2 ไขมัน (lipid) ฟิล์มชนิดนี้มีคุณสมบัติในการกั้นการซึมผ่านของความชื้นได้ดี จึงสามารถที่จะป้องกันการสูญเสียน้ำได้ดี เช่น ฟิล์มจากไข (wax) กรดปาล์มิติก (palmitic) และสารลดแรงตึงผิว (surfactant) เป็นต้น

1.3 โปรตีน (protein) ฟิล์มชนิดนี้มีคุณสมบัติเด่นในแง่ของการยอมให้ออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์และกลิ่นรสซึมผ่านได้ดี แต่ฟิล์มจากโปรตีนจะเป็นตัวกั้นไอน้ำที่ไม่ดีปานกลางเมื่อRHต่ำ ตัวอย่างชนิดของโปรตีนที่ทำให้เกิดฟิล์มได้ ได้แก่ คอลลาเจน เจลาติน เคซีน เวย์โปรตีน (whey protein) กลูเตนของข้าวสาลี (wheat gluten) โปรตีนจากถั่วเหลือง (soy protein)

2. พลาสติไซเซอร์ (plasticizer) ส่วนสำคัญในการผลิตฟิล์มที่รับประทานได้ เนื่องจากถ้าในการเตรียมฟิล์มที่รับประทานได้จากโพลิเมอร์โดยไม่มีการเติมสารพลาสติไซเซอร์ลงไปจะทำให้ได้ฟิล์มที่เปราะ (brittle) ไม่มีคุณสมบัติของการเป็นฟิล์มที่ดี ซึ่งวัตถุประสงค์ของการใช้พลาสติไซเซอร์ คือเพื่อช่วยให้ฟิล์มมีคุณสมบัติอ่อนตัว และสามารถแผ่ขยายได้ เนื่องจากพลาสติไซเซอร์จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่วยลดแรงยึดจับภายในโมเลกุล (intermolecular force) ระหว่างสายโพลีเมอร์ (polymer chain) และช่วยทำให้สายโพลิเมอร์เคลื่อนที่ได้มากขึ้น จึงมีผลให้ฟิล์มมีลักษณะไม่แตกหักง่าย แต่พลาสติไซเซอร์ก็จะมีผลไปลดคุณสมบัติในการเป็นตัวกั้นก๊าซ ไอน้ำ และตัวถูกละลายของฟิล์ม และยังอาจทำให้การยืดหยุ่นและการเกาะตัวกันลดลงด้วย

## 2.5 เจลาติน (gelatin)

เจลาตินทำมาจากคอลลาเจน ซึ่งเป็นโปรตีนในเนื้อเยื่อพังผืดของสัตว์ เช่น เอ็น เนื้อพังผืด กระดูก หนังสัตว์ หนังปลา เกล็ดปลา ไตปลา ในระหว่างหุงต้มเมื่อคอลลาเจนเปลี่ยนเป็นเจลาตินจะมีผลทำให้เนื้อพังผืดมีลักษณะนุ่มลง ในน้ำซุปจากกระดูกหรือไก่ คอลลาเจนจะเปลี่ยนเป็นเจลาตินเมื่อตั้งทิ้งไว้ให้เย็น ซุปนั้นจะมีความอยู่ตัวคล้ายมีวุ้น ในทางการค้ามีการผลิตเจลาตินจากกระดูกสัตว์หรือเขาสัตว์ เริ่มแรกจะต้องเอาไขมันที่มีอยู่ออกเสียก่อน แล้วจึงนำไปต้มในน้ำ ใส่กรดหรือด่างลงไปด้วยในขณะที่ส่วนเป็นพังผืดได้รับความร้อน คอลลาเจนซึ่งเป็นโมเลกุลโปรตีนที่ใหญ่จะสลายตัวให้โมเลกุลที่เล็กลงของเจลาตินกรองเอาส่วนน้ำต้มที่มีเจลาตินอยู่ ระเหยน้ำออก ทิ้งไว้ให้จับกันเป็นวุ้น แล้วจึงทำให้แห้งในรูปเป็นแผ่นเปราะเป็นประกายของเจลาตินบริสุทธิ์ นำเอาแผ่นเจลาตินไปบดให้เป็นเม็ดเล็กๆ เจลาตินที่ใช้ปรุงอาหารนี้จะต้องถูกต้องตามมาตรฐานความเป็นบริสุทธิ์ นั่นก็คือจะต้องผ่านการผลิตที่มีสภาพถูกสุขลักษณะ เจลาตินในกาวที่ทำให้กาวมีคุณสมบัติเหนียวนั้น ก็เป็นเจลาตินคล้ายในอาหารแต่มีสิ่งเจือปนไม่บริสุทธิ์ต่างๆ ซึ่งในเจลาตินที่ใช้ปรุงอาหารจะมีไม่ได้

### 2.5.1 การกระจายตัวของเจลาตินแห้ง

เจลาตินที่พบในท้องตลาดจะบรรจุเป็นซอง เมื่อเติมน้ำร้อนคนให้กระจายเจลาตินขนาดอาจโตเกินไป จึงควรบดก่อนเพื่อการกระจายตัวในน้ำที่ดีขึ้น อาจป้องกันการจับตัวเป็นก้อนด้วยการแช่ในน้ำเย็น การแช่น้ำช่วยการกระจายตัวในน้ำร้อนได้ดี อุณหภูมิของน้ำร้อนมีผลต่อการกระจายตัว อุณหภูมิสุดท้ายหลังจากเติมลงในเจลาตินแล้วอย่างน้อยควรเป็น 53 องศาเซลเซียส หรืออาจจะนำเจลาตินที่แช่ในน้ำเย็นไปตั้งไฟจะได้เป็นสารละลาย ส่วนที่มีขั้ว (polar group) ของโมเลกุลเจลาตินช่วยทำให้เกิดพันธะไฮโดรเจนกับน้ำ โมเลกุลน้ำก็อาจจะจับกับโมเลกุลน้ำชั้นแรกสร้างเป็นชั้นของน้ำล้อมแต่ละโมเลกุลเจลาติน เจลาตินจะต้องถูกไฮเดรทอย่างเพียงพอก่อนที่จะเกิดเป็นสารละลายคอลลอยด์ ซึ่งแตกต่างจากเคซีนที่โมเลกุลแขวนลอยเป็นสารละลาย เนื่องจากถูกไฮเดรทและมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประจุคล้ายกันโมเลกุลจะผลักกัน โปรตีนส่วนมากถูกแปรสภาพตามธรรมชาติด้วยความร้อน แต่สารเจลาตินจะไม่ถูกแปรสภาพธรรมชาติด้วยความร้อนเนื่องจากมีโพรลีนปริมาณสูง

การพองตัวของเจลาตินจะมีมากน้อยแค่ไหนขึ้นกับ

1. พื้นผิวหน้า
2. pH ถ้ามีความเป็นด่างเพิ่มจะพองตัวดีขึ้น แต่ก็มีขีดสูงสุดคือ pH 9 ถ้าสูงกว่านี้จะสลายตัวให้กรดอะมิโน
3. เกลืออนินทรีย์ที่มีอยู่หรือเติมลงไป

2.5.2 การเกิดเจลของสารละลายเจลาติน

Gelation คือการที่ gelation sol จะจับตัวกันแข็งเป็นวุ้น วุ้นนี้จะพองตัวในน้ำเย็น และจะเป็น hydrosol ในน้ำร้อน และเมื่อน้ำเย็นลงจะกลายเป็น hydrogel วุ้นพองตัวได้เพราะเกิด hydration เพราะเป็น hydrosol เพราะเกิด peptization คือการที่ collioidal particles แยกตัวออกและเมื่อวุ้นเย็นลงมันจะยึดกันไว้และอมน้ำเป็นวุ้นที่ทรงตัวอยู่ ถ้ามีวุ้นไม่พอ น้ำจะไม่ถูกดึงดูดไปหมด ฉะนั้นจึงเกิดเป็นวุ้นที่ทรงตัวไม่ได้

คุณสมบัติที่เห็นได้ชัดอันหนึ่งของวุ้นคือ การที่วุ้รสามารถมีสภาพเป็น sol ได้ในอุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสหรือสูงกว่า และถ้ามีความเข้มข้นเพียงพอจะสามารถเปลี่ยนสภาพเป็นเจลในอุณหภูมิที่ต่ำกว่านี้เล็กน้อย สภาพการเป็น sol และเจลนี้จะกลับกันได้ ในการเปลี่ยนจาก sol เป็นเจลนี้จะเกิดการเปลี่ยนแปลงหลายอย่าง เช่น viscosity, rigidity, elasticity เป็นต้น

2.5.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการจับตัวแข็งเป็นวุ้น

1) ระยะเวลาที่จะจับตัวกันเป็นวุ้น: ขึ้นกับความเข้มข้นและอุณหภูมิ ถ้าเข้มข้นน้อยอุณหภูมิสูงจะต้องเสียเวลานานขึ้น ส่วนผสมเจลาตินจะต้องคลายความร้อนก่อนจึงเกิดการจับตัวเป็นวุ้นได้ และจะทรงตัวอยู่ได้ดียิ่งขึ้นตามระยะวลาที่วางทิ้งไว้ วุ้นจากเจลาตินซึ่งได้จากกระดูก หนัง และเอ็น แม้จะตีให้แตกจากกันก็สามารถจะรวมตัวกันเป็นวุ้นได้อีก ซึ่งเป็นคุณสมบัติหนึ่งที่วุ้นจากสาหร่าย (agar) ไม่มี

2) ความเข้มข้น : ความเข้มข้นมากระยะเวลาในการจับตัวแข็งเป็นวุ้นก็จะน้อยลง

3) อุณหภูมิ : ถ้าใช้อุณหภูมิสูงความเข้มข้นก็ควรจะเพิ่มขึ้นด้วย ยิ่งวุ้นคลายความร้อนช้าลงก็จะสามารถจับตัวแข็งเป็นวุ้นได้ในอุณหภูมิสูงไปด้วย hydrosol นั้นอาจทำให้เย็นลงได้โดยการแช่น้ำแข็งไว้ หรืออาจตั้งทิ้งไว้ให้คลายร้อนในอุณหภูมิห้องซึ่งจะอยู่ตัวดีกว่าเมื่ออยู่ในอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่ำมากๆ ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 35 องศาเซลเซียสไม่ว่าจะเข้มข้นเพียงใดส่วนผสมเจลาตินก็จะไม่สามารถจับตัวแข็งเป็นวุ้นได้ เพราะเป็นอุณหภูมิเกิด sol

เจลาตินชนิดต่างๆจะมีอุณหภูมิการแข็งตัวไม่เท่ากัน แม้จะเข้มข้นเท่ากันอาจที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส, 14-16 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่า ถ้าต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียสใช้เป็นส่วนประกอบในอาหารได้ไม่ดีเพราะจะกลับมาเหลวได้ง่าย ส่วนผสมของเจลาตินที่จับตัวกันที่อุณหภูมิสูงจะไม่ละลายง่ายเหมือนจับตัวกันที่อุณหภูมิต่ำ

4) ค่าพีเอช : เจลาตินจะสลายตัวได้ง่ายถ้าค่าพีเอชต่ำกว่า 6

## 2.6 การลวก

การลวกมีผลโดยตรงต่อเอนไซม์ เนื่องจากอุณหภูมิมีอิทธิพลต่อการทำงานของเอนไซม์ เพราะอัตราเร็วของปฏิกิริยาที่เร่งด้วยเอนไซม์จะผันแปรตามอุณหภูมิ และอุณหภูมิยังมีอิทธิพลต่อความคงตัวของเอนไซม์ด้วย หากอุณหภูมิสูงเกินไปจะทำให้โปรตีนเสียสภาพธรรมชาติ และมีผลทำให้ความสามารถในการเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์สูญเสียไปด้วย เนื่องจากโครงสร้างที่ตำแหน่ง active site เปลี่ยนไป เอนไซม์ส่วนใหญ่จะมีความคงตัวอยู่ในช่วงอุณหภูมิ 20-35 องศาเซลเซียส และเอนไซม์แต่ละชนิดจะมีค่าอุณหภูมิที่เหมาะสม (optimum temperature) สำหรับเร่งปฏิกิริยาให้ได้ความเร็งสูงสุด เอนไซม์จะสูญเสีย activity มากขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิสูงขึ้นมากกว่าค่าอุณหภูมิที่เหมาะสม

ความร้อนสามารถยับยั้งการทำงานของเอ็นไซม์ในผักผลไม้เพื่อไม่ให้ผักผลไม้เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล แต่ความร้อนมีผลต่อคุณภาพของอาหาร มีผลต่อเนื้อผักผลไม้ รสชาติ คุณค่าทางโภชนาการ ถ้าจำเป็นต้องใช้ความร้อนควรใช้เวลาสั้นที่สุดโดยไม่มีผลต่อการหายใจของผักผลไม้

ผักผลไม้ที่ผ่านการอบความร้อนและลดอุณหภูมิลงอย่างรวดเร็วจะเปลี่ยนเป็นสี น้ำตาลช้าลง โดยผิวและเนื้อผักผลไม้จะยังคงแข็งแรงและเก็บรักษาได้นานขึ้น ระดับอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการอบความร้อนก่อนลดอุณหภูมิให้ต่ำลงสำหรับผักผลไม้บางชนิด มีดังนี้

| | | |
|---|---|---|
| - แอปเปิลทั้งผล | | 45 องศาเซลเซียส นาน 105 นาที |
| - กล้วย | | 80 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที |
| - ถั่วลันเตา | | 80 องศาเซลเซียส นาน 29 นาที |
| | หรือ | 90 องศาเซลเซียส นาน 2.5 นาที |
| | หรือ | 95 องศาเซลเซียส นาน 1 นาที |
| - แพร์หั่นลูกเต๋า | | 95 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ผักกาดแก้วหั่น 2 x 2 ซม. 90 องศาเซลเซียส นาน 45 นาที

2.6.1 บทบาทของเอนไซม์ต่อคุณภาพของอาหาร

1. คุณภาพของสี : สีอาหารเป็นลักษณะปรากฏสิ่งแรกที่ผู้บริโภคใช้พิจารณาคุณภาพและตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์อาหาร สำหรับผักและผลไม้ การพิจารณาความสดจะใช้สีผิวเป็นตัวบ่งบอก เช่น การเกิดสีน้ำตาลในผลไม้ที่ผ่านการตัดแต่งแล้ว เอนไซม์ที่สำคัญคือ เอนไซม์พอลีฟีนอลออกซิเดส ผลไม้ในเขตร้อนประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ สูญเสียเนื่องจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์ นอกจากนี้ยังทำให้เกิดความเสียหายต่อผักผลไม้สดด้วย เช่น ผักสลัดทำให้รสชาติและคุณค่าทางโภชนาการลดลง

ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์เป็นปัญหาสำคัญ ในการแปรรูปผักผลไม้หลายชนิด ได้แก่ แอบเปิ้ล ท้อ สาลี่ กล้วย องุ่น มันฝรั่ง เห็ด มะเขือ ผักสลัด ใบชา และเมล็ดกาแฟ เมื่ออาหารเกิดสีน้ำตาลจะทำให้อายุการวางจำหน่ายสั้นลง การควบคุมปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์ ไม่ให้เกิดขึ้นในผักและผลไม้บางชนิดทำได้โดยการลวก เพื่อยับยั้งเอนไซม์ แต่วัตถุดิบบางชนิดหากนำไปลวกจะมีผลต่อกลิ่น รสชาติ และลักษณะเนื้อสัมผัส เช่น ผลไม้และหัวหอม

เอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลบางทีเรียกว่า ฟีนอเลส ซึ่งหมายถึงกลุ่มของเอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของสารประกอบโมโนฟีนอลและออร์โท-ไดฟีนอล ดังนั้นเอนไซม์ฟีนอลเลสจึงรวมทั้งเอนไซม์ที่มีชื่อว่า ฟีนอลออกซิเดส (POD) ไทโรซิเนส พอลีฟีนอลออกซิเดส (PPO) แคทีคอเลส (catecholase) ครีโซเลส (cresolase) โดปาออกซิเดส (dopaoxidase) และออกซิเดสจากมันเทศและมันฝรั่ง

สารละลายเอนไซม์ฟีนอเลสมีความคงตัวมากที่สุดที่ค่าพีเอชเป็นกลาง สารละลายที่ความเข้มข้นจะมีความคงตัวมากกว่าสารละลายที่เจือจาง เมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เพียงระยะเวลาสั้นๆ หรือเขย่าสารละลายเอนไซม์อย่างรุนแรงในอากาศ จะทำให้เสียสภาพธรรมชาติได้ แต่สารละลายเอนไซม์ฟีนอเลสเข้มข้นในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ที่พีเอชใกล้เป็นกลาง สามารถเก็บรักษาได้ที่อุณหภูมิ 1 หรือ -25 องศาเซลเซียส นานหลายเดือน โดยไม่สูญเสียความสามารถในการทำงาน แต่การแช่เยือกแข็งนานๆ จะทำให้ความสามารถในการทำงานของเอนไซม์ลดน้อยลง และการสูญเสียนี้ทำให้กลับคืนไม่ได้

เอนไซม์ PPO จะถูกทำลายอย่างสมบูรณ์ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียสขึ้นไป ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องใช้อุณหภูมิสูงถึง 100 องศาเซลเซียส ในการทำลายเอนไซม์ PPO และควรมีการศึกษาหาอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสม ในการทำลายเอนไซม์ PPO หรือฟีนอเลสในผักหรือผลไม้แต่ละ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ชนิด และภายหลังการลวกแล้วต้องทำให้ผักและผลไม้เย็นลงอย่างรวดเร็ว เพื่อรักษาคุณภาพของอาหารไว้ให้ดีที่สุด

2. ลักษณะเนื้อสัมผัส : ลักษณะเนื้อสัมผัสเป็นปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพอาหารมาก ลักษณะเนื้อสัมผัสของผักและผลไม้เกิดขึ้นเนื่องจากสารประกอบเชิงซ้อนของคาร์โบไฮเดรต เช่น สารประกอบเพกติน เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส สตาร์ช และลิกนิน ขณะที่ผลกำลังสุกจะมีเอนไซม์ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งจะทำให้ผลไม้สุกมีเนื้อนิ่ม ได้แก่ เพกตินเอนไซม์ ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบเพกตินที่ผนังเซลล์พืช เพกทิกเอนไซม์มี 3 ชนิด พบได้ในพืชชั้นสูงและจุลินทรีย์ 2 ชนิด คือ เพกตินเมทิลเอสเทอเรส และพอลิกาแลคทูโรเนส และที่พบในจุลินทรีย์อีก 1 ชนิดคือ เพกเทตไลเอส

85405

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 3
# วิธีการทดลอง

## 3.1 วัสดุและอุปกรณ์

3.1.1 สาลี่ *(Pyrus pyrifolia)*

3.1.2 อ่างน้ำร้อนควบคุมอุณหภูมิ

3.1.3 เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง

3.1.4 เครื่องมือวัดสี Minolta (CR400)

3.1.5 เครื่องมือวัดเนื้อสัมผัส TA.XT.2i

3.1.6 โถปั่นแห้ง (Blender)

3.1.7 UV-Vis Spectrophotometer (Shimadzu)

3.1.8 เครื่อง Hand Refractometer

3.1.9 เครื่อง Centrifuge

3.1.10 ตู้แช่ควบคุมอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

3.1.11 บิวเรต

3.1.12 เครื่องแก้ว

3.1.13 เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

3.1.14 ฟิล์มพลาสติกใสห่ออาหาร

3.1.15 อุปกรณ์ตัดแต่งผลไม้ (มีด เขียง และถาด)

## 3.2 สารเคมี

3.2.1 แคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) เข้มข้น 2%

3.2.2 สารละลายเจลาติน(gelatin) เข้มข้น 8%

3.2.3 ฟีนอล์ฟทาลีน 2%

3.2.4 1 N โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)

3.2.5 0.1 N อะซีเตทบัฟเฟอร์ (Acetate buffer) (pH 5.5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.6 0.07 N guaiacol

3.2.7 ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ($H_2O_2$) เข้มข้น 30%

3.2.8 เอทานอล เข้มข้น 95%

## 3.3 กลุ่มตัวอย่างการทดลอง

- ตัวอย่างควบคุม (ไม่ลวก – ไม่เคลือบ : NB - NC)
- กลุ่มตัวอย่างที่ 1 (ไม่ลวก – เคลือบ : NB - C)
- กลุ่มตัวอย่างที่ 2 (ลวก – ไม่เคลือบ : B - NC)
- กลุ่มตัวอย่างที่ 3 (ลวก – เคลือบ : B - C)

## 3.4 วิธีการทดลอง

3.4.1 การลวกผลสาลี่

1. นำสาลี่ที่ต้องผ่านการลวกมาลวกในน้ำอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 9 นาที
2. นำสาลี่ทั้งหมดเก็บในตู้แช่เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง

3.4.2 การเคลือบชิ้นสาลี่

1. นำสาลี่จากข้อ 3.4.1 มาหั่นให้ได้ขนาด 2×2×1 เซนติเมตร
2. นำสาลี่ที่ต้องผ่านการเคลือบมาแช่ลงในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) เข้มข้น 2% นาน 3 นาที ทิ้งให้สะเด็ดน้ำ
3. นำสาลี่มาจุ่มลงในสารละลายเจลาติน(gelatin) เข้มข้น 8% แล้วทิ้งไว้ให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง
4. นำตัวอย่างทั้งหมดมาเรียงในถาดตามกลุ่มตัวอย่าง แล้วปิดด้วยพลาสติคใส
5. นำไปเก็บในตู้แช่เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน และทำการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างทุกๆ 2 วันของการเก็บ

3.4.3 การวางแผนการทดลอง

การวิเคราะห์ผลทางสถิติใช้การวางแผนการทดลองแบบ Split plot design โดยให้ระยะเวลาการเก็บเป็น main plot และสภาวะการลวกและการเคลือบเป็น sub plot การทดลองตามวิธีการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิเคราะห์ที่ผ่านมา นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป (SPSS Version 15) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยข้อมูลโดยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ และทำการทดลอง 2 ซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 4

# ผลการทดลอง

## 4.1 การศึกษาการสูญเสียน้ำหนัก (Weight loss) ของสาลี่ตัดแต่ง

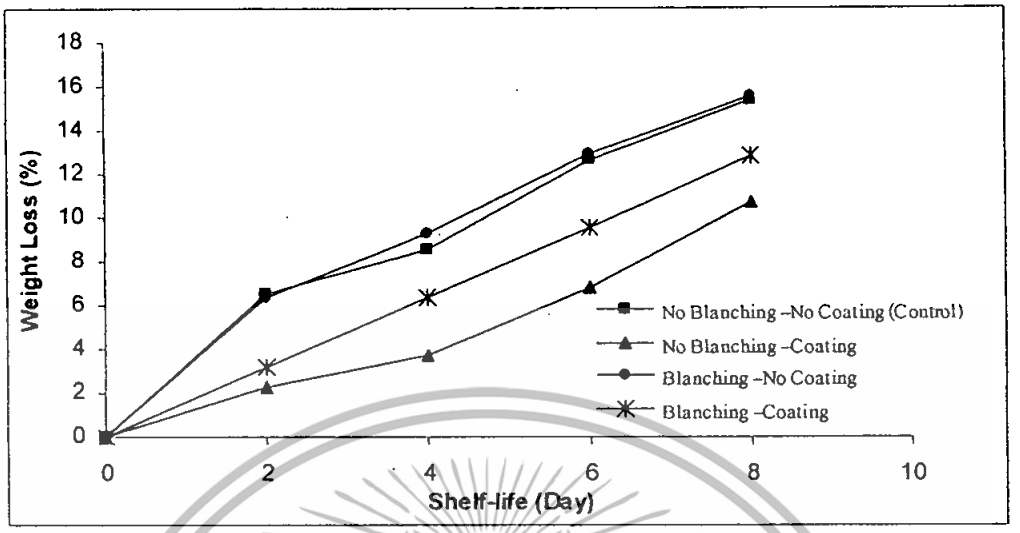
**ตารางที่ 4.1** ตารางแสดงการสูญเสียน้ำหนักของสาลี่ตัดแต่ง

| กลุ่มตัวอย่างการทดลอง | ค่าเปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนัก วันที่ทำการวิเคราะห์ | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 |
| No Blanching – No Coating (Control) | $0.00\pm0.00^{c}$ | $6.59\pm0.00^{d}_{x}$ | $8.52\pm0.75^{c}_{x}$ | $12.65\pm0.48^{b}_{x}$ | $15.35\pm0.44^{a}_{x}$ |
| No Blanching – Coating | $0.00\pm0.00^{d}$ | $2.23\pm1.06^{cd}_{y}$ | $3.76\pm1.42^{c}_{x}$ | $6.78\pm1.38^{b}_{y}$ | $10.73\pm0.45^{a}_{y}$ |
| Blanching –No Coating | $0.00\pm0.00^{d}$ | $6.34\pm0.39^{c}_{x}$ | $9.30\pm2.29^{bc}_{x}$ | $12.89\pm2.00^{ab}_{x}$ | $15.59\pm1.68^{a}_{x}$ |
| Blanching – Coating | $0.00\pm0.00^{d}$ | $3.20\pm1.48^{cd}_{y}$ | $6.40\pm3.44^{bc}_{x}$ | $9.58\pm2.38^{ab}_{xy}$ | $12.80\pm1.94^{a}_{xy}$ |

**หมายเหตุ** $X^{1}_{2}$

1. ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ตามวิธีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's multiple range test
2. ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ตามวิธีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's multiple range test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 4.1 กราฟแสดงการสูญเสียน้ำหนักของสาลี่ตัดแต่ง

เนื่องจากในผักและผลไม้มีความชื้นหรือความดันไอน้ำสูงกว่าในบรรยากาศ การสูญเสียน้ำออกจากผลิตผลจึงเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา ในการวิเคราะห์ค่าการสูญเสียน้ำหนักของชิ้นสาลี่ที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จึงพบว่าทุกกลุ่มตัวอย่างการทดลองมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มมากขึ้นตามระยะเวลาของการเก็บ

การป้องกันการสูญเสียน้ำออกจากผลิตผล นอกจากจะเก็บไว้ในที่ที่มีความชื้นสูงและมีอุณหภูมิต่ำแล้ว อาจทำได้โดยเพิ่มสิ่งกีดขวางจากการใช้สารเคลือบต่างๆ ซึ่งสารละลายเจลาตินมีคุณสมบัติในการป้องกันการซึมผ่านของน้ำได้ ดังนั้นจากการทดลองจึงพบว่ากลุ่มตัวอย่างที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายเจลาตินจึงมีผลการเกิดการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่า กลุ่มที่ไม่ผ่านการเคลือบ ซึ่งสังเกตได้ในวันที่ 2 ของการเก็บและมีความแตกต่างของการเกิดการสูญเสียน้ำหนักของกลุ่มที่ผ่านการเคลือบและไม่ผ่านการเคลือบอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อทำการเก็บตัวอย่างต่อไปจนถึงวันที่ 8 พบว่ากลุ่มที่ผ่านการเคลือบยังคงมีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่ากลุ่มที่ไม่ผ่านการเคลือบเช่นเดิม (ตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

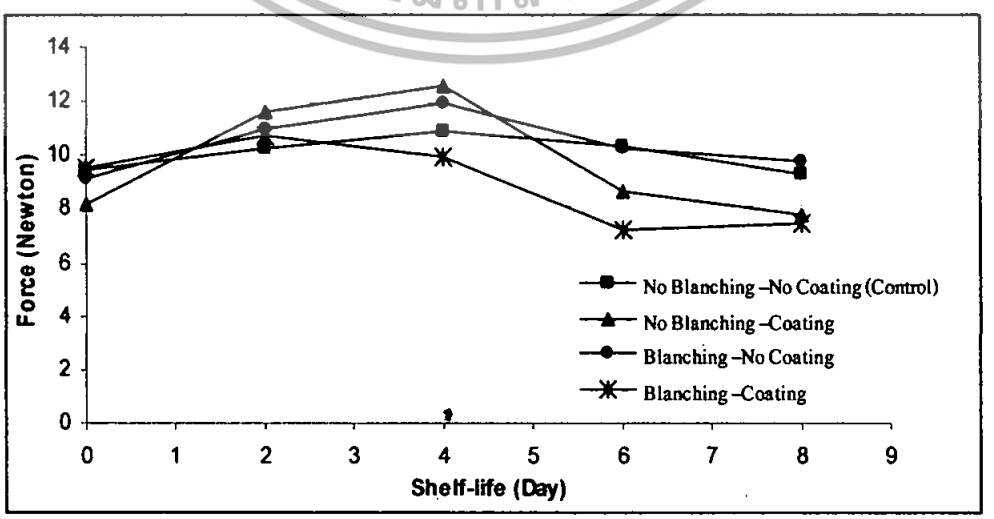
## 4.2 การศึกษาลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture) ของสาลี่ตัดแต่ง

**ตารางที่ 4.2** ตารางแสดงเนื้อสัมผัสของสาลี่ตัดแต่ง

| กลุ่มตัวอย่างการทดลอง | ค่าที่แสดงถึงความแข็งของเนื้อสัมผัส วันที่ทำการวิเคราะห์ | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 |
| No Blanching – No Coating (Control) | $9.43\pm0.01^{a}_{x}$ | $10.26\pm0.88^{a}_{x}$ | $10.91\pm0.77^{a}_{xy}$ | $10.31\pm0.09^{a}_{x}$ | $9.31\pm0.67^{a}_{xy}$ |
| No Blanching – Coating | $8.46\pm0.55^{b}_{x}$ | $11.62\pm0.27^{a}_{x}$ | $12.59\pm0.11^{a}_{x}$ | $8.71\pm0.60^{b}_{y}$ | $7.83\pm0.17^{b}_{yz}$ |
| Blanching –No Coating | $9.14\pm0.35^{b}_{x}$ | $10.10\pm0.79^{ab}_{x}$ | $11.92\pm.25^{a}_{xy}$ | $10.23\pm0.19^{ab}_{x}$ | $9.76\pm1.04^{ab}_{x}$ |
| Blanching – Coating | $9.51\pm0.61^{a}_{x}$ | $10.00\pm0.73^{a}_{x}$ | $9.93\pm0.09^{a}_{y}$ | $7.24\pm0.21^{b}_{z}$ | $7.45\pm0.00^{b}_{z}$ |

หมายเหตุ $X^{1}_{2}$

1. ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ตามวิธีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's multiple range test
2. ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ตามวิธีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's multiple range test




**รูปที่ 4.2** กราฟแสดงเนื้อสัมผัสของสาลี่ตัดแต่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.2 แสดงค่าจากการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส พบว่าทุกกลุ่มตัวอย่างมีแนวโน้มของลักษณะเนื้อสัมผัสแข็งขึ้นตามระยะเวลาที่เก็บ และไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญจนถึงวันที่ 4 ของการเก็บ เนื่องจากเกิดการสูญเสียน้ำผลิตภัณฑ์ จากนั้นเมื่อทำการเก็บต่อไปจนถึงวันที่ 8 พบว่า ชิ้นสาลี่มีเนื้อสัมผัสที่นิ่มลง ซึ่งอาจมีสาเหตุจากการที่บรรยากาศรอบชิ้นสาลี่มีความอิ่มตัวของความดันไอมากขึ้น จนอาจใกล้เคียงกับความดันไอภายในชิ้นสาลี่ ทำให้เกิดการสูญเสียน้ำจากชิ้นสาลี่ได้ยากขึ้น

นอกจากนี้ในวันที่ 8 ของการเก็บพบว่า กลุ่มที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายเจลาตินมีความแข็งน้อยกว่ากลุ่มที่ไม่ผ่านการเคลือบ อาจเนื่องมาจากคุณสมบัติของเจลาตินในการป้องกันการซึมผ่านของความชื้น และสามารถซึมซับความชื้นได้ ทำให้น้ำที่จะออกมาจากชิ้นสาลี่กลุ่มที่ผ่านการเคลือบไม่สามารถออกมาได้ และถูกดูดซับอยู่บริเวณชั้นเจลาตินหรือชั้นของผิวหน้าสาลี่ เมื่อนำไปวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส เนื้อสัมผัสของชิ้นสาลี่กลุ่มที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายเจลาตินจึงนิ่มมากกว่ากลุ่มที่ไม่ผ่านการเคลือบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

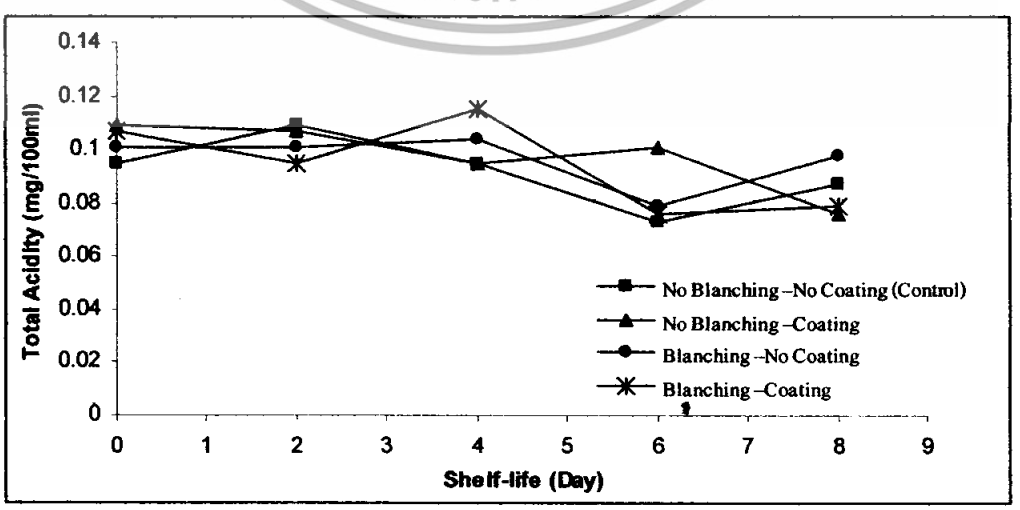
## 4.3 การศึกษาปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (Titratable Acidity) ของสาลี่ตัดแต่ง

**ตารางที่ 4.3** ตารางแสดงปริมาณกรดมาลิกที่ไทเทรตได้ของสาลี่ตัดแต่ง

| กลุ่มตัวอย่างการทดลอง | ปริมาณกรดมาลิกที่ไทเทรตได้ (วันที่ทำการวิเคราะห์) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 |
| No Blanching – No Coating (Control) | 0.10±0.02$^{a}$ | 0.11±0.00$^{a}$ | 0.10±0.01$^{a}$ | 0.07±0.01$^{a}$ | 0.09±0.02$^{a}$ |
| No Blanching – Coating | 0.11±0.01$^{a}$ | 0.11±0.01$^{a}$ | 0.10±0.02$^{ab}$ | 0.10±0.01$^{ab}$ | 0.08±0.00$^{b}$ |
| Blanching –No Coating | 0.10±0.00$^{a}$ | 0.10±0.03$^{a}$ | 0.10±0.00$^{a}$ | 0.08±0.01$^{a}$ | 0.10±0.01$^{a}$ |
| Blanching – Coating | 0.11±0.01$^{ab}$ | 0.10±0.01$^{bc}$ | 0.11±0.00$^{a}$ | 0.08±0.00$^{d}$ | 0.08±0.01$^{cd}$ |

หมายเหตุ $X^{1}_{2}$

1. ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ตามวิธีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's multiple range test
2. ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ตามวิธีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's multiple range test




**รูปที่ 4.3** กราฟแสดงปริมาณกรดมาลิกที่ไทเทรตได้ของสาลี่ตัดแต่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการวิเคราะห์หาปริมาณกรดโดยการไทเทรตพบว่า ปริมาณกรดที่ได้จากการไทเทรตมีแนวโน้มที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตามระยะเวลาการเก็บ ซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Porritt and Lidster (1978) และ Olivas and Barbosa-Cánovas (2005) และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณกรดของแต่ละกลุ่มตัวอย่างพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

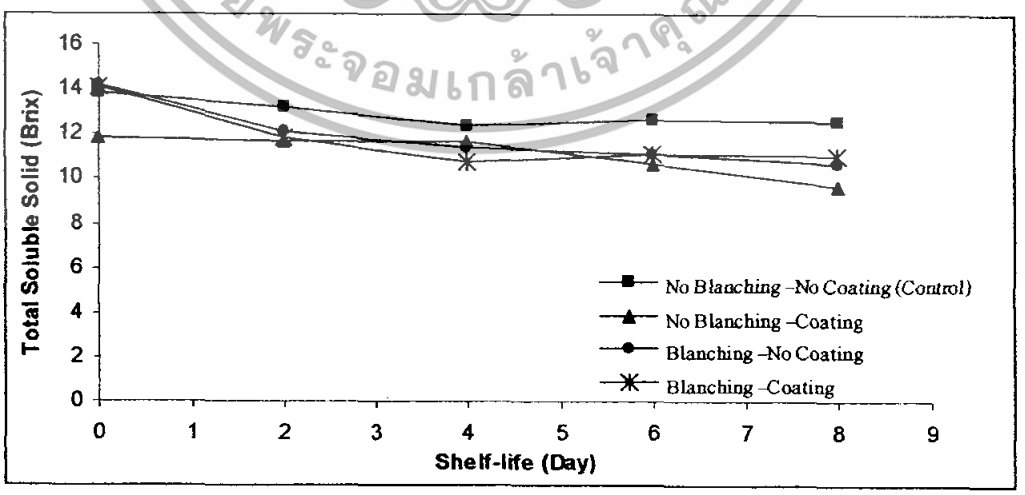
## 4.4 การศึกษาปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (Total Soluble Solid)ของสาลี่ตัดแต่ง

**ตารางที่ 4.4** ตารางแสดงปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ของสาลี่ตัดแต่ง

| กลุ่มตัวอย่างการทดลอง | ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (°Brix) วันที่ทำการวิเคราะห์ | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 |
| No Blanching – No Coating (Control) | $13.85\pm0.64^{a}{}_{x}$ | $13.20\pm0.42^{ab}{}_{x}$ | $12.40\pm0.28^{ab}{}_{x}$ | $12.65\pm0.21^{ab}{}_{x}$ | $12.60\pm0.85^{ab}{}_{x}$ |
| No Blanching – Coating | $11.85\pm1.48^{a}{}_{x}$ | $11.65\pm0.64^{ab}{}_{x}$ | $11.65\pm0.21^{ab}{}_{xy}$ | $10.70\pm0.28^{ab}{}_{y}$ | $9.70\pm0.57^{b}{}_{y}$ |
| Blanching – No Coating | $14.15\pm0.07^{a}{}_{x}$ | $12.10\pm0.57^{b}{}_{x}$ | $11.40\pm0.71^{b}{}_{xy}$ | $11.10\pm0.85^{b}{}_{y}$ | $10.65\pm0.64^{b}{}_{y}$ |
| Blanching – Coating | $14.10\pm0.14^{a}{}_{x}$ | $11.70\pm0.85^{b}{}_{x}$ | $10.75\pm0.07^{b}{}_{y}$ | $11.08\pm0.18^{b}{}_{y}$ | $11.05\pm0.07^{b}{}_{xy}$ |

หมายเหตุ $X^{1}_{2}$

1. ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ตามวิธีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's multiple range test
2. ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ตามวิธีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's multiple range test




**รูปที่ 4.4** กราฟแสดงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของสาลี่ตัดแต่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยปกติแล้วผลไม้จำพวก climacteric มีปริมาณน้ำตาลเพิ่มขึ้นในช่วงแรก และจะลดลงในช่วงหลังของการเก็บรักษา ปริมาณน้ำตาลที่เพิ่มขึ้นเกิดจากการสลายตัวของคาร์โบไฮเดรตโมเลกุลใหญ่ได้น้ำตาลกลูโคส น้ำตาลฟรักโทส และน้ำตาลซูโครส การเก็บรักษาผลไม้ที่อุณหภูมิต่ำทำให้ปริมาณน้ำตาลทั้ง 3 ชนิดลดลง ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองที่ได้ คือทุกกลุ่มตัวอย่างการทดลองมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดลดลงตามระยะเวลาที่เก็บ

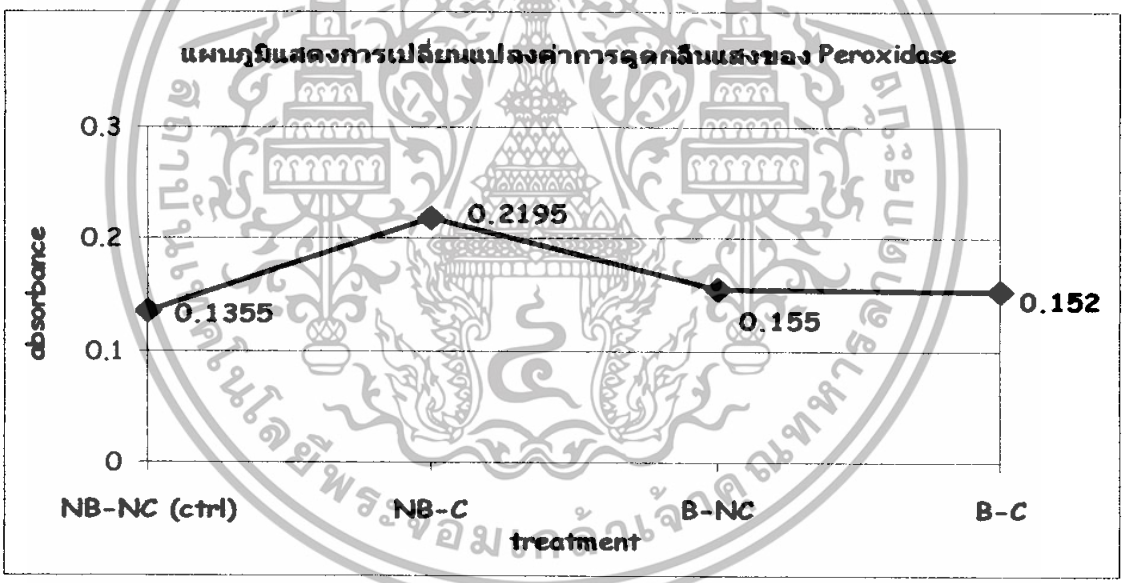
จากตารางที่ 4.4 เมื่อทำการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า หลังจากวันที่ 4 ของการเก็บกลุ่มตัวอย่างที่ผ่านการลวก กลุ่มที่ผ่านการเคลือบ และกลุ่มที่ผ่านทั้งการลวกและการเคลือบมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ผ่านการลวกและการเคลือบ หรือกลุ่มตัวอย่างควบคุม โดยกลุ่มตัวอย่างควบคุมมีการลดลงของปริมาณของแข็งน้อยกว่าอีก 3 กลุ่มตัวอย่างการทดลอง ดังกราฟแสดงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของสาลี่ดัดแต่งในรูปที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.5 การศึกษาปริมาณเอนไซม์ POD (Peroxides Activity) ในสาลี่ตัดแต่ง

**ตารางที่ 4.5** ตารางแสดงค่าการดูดกลืนแสงของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดสของสาลี่ตัดแต่ง

| กลุ่มตัวอย่างการทดลอง | ค่าการดูดกลืนแสง |
|---|---|
| No Blanching – No Coating (Control) | 0.136±0.00 |
| No Blanching – Coating | 0.220±0.00 |
| Blanching – No Coating | 0.155±0.05 |
| Blanching – Coating | 0.152±0.00 |




**รูปที่ 4.5** กราฟแสดงค่าการดูดกลืนแสงของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดสของสาลี่ตัดแต่ง

จากการทดลองตรวจสอบอุณหภูมิภายในผลสาลี่เมื่อลวกสาลี่ที่น้ำอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 9 นาที ทำให้ภายในผลสาลี่มีอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในขณะที่สาลี่ที่ไม่ผ่านการลวก มีอุณหภูมิภายในผล 25 องศาเซลเซียส แต่ทั่วไปแล้วอุณหภูมิที่มีผลต่อการคงตัวของเอนไซม์ส่วนใหญ่ คือช่วงอุณหภูมิ 20-35 องศาเซลเซียส นั่นคืออุณหภูมิภายในลูกสาลี่ไม่สูงพอที่จะทำให้โปรตีนเสียสภาพได้ โดยกลุ่มเอนไซม์พวกฟีนอเลส ซึ่งรวมถึงเอนไซม์เพอร์ออกซิเดส (POD) ด้วยนั้น จะถูกทำให้เสียสภาพได้เมื่ออุณหภูมิสูงถึง 60 องศาเซลเซียส แล้วเท่านั้น นอกจากนี้ในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำยังไม่ทำให้เกิดการสูญเสียความสามารถในการทำงานอีกด้วย ดังนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลองในการสกัดเอนไซม์เพอร์ออกซิเดส (POD) และทำการวิเคราะห์แอคทิวิตี้เอนไซม์ จึงพบว่าการลวกไม่มีผลต่อการยับยั้งแอคทิวิตี้ของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดส (POD) ภายในชิ้นสาลี่ และไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในระหว่างกลุ่มตัวอย่าง (ตารางที่ 4.5 และรูปที่ 4.5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

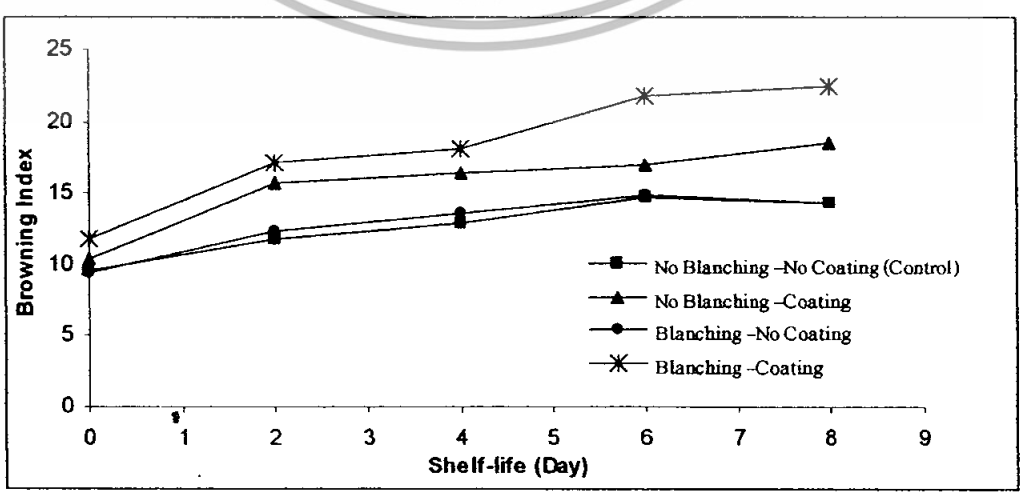
## 4.6 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงสี (Color) ของสาลี่ตัดแต่ง

**ตารางที่ 4.6** ตารางแสดงค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาลของสาลี่ตัดแต่ง

| กลุ่มตัวอย่างการทดลอง | ค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาล วันที่ทำการวิเคราะห์ | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 |
| No Blanching – No Coating (Control) | $9.51\pm0.01^{d}{}_{x}$ | $11.75\pm0.26^{c}{}_{w}$ | $12.91\pm0.07^{cd}{}_{w}$ | $14.70\pm0.40^{a}{}_{z}$ | $14.39\pm1.39^{ab}{}_{y}$ |
| No Blanching – Coating | $10.33\pm0.52^{c}{}_{x}$ | $15.79\pm0.16^{b}{}_{y}$ | $16.37\pm0.23^{ab}{}_{y}$ | $17.01\pm0.83^{ab}{}_{y}$ | $18.53\pm1.53^{a}{}_{xy}$ |
| Blanching –No Coating | $9.47\pm0.81^{c}{}_{x}$ | $12.42\pm0.11^{b}{}_{z}$ | $13.61\pm0.22^{ab}{}_{z}$ | $14.87\pm0.52^{a}{}_{z}$ | $14.39\pm0.54^{a}{}_{y}$ |
| Blanching – Coating | $11.82\pm3.27^{b}{}_{x}$ | $17.19\pm0.25^{a}{}_{x}$ | $18.16\pm0.07^{a}{}_{x}$ | $21.74\pm0.00^{a}{}_{x}$ | $22.54\pm3.30^{a}{}_{x}$ |

หมายเหตุ $X^{1}{}_{2}$

1. ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ตามวิธีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's multiple range test
2. ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ตามวิธีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's multiple range test




**รูปที่ 4.6** กราฟแสดงค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาลของสาลี่ตัดแต่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นสีน้ำตาลในสาลี่เกิดจากปฏิกิริยาที่เกิดจากการเร่งของเอนไซม์ ซึ่งเป็นเอนไซม์กลุ่มฟีนอเลส จากการหั่นและปอก และจากกระบวนการต่างๆซึ่งจะส่งผลต่อการกระทบกระเทือนเซลล์ ทำให้ซับสเตรตสัมผัสกับเอนไซม์ได้ง่ายและมากขึ้น ดังนั้นทุกกลุ่มตัวอย่างจึงมีค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาล (Browning Index ; BI) เพิ่มขึ้น และเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บ 8 วัน

จากตารางที่ 4.5 และรูปที่ 4.6 แสดงให้เห็นว่า กลุ่มที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายเจลาตินมีค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาล(Browning Index ; BI) แตกต่างจากกลุ่มที่ไม่ผ่านการเคลือบอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาล (Browning Index ; BI) สูงกว่ากลุ่มที่ไม่ผ่านการเคลือบสังเกตได้ตั้งแต่วันที่ 2 ของการเก็บจนถึงวันสุดท้ายของการเก็บ นอกจากนี้ยังพบว่ากลุ่มที่ผ่านการลวกจะมีค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาล (Browning Index ; BI) สูงกว่ากลุ่มที่ไม่ผ่านการลวกตลอดระยะเวลาการเก็บด้วยเช่นกัน นั่นคือการลวกที่น้ำอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 9 นาที ทำให้อุณหภูมิภายในลูกสาลี่สูงขึ้นเล็กน้อย ซึ่งไม่เพียงพอที่จะยับยั้งแอคทิวิตี้ของเอนไซม์ได้ แต่กลับเป็นการทำให้ปฏิกิริยาของเอนไซม์เกิดได้ดีขึ้น ดังนั้น สาลี่กลุ่มตัวอย่างผ่านทั้งการเคลือบและการลวกจึงมีค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาล (Browning Index ; BI) สูงสุด และกลุ่มที่ไม่ผ่านการลวกและไม่ผ่านการเคลือบ หรือกลุ่มตัวอย่างควบคุมจึงเป็นกลุ่มที่มีค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาล (Browning Index ; BI) ต่ำสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 5
# สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองเพื่อศึกษาผลของการเคลือบชิ้นสาลี่ พบว่าการเคลือบชิ้นสาลี่ด้วยสารละลายเจลาตินสามารถลดการสูญเสียน้ำหนักได้ แต่ทำให้เนื้อสัมผัสนิ่มลง ในขณะที่ผลจากการลวกโดยจุ่มผลสาลี่ที่น้ำอุณหภูมิ 60°C นาน 9 นาที ไม่ทำให้เกิดความแตกต่างทางด้านเนื้อสัมผัสที่เก็บเป็นเวลา 8 วัน สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณกรดมาลิก และปริมาณของแข็งที่ละลายได้พบว่ามีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บ และ ไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่มตัวอย่างของการวิเคราะห์ปริมาณกรดมาลิก สำหรับการลวกโดยจุ่มผลสาลี่นาน 9 นาทีในน้ำอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส พบว่าทำให้อุณหภูมิจุดกึ่งกลางของสาลี่เท่ากับ 30°C ดังนั้นการลวกจึงไม่สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์พีนอลออกซิเดส (POD) และการเกิดสีน้ำตาลของชิ้นสาลี่ได้ ดังนั้นหากมีการศึกษาต่อไปอาจทดลองโดยการเปลี่ยนอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการลวก รวมถึงวิธีการในการลวก และชนิดของสารเคลือบและความเข้มข้นของสารเคลือบ เพื่อให้ได้ผลที่สามารถยับยั้งการเปลี่ยนแปลงต่างๆของสาลี่ที่ผ่านการตัดแต่ง และทำให้สามารถนำผลไปใช้ประโยชน์ได้ต่อไปในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# เอกสารอ้างอิง


กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2551. สาลี่ Asian Pear. [online]. เข้าถึงได้จาก : http://www.moac.go.th/builder/bhad/sali.php

จริงแท้ ศิริพานิช, รศ. 2541. สรีระวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นุชนารถ ทรัพย์พานิชม, มาริสา เพิ่มเติมสิน และ อัญญารัตน์ ศิริพรพันธ์, 2541. การศึกษาการผลิตฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง. ปริญญาตรี. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

นิธิยา รัตนาปนนท์, ศ.ดร. 2549. เคมีอาหาร (Food Chemistry). กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์

นิธิยา รัตนาปนนท์, ศ.ดร. และ ดนัย บุญยเกียรติ, รศ.ดร. 2548. การปฏิบัติภายหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้ กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์

ปาริฉัตร หงสประภาส. 2545. เคมีกายภาพอาหาร คอลลอยด์ อิมัลชั่นและเจล. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศมวรรณ คล้ายทอง. 2538. การศึกษาอายุการเก็บรักษาสับปะรดกึ่งแปรรูปโดยการเคลือบวุ้นและเจลาติน. ปริญญาตรี. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

ศศิกาญจน์ กองหาโคตร และ อนิรุธ อนันตประยูร. 2547. ฟิล์มที่รับประทานได้ที่ผลิตจากไคโตซานสำหรับเคลือบผักใบ. ปริญญาตรี. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

สำนักบริการส่งออก กรมส่งเสริมการส่งออก. 2546. การจัดการหลังเก็บเกี่ยวผักผลไม้สดเพื่อการแปรรูป.[online]. เข้าถึงได้จาก : www.depthai.go.th/go/content/download/attach?contentId=274&name=???.doc

Lamikanla, O., Watson, A.M., 2007. Mild heat and calcium treatment effects on fresh-cut cantaloupe melon during storage. Journal of Food Chemistry. 102: 1383-1388.

Liu, X., et. al., 2008. Inactivation of peroxidase and polyphenol oxidase in red beet (*Beta vulgaris* L.) extract with high pressure carbon dioxide. Innovative Food Science and Emerging Technologies. 9: 24-31.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Porritt, S. W., Lidster, P.D., 1978. The effect of pre-storage heating on lightening and senescence of apples during cold storage. J. Am. Soc. Hort. Sci. 103: 584-587.

Olivas, G.I., Mantinson, D.S., Barbosa-C´anovas, G.V., 2007. Alginate coatings for preservation of minimally processed 'Gala' apples. Post Postharvest Biology and Technology. 45: 89–96.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ก

## การวิเคราะห์คุณภาพสาลี่ตัดแต่ง

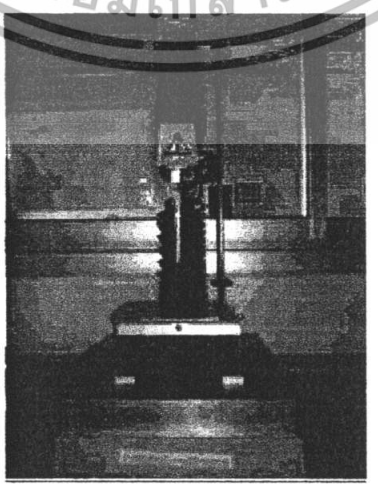
ก. การวิเคราะห์ค่าการสูญเสียน้ำหนัก

ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 10 ชิ้นในวันที่ 0, 2, 4, 6 และ 8 ของการทดลอง นำค่าที่ได้ไปคำนวณหาค่าการสูญเสียน้ำหนัก ตามสมการ

$$\% \text{ การสูญเสียน้ำหนัก} = \frac{[(\text{น้ำหนักชั่งวันที่ 0} - \text{น้ำหนักชั่งวันที่ต้องการวิเคราะห์})]}{\text{น้ำหนักชั่งวันที่ 0}} \times 100$$

ข. การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส

ใช้ Texture Analyzer วัดแรงที่กดชิ้นตัวอย่างลงไปครึ่งหนึ่ง เลือกหน่วยเป็นนิวตัน (N) ทำการวัดชิ้นตัวอย่างจากการสุ่มเลือกมาจำนวน 10 ชิ้น โดยใช้หัวกดแบบทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร ความเร็วในการทดสอบ 1 มิลลิเมตรต่อวินาที วิเคราะห์หาค่าในวันที่ 0, 2, 4, 6 และ 8 ของการทดลอง



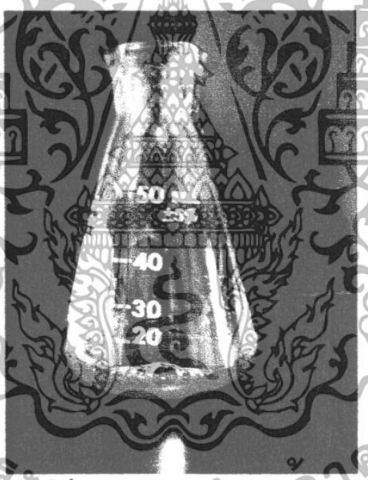
**รูปที่1** เครื่อง Texture Analyzer รุ่น TA.XT2i

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค. การวิเคราะห์ปริมาณกรดมาลิกที่ได้จากการไทเทรต

ในแต่ละตัวอย่างจะทำการหาปริมาณกรดมาลิกทุกๆ 2 วัน เป็นเวลาทั้งหมด 8 วัน โดยสุ่มสาลี่จำนวน 10 ชิ้นไปปั่น แล้วกรองเอาน้ำด้วยผ้าขาวบาง นำน้ำที่ได้ไปเข้าเครื่อง centrifuge ส่วนที่แยกได้ด้านบนคือส่วนที่จะนำไปวิเคราะห์ จากนั้นทำการไทเทรตกรดมาลิกที่อยู่ในน้ำสาลี่ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 โมลาร์ และคำนวณหาจำนวนมิลลิกรัมของกรดมาลิกต่อน้ำสาลี่ 100 มิลลิลิตร ตามสมการของ AOAC

$$\%\text{ปริมาณกรดจากการไทเทรต} = \frac{\text{N base} \times \text{Ml base} \times \text{meq.wt. of malic acid} \times 100}{\text{ปริมาตรสารละลายตัวอย่าง}}$$




รูปที่ 2 แสดงสีที่จุดยุติในการไทเทรตหาปริมาณกรด

ง. การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด

ในแต่ละตัวอย่างจะทำการหาปริมาณกรดมาลิกและของแข็งที่ละลายได้ทุกๆ 2 วัน เป็นเวลาทั้งหมด 8 วัน โดยสุ่มสาลี่จำนวน 10 ชิ้นไปปั่น แล้วกรองเอาน้ำด้วยผ้าขาวบาง นำน้ำที่ได้ไปวิเคราะห์ด้วย Atago Hand Refractometer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จ. การวิเคราะห์หาแอคทิวิตี้ของเอนไซม์ฟีนอลออกซิเดส (POD)

ทำการวิเคราะห์เฉพาะวันแรกของการเก็บ หรือวันที่ 0 โดยมีวิธีการ ดังนี้

1. การสกัดเอนไซม์

1.1 ทำการสกัดเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสโดยคั้นน้ำสาลี่ให้ได้ปริมาณ 10 มิลลิลิตร

1.2 นำไปเข้าเครื่องCentrifuge ความเร็วรอบ 8,000 rpm นาน 20 นาที

1.3 นำไปกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 4 โดยใช้ vacuum pump จะได้สารสกัดเอนไซม์

รูปที่ 3 แสดงรูปเครื่อง centrifuge

2. การเตรียม acetate buffer (pH 5.5)

2.1 ใช้ CH3COONa . 3H2O ปริมาณ 27.2 g ผสมกับ น้ำกลั่น 800 ml. คนให้เข้ากัน

2.2 ปรับ pH ด้วย Glacial Acetic acid ให้ได้ pH 5.5

2.3 ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

3. การเตรียมสารตั้งต้น

3.1 นำ 0.07N Guaiacol 1 ml ผสมกับ 95% EtOH 2 ml แล้วเขย่าแรงๆให้สารเข้ากัน

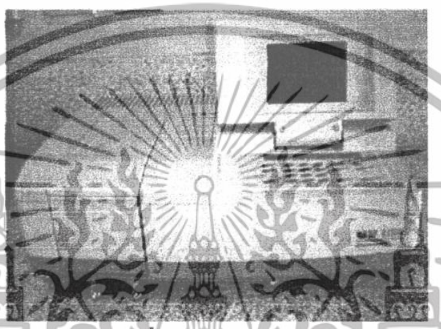
3.2 ปรับปริมาตรด้วย 0.1 N Acetate buffer pH 5.5 ให้ได้ 50 ml.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การหาแอคทิวิตี้เอนไซม์ POD

4.1 นำสารสกัดเอนไซม์ 1 ml. ผสมกับ สารตั้งต้น 1 ml. และ 30% $H_2O_2$ ทิ้งไว้ 1 นาทีเพื่อให้สารละลายทำปฏิกิริยากัน

4.2 นำสารละลายที่ทิ้งไว้ไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง UV-Vis spectrophotometer ความยาวคลื่น 470 นาโนเมตร

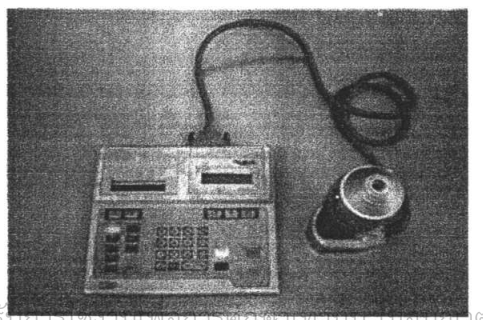


รูปที่ 4 แสดงรูปเครื่อง UV-Vis spectrophotometer

ฉ. การวิเคราะห์การเกิดสีน้ำตาล

สุ่มเลือกชิ้นตัวอย่างมาจำนวน 10 ชิ้น ใช้เครื่องมือวัดสี Colorimeter (Minolta CR 400) วัดชิ้นตัวอย่าง โดยทำการวิเคราะห์ในวันที่ 0, 2, 4, 6 และ 8 ของการทดลอง ค่าที่ได้จากการวัดจะได้เป็นค่าในระบบ CIELAB scale (L*, a*, b*) นำค่าที่ได้มาคำนวณหาค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาล (Browning Index ; BI) ตามสมการ (Buera *et al.*, 1985)

| | | | |
|---|---|---|---|
| | ค่า BI | = | 100(x-0.51)/0.172 |
| โดย | ค่า x | = | (a + 1.75L)/(5.645L + a – 3.12b) |



**รูปที่ 5** แสดงรูปเครื่องมือวัดสี Colorimeter (Minolta CR 400)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ข

## การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

**ตาราง** แสดงความสัมพันธ์ทางสถิติระหว่างการลวกการเคลือบเจลาตินและระยะเวลาในการเก็บต่อการสูญเสียน้ำหนักของสาลี่ตัดแต่ง

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: wl

| Source | | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Intercept | Hypothesis | 2035.330 | 1 | 2035.330 | 312.235 | .000 |
| | Error | 32.593 | 5 | 6.519(a) | | |
| day | Hypothesis | 884.362 | 4 | 221.091 | 33.917 | .001 |
| | Error | 32.593 | 5 | 6.519(a) | | |
| treat | Hypothesis | 115.437 | 3 | 38.479 | 62.215 | .000 |
| | Error | 9.277 | 15 | .618(b) | | |
| treat * day | Hypothesis | 32.517 | 12 | 2.710 | 4.381 | .004 |
| | Error | 9.277 | 15 | .618(b) | | |
| rep(day) | Hypothesis | 32.593 | 5 | 6.519 | 10.540 | .000 |
| | Error | 9.277 | 15 | .618(b) | | |
| treat * rep(day) | Hypothesis | 9.277 | 15 | .618 | . | . |
| | Error | .000 | 0 | .(c) | | |

a MS(rep(day))
b MS(treat * rep(day))
c MS(Error)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตาราง** แสดงความสัมพันธ์ทางสถิติระหว่างการลวก-การเคลือบเจลาตินและระยะเวลาในการเก็บต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัส

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: text

| Source | | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Intercept | Hypothesis | 3824.978 | 1 | 3824.978 | 9869.456 | .000 |
| | Error | 1.938 | 5 | .388(a) | | |
| day | Hypothesis | 44.540 | 4 | 11.135 | 28.731 | .001 |
| | Error | 1.938 | 5 | .388(a) | | |
| treat | Hypothesis | 13.719 | 3 | 4.573 | 13.587 | .000 |
| | Error | 5.048 | 15 | .337(b) | | |
| treat * day | Hypothesis | 19.218 | 12 | 1.602 | 4.759 | .003 |
| | Error | 5.048 | 15 | .337(b) | | |
| rep(day) | Hypothesis | 1.938 | 5 | .388 | 1.152 | .377 |
| | Error | 5.048 | 15 | .337(b) | | |
| treat * rep(day) | Hypothesis | 5.048 | 15 | .337 | . | . |
| | Error | .000 | 0 | .(c) | | |

a MS(rep(day))
b MS(treat * rep(day))
c MS(Error)

**ตาราง** แสดงความสัมพันธ์ทางสถิติระหว่างการลวก-การเคลือบเจลาตินและระยะเวลาในการเก็บต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: ta

| Source | | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Intercept | Hypothesis | .359 | 1 | .359 | 2642.276 | .000 |
| | Error | .001 | 5 | .000(a) | | |
| day | Hypothesis | .004 | 4 | .001 | 6.675 | .031 |
| | Error | .001 | 5 | .000(a) | | |
| treat | Hypothesis | .000 | 3 | 6.15E-005 | .386 | .765 |
| | Error | .002 | 15 | .000(b) | | |
| treat * day | Hypothesis | .002 | 12 | .000 | 1.231 | .347 |
| | Error | .002 | 15 | .000(b) | | |
| rep(day) | Hypothesis | .001 | 5 | .000 | .853 | .534 |
| | Error | .002 | 15 | .000(b) | | |
| treat * rep(day) | Hypothesis | .002 | 15 | .000 | . | . |
| | Error | .000 | 0 | .(c) | | |

a MS(rep(day))
b MS(treat * rep(day))
c MS(Error)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตาราง** แสดงความสัมพันธ์ทางสถิติระหว่างการลวก-การเคลือบเจลาตินและระยะเวลาในการเก็บต่อปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: tss

| Source | | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Intercept | Hypothesis | 5679.881 | 1 | 5679.881 | 10745.902 | .000 |
| | Error | 2.643 | 5 | .529(a) | | |
| day | Hypothesis | 30.315 | 4 | 7.579 | 14.338 | .006 |
| | Error | 2.643 | 5 | .529(a) | | |
| treat | Hypothesis | 17.323 | 3 | 5.774 | 18.938 | .000 |
| | Error | 4.573 | 15 | .305(b) | | |
| treat * day | Hypothesis | 9.078 | 12 | .757 | 2.481 | .050 |
| | Error | 4.573 | 15 | .305(b) | | |
| rep(day) | Hypothesis | 2.643 | 5 | .529 | 1.734 | .188 |
| | Error | 4.573 | 15 | .305(b) | | |
| treat * rep(day) | Hypothesis | 4.573 | 15 | .305 | . | . |
| | Error | .000 | 0 | .(c) | | |

a MS(rep(day))
b MS(treat * rep(day))
c MS(Error)

**ตาราง** แสดงความสัมพันธ์ทางสถิติระหว่างการลวก-การเคลือบเจลาตินและระยะเวลาในการเก็บต่อปริมาณแอคทิวิตี้ของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดส (POD)

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: enz

| Source | | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Intercept | Hypothesis | .044 | 1 | .044 | 248.438 | .000 |
| | Error | .001 | 5 | .000(a) | | |
| day | Hypothesis | .175 | 4 | .044 | 248.438 | .000 |
| | Error | .001 | 5 | .000(a) | | |
| treat | Hypothesis | .002 | 3 | .001 | .567 | .645 |
| | Error | .014 | 15 | .001(b) | | |
| treat * day | Hypothesis | .007 | 12 | .001 | .567 | .837 |
| | Error | .014 | 15 | .001(b) | | |
| rep(day) | Hypothesis | .001 | 5 | .000 | .182 | .965 |
| | Error | .014 | 15 | .001(b) | | |
| treat * rep(day) | Hypothesis | .014 | 15 | .001 | . | . |
| | Error | .000 | 0 | .(c) | | |

a MS(rep(day))
b MS(treat * rep(day))
c MS(Error)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตาราง** แสดงความสัมพันธ์ทางสถิติระหว่างการลวก-การเคลือบเจลาตินและระยะเวลาในการเก็บต่อค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาล

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: bi

| Source | | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Intercept | Hypothesis | 8847.650 | 1 | 8847.650 | 4766.526 | .000 |
| | Error | 9.281 | 5 | 1.856(a) | | |
| day | Hypothesis | 265.197 | 4 | 66.299 | 35.718 | .001 |
| | Error | 9.281 | 5 | 1.856(a) | | |
| treat | Hypothesis | 208.493 | 3 | 69.498 | 54.285 | .000 |
| | Error | 19.203 | 15 | 1.280(b) | | |
| treat * day | Hypothesis | 31.990 | 12 | 2.666 | 2.082 | .090 |
| | Error | 19.203 | 15 | 1.280(b) | | |
| rep(day) | Hypothesis | 9.281 | 5 | 1.856 | 1.450 | .264 |
| | Error | 19.203 | 15 | 1.280(b) | | |
| treat * rep(day) | Hypothesis | 19.203 | 15 | 1.280 | . | . |
| | Error | .000 | 0 | .(c) | | |

a MS(rep(day))
b MS(treat * rep(day))
c MS(Error)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ประวัติผู้เขียน

นางสาวมัญชุมาศ ฤกษ์มงคล เกิดเมื่อวันที่ 15 ตุลาคม พ.ศ. 2528 สำเร็จการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนสตรีวิทยา จังหวัดกรุงเทพมหานคร ในปี พ.ศ. 2546 สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต จากคณะอุตสาหกรรมเกษตร สาขาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

นางสาวศศิธร ลี้ภัยรีเวส เกิดเมื่อวันที่ 20 ธันวาคม พ.ศ. 2528 สำเร็จการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาจากโรงเรียนศึกษานารี จังหวัดกรุงเทพมหานคร ในปี พ.ศ. 2546 สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต จากคณะอุตสาหกรรมเกษตร สาขาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้