

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานการวิจัย

เทคนิคการตรวจสอบอย่างไหลภายในผลมังคุดแบบไม่ทำลายโดยวิธีการวัดการดูดกลืนพลังงานแสงในช่วงความยาวคลื่นที่ตามองเห็นและช่วงใกล้อินฟราเรด

Non-destructive Technique for Detection of Gamboge in Mangosteen by
VIS-NIR Spectroscopy

1. นายสนธิสุข ชีระชัยขุติ
2. นายอนุพันธ์ เทอดวงศ์วรกุล
3. นางวารุณี ธนะแพสย์

RCH
SB
349
M25
ส 192 ก
ก. 2

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน **116148**
วันเดือนปี - 2 1110 2554

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2553

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่นใด
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้ง
b. 1161480
i.

ชื่อโครงการ เทคนิคการตรวจสอบยางไหลภายในผลมังคุดแบบไม่ทำลายโดยวิธีการวัดการดูดกลืนพลังงานแสงในช่วงความยาวคลื่นที่ตามองเห็นและช่วงใกล้อินฟราเรด
Non-destructive Technique for Detection of Gamboge in Mangosteen by VIS-NIR Spectroscopy

แหล่งเงิน ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2553 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 155,500 บาท
ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ ตุลาคม 2552 ถึง กันยายน 2553

หัวหน้าโครงการ: นายสนธิสุข ธีระชัยชยติ

คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
โทรศัพท์ 02 329 8000 ต่อ 7267 โทรสาร 02 329 8527 E-mail: ktsontis@kmitl.ac.th

ผู้ร่วมโครงการวิจัย: 1. นายอนุพันธ์ เทอดวงศ์วรกุล

คณะวิศวกรรมศาสตร์กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โทรศัพท์/โทรสาร 0-29428003-10 ต่อ 3521 / 034-281098 E-mail: fengant@ku.ac.th

2. นางวารุณี ณะแพสย์

สถาบันคั้นคว่ำและพัฒนาผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรและอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โทรศัพท์/โทรสาร 0-29428600-3 / 0-25620338-9 E-mail: aapwnt@ku.ac.th

คำสำคัญ (Keywords): มังคุด, อาการยางไหล, คุณสมบัติทางสรีรศาสตร์, ไม่ทำลาย, สายตามองเห็น และ ใกล้อินฟราเรด (Mangosteen; Gamboge; Physiological properties; Non-destructive; Visible; Near infrared)

บทคัดย่อ

เนื่องจากปัญหาอาการยางไหลภายในมังคุดเป็นปัญหาด้านคุณภาพที่มีผลกระทบต่อ การส่งออก ดังนั้น การตรวจสอบเพื่อคัดแยกมังคุดยางไหลจึงมีความต้องการในปัจจุบัน เพื่อให้ได้ข้อมูลไปใช้งาน ในการออกแบบเครื่องมือคัดแยกมังคุดยางไหลแบบไม่ทำลาย งานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาคูสมบัติทางสรีรศาสตร์ของมังคุดที่มีอาการยางไหลเปรียบเทียบกับคุณสมบัติของมังคุดปกติ จากผลการศึกษาพบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของกลุ่มมังคุดยางไหลจะต่ำกว่าของกลุ่มมังคุดปกติ ขณะที่ค่าความเป็นกรดของกลุ่มมังคุดยางไหลจะสูงกว่าของกลุ่มมังคุดปกติ และค่าความหนาแน่นของกลุ่มมังคุดยางไหลพบว่ามีค่าสูงกว่าของกลุ่มมังคุดปกติ เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติตามเวลาของการเก็บรักษา พบว่าค่าความหนาแน่นของมังคุดจะลดลงตามเวลาที่เก็บรักษา โดยค่าความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนาแน่นของมังคุดยางไหลจะมีค่ามากกว่าของผลมังคุดปกติในทุกช่วงเวลา นอกจากนี้ มังคุดยางไหลที่มีระดับความรุนแรงมากกว่าจะมีค่าความหนาแน่นที่มากกว่าด้วย และพบว่าค่าการสูญเสียน้ำหนักของมังคุดจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาของการเก็บรักษา โดยมังคุดยางไหลจะมีค่าการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่ามังคุดปกติ นอกจากนี้ยังพบว่ามังคุดยางไหลที่มีระดับความรุนแรงมากกว่าจะมีค่าการสูญเสียน้ำหนักที่มากกว่าเช่นกัน

อาการยางไหลไม่สามารถคัดแยกได้ด้วยตาเปล่า ดังนั้น เทคนิคการใช้แสงช่วงความยาวคลื่นที่ตามองเห็นและช่วงใกล้อินฟราเรดจึงถูกนำมาใช้เพื่อตรวจสอบอาการยางไหลแบบไม่ทำลายในงานวิจัยนี้ มังคุดวัย 3-4 ถูกนำมาตรวจวัดด้วยเครื่องมือวัดการดูดกลืนแสงแบบทะลุผ่าน 2 แบบในสองช่วงความยาวคลื่น (400-600 นาโนเมตร และ 655-955 นาโนเมตร) มังคุดจำนวน 300 ตัวอย่างถูกนำมาใช้สำหรับการศึกษา (150 ตัวอย่าง สำหรับการวัดในช่วงแสงความยาวคลื่นที่ตามองเห็นและ 150 ตัวอย่าง สำหรับการวัดในช่วงแสงความยาวคลื่นใกล้อินฟราเรด) มังคุดแต่ละตัวอย่างทำการวัด 4 จุดรอบๆกึ่งกลางผลระยะห่างทุกๆ 90 องศา แบ่งกลุ่มมังคุดออกเป็น กลุ่มมังคุดปกติและกลุ่มมังคุดยางไหล โดยอาการผิดปกติภายในมังคุดอื่นๆ ได้แก่ อาการเนื้อแก้วและเปลือกแข็ง ไม่นำมาพิจารณาในงานวิจัยนี้ ในการวิเคราะห์ให้ข้อมูลสเปกตรัมเฉลี่ยของแต่ละตัวอย่าง โดยผลวิเคราะห์ที่ดีที่สุดสำหรับการใช้แสงช่วงความยาวคลื่นที่ตามองเห็นคือการใช้ข้อมูลดิบที่ได้จากการวัด ขณะที่การปรับแต่งข้อมูลด้วยวิธี MSC ให้ผลการวิเคราะห์ที่ดีที่สุดสำหรับการใช้แสงช่วงใกล้อินฟราเรด ในการพิจารณาความแตกต่างของกลุ่มมังคุดยางไหลและกลุ่มมังคุดปกติใช้ PCA ในการวิเคราะห์ จากผลวิเคราะห์พบว่าไม่สามารถแยกกลุ่มทั้งสองได้อย่างสมบูรณ์แต่พบว่า การใช้แสงช่วงความยาวคลื่นที่ตามองเห็นสามารถแยกกลุ่มได้ดีกว่าการใช้แสงช่วงใกล้อินฟราเรดเนื่องจากมีบริเวณที่ทับซ้อนกันของทั้งสองกลุ่มน้อยกว่า ใช้เมื่อนำสมการสำหรับการคัดแยกกลุ่มมาพิจารณาความสามารถในการคัดแยก พบว่าที่ความยาวคลื่น 465 นาโนเมตร มีความสำคัญที่สุดสำหรับการใช้แสงช่วงความยาวคลื่นที่ตามองเห็นและที่ความยาวคลื่น 675 นาโนเมตร มีความสำคัญที่สุดสำหรับการใช้แสงช่วงใกล้อินฟราเรด ผลการคัดแยกโดยวิธี leave-one-out cross validation พบว่ามีความแม่นยำ 89.3 % และ 81.3 % สำหรับการใช้แสงช่วงความยาวคลื่นที่ตามองเห็นและการใช้แสงช่วงใกล้อินฟราเรดตามลำดับ งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าการใช้เทคนิคการดูดกลืนแสงแบบทะลุผ่านช่วงความยาวคลื่นที่ตามองเห็นสำหรับการตรวจสอบอาการยางไหลในมังคุดมีความเป็นไปได้และได้ผลดีกว่าการใช้เทคนิคการดูดกลืนแสงแบบทะลุผ่านช่วงความยาวคลื่นใกล้อินฟราเรด

Abstract

Due to an internal disorder called ‘gamboge’ affects the quality of mangosteen for export. Therefore inspection for sorting gamboge mangosteen is required. In order to obtain the information for designing the non-destructive sorting equipment, the physiological properties of gamboges mangosteen were studied and compared to sound mangosteen in this research. The result showed that total soluble solids content (SSC) of gamboge mangosteen group was less than sound mangosteen group's. While titratable acidity of gamboge mangosteen group was higher than those of sound mangosteen group and density of gamboge mangosteen was higher than sound mangosteen's. For investigate the properties of mangosteen with storage time, the density of mangosteen was reduced with time and the density of gamboges mangosteen was higher than sound mangosteen's in every period of time. Not only that, the density of mangosteen with higher gamboge severity was higher than those of mangosteen with lower gamboge severity. We found that the weight loss of mangosteen was increased with storage time. The weight loss of gamboge mangosteen was increased with time and the weight loss of gamboges mangosteen was lower than sound mangosteen's in every period of time. Moreover, the weight loss of mangosteen with higher gamboge severity was higher than those of mangosteen with lower gamboge severity.

Gamboge disorder cannot be sorted by normal visual inspection. Therefore, application of visible and SW-NIR techniques were considered to detect gamboge in intact mangosteen fruits nondestructively in this research. Mangosteen fruits with maturity stages of 3-4 were scanned by two types of transmittance spectrophotometers at two wavelength regions (400-600 nm and 655-955 nm). Total of 300 samples were used for this study (150 samples for visible measurement and 150 samples for SW-NIR measurement). Each sample was measured at 4 points around the fruit at the equatorial points 90° apart. Mangosteen fruits were divided for a group of sound samples and a group of gamboge sample. Samples with other internal defects such as translucent flesh and hardening pericarp were not considered in this research.

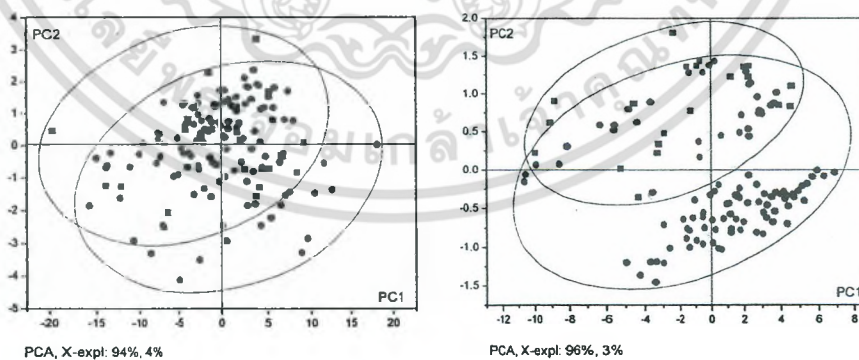
Four raw spectra of each sample were averaged for this analysis. The optimum result obtained by using original spectra for visible spectroscopy and the spectra pretreated with MSC method was showed to give the best result for NIR spectroscopy. To provide a differentiation

between gamboge and sound samples, a principal component analysis (PCA) was considered. Although there is not a complete separation between clusters, the discrimination of clusters in visible spectroscopy looks better than those in NIR spectroscopy as there is less overlap of clusters in score plot. To investigate the performance of discrimination, the canonical discriminant functions were considered. The most impact wavelengths were found at 465 nm for visible spectrophotometer and 675 nm for NIR spectrophotometer. The classification results obtained by leave-one-out cross validation offered the accuracy of 89.3 % and 81.3 % for visible spectrophotometer and NIR spectrophotometer respectively. This research demonstrated that the visible transmittance spectroscopy is feasible to detect gamboge mangosteen fruits with better results compared with NIR transmittance spectroscopy.

รูปผลงานวิจัย



ลักษณะของมังคุดยางไหลที่มีความรุนแรง



PCA score plot ของกลุ่มมังคุดปกติและกลุ่มมังคุดยางไหลในช่วงความยาวคลื่นใกล้อินฟราเรด (ซ้าย) และในช่วงความยาวคลื่นที่สายตามองเห็น(ขวา)
(■ = มังคุดยางไหล และ ● = มังคุดปกติ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ในงานวิจัยนี้ ผู้จัดทำต้องขอขอบพระคุณ คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้การสนับสนุนในด้านต่างๆ จนทำให้งานวิจัยนี้เสร็จสิ้นได้ด้วยดี และต้องขอขอบพระคุณ ห้องปฏิบัติการคั้นคว่ำและพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้ความช่วยเหลือในการใช้ห้องปฏิบัติการและเครื่องมือวัดค่าการดูดกลืนพลังงานแสง ด้วยเครื่อง Visible Spectrometer และ NIR Spectrometer



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

เนื่องจากปัญหาอาการยางไหลภายในมังคุดเป็นปัญหาด้านคุณภาพที่มีผลกระทบต่อ การส่งออก ดังนั้น การตรวจสอบเพื่อคัดแยกมังคุดยางไหลจึงมีความต้องการในปัจจุบัน เพื่อให้ได้ข้อมูลไปใช้งาน ในการออกแบบเครื่องมือคัดแยกมังคุดยางไหลแบบไม่ทำลาย งานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาคุณสมบัติ ทางสรีรศาสตร์ของมังคุดที่มีอาการยางไหลเปรียบเทียบกับคุณสมบัติของมังคุดปกติ จากผลการศึกษา พบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของกลุ่มมังคุดยางไหลจะต่ำกว่าของกลุ่มมังคุดปกติ ขณะที่ค่าความเป็นกรดของกลุ่มมังคุดยางไหลจะสูงกว่าของกลุ่มมังคุดปกติ และค่าความหนาแน่นของ กลุ่มมังคุดยางไหลพบว่า มีค่าสูงกว่าของกลุ่มมังคุดปกติ เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติตาม เวลาของการเก็บรักษา พบว่าค่าความหนาแน่นของมังคุดจะลดลงตามเวลาที่เก็บรักษาโดยค่าความ หนาแน่นของมังคุดยางไหลจะมีค่ามากกว่าของผลมังคุดปกติในทุกช่วงเวลา นอกจากนี้ มังคุดยางไหล ที่มีระดับความรุนแรงมากกว่าจะมีค่าความหนาแน่นที่มากกว่าด้วย และพบว่าค่าการสูญเสียน้ำหนักของ มังคุดจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาของการเก็บรักษา โดยมังคุดยางไหลจะมีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่า มังคุดปกติ นอกจากนี้ยังพบว่ามังคุดยางไหลที่มีระดับความรุนแรงมากกว่าจะมีค่าการสูญเสียน้ำหนักที่ มากกว่าเช่นกัน

อาการยางไหลไม่สามารถคัดแยกได้ด้วยการตาเปล่า ดังนั้น เทคนิคการใช้แสงช่วงความยาว คลื่นที่ตามองเห็นและช่วงใกล้อินฟราเรดจึงถูกนำมาใช้เพื่อตรวจสอบอาการยางไหลแบบไม่ทำลายใน งานวิจัยนี้ มังคุดวัย 3-4 ถูกนำมาตรวจวัดด้วยเครื่องมือวัดการดูดกลืนแสงแบบทะลุผ่าน 2 แบบในสอง ช่วงความยาวคลื่น (400-600 นาโนเมตร และ 655-955 นาโนเมตร) มังคุดจำนวน 300 ตัวอย่างถูก นำมาใช้สำหรับการศึกษา (150 ตัวอย่าง สำหรับการวัดในช่วงแสงความยาวคลื่นที่ตามองเห็นและ 150 ตัวอย่าง สำหรับการวัดในช่วงแสงความยาวคลื่นใกล้อินฟราเรด) มังคุดแต่ละตัวอย่างทำการวัด 4 จุด รอบๆกึ่งกลางผลระยะห่างทุกๆ 90 องศาแบ่งกลุ่มมังคุดออกเป็น กลุ่มมังคุดปกติและกลุ่มมังคุดยาง ไหล โดยอาการผิดปกติภายในมังคุดอื่นๆ ได้แก่ อาการเนื้อแก้วและเปลือกแข็งไม่นำมาพิจารณาใน งานวิจัยนี้ ในการวิเคราะห์ใช้ข้อมูลสเปกตรัมเฉลี่ยของแต่ละตัวอย่าง โดยผลวิเคราะห์ที่ดีที่สุดสำหรับการ ใช้แสงช่วงความยาวคลื่นที่ตามองเห็นคือการ ใช้ข้อมูลดิบที่ได้จากการวัด ขณะที่การปรับแต่งข้อมูล ด้วยวิธี MSC ให้ผลการวิเคราะห์ที่ดีที่สุดสำหรับการ ใช้แสงช่วงใกล้อินฟราเรด ในการพิจารณาความ แตกต่างของกลุ่มมังคุดยางไหลและกลุ่มมังคุดปกติใช้ PCA ในการวิเคราะห์ จากผลวิเคราะห์พบว่าไม่ สามารถแยกกลุ่มทั้งสองได้อย่างสมบูรณ์แต่พบว่า การใช้แสงช่วงความยาวคลื่นที่ตามองเห็นสามารถ แยกกลุ่มได้ดีกว่าการใช้แสงช่วงใกล้อินฟราเรดเนื่องจากมีบริเวณที่ทับซ้อนกันของทั้งสองกลุ่มน้อย

กว่า ใช้เมื่อนำสมการสำหรับการคัดแยกกลุ่มมาพิจารณาความสามารถในการคัดแยก พบว่าที่ความยาวคลื่น 465 นาโนเมตร มีความสำคัญที่สุดสำหรับการใช้แสงช่วงความยาวคลื่นที่ตามองเห็นและที่ความยาวคลื่น 675 นาโนเมตร มีความสำคัญที่สุดสำหรับการใช้แสงช่วงใกล้อินฟราเรด ผลการคัดแยกโดยวิธี leave-one-out cross validation พบว่ามีความแม่นยำ 89.3 % และ 81.3 % สำหรับการใช้แสงช่วงความยาวคลื่นที่ตามองเห็นและการใช้แสงช่วงใกล้อินฟราเรดตามลำดับ งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าการใช้เทคนิคการดูคลื่นแสงแบบทะลุผ่านช่วงความยาวคลื่นที่ตามองเห็นสำหรับการตรวจสอบอาการยางไหลในมังคุดมีความเป็นไปได้และได้ผลดีกว่าการใช้เทคนิคการดูคลื่นแสงแบบทะลุผ่านช่วงความยาวคลื่นใกล้อินฟราเรด

คำสำคัญ: มังคุด, อาการยางไหล, คุณสมบัติทางสรีรศาสตร์, ไม่ทำลาย, สายตามองเห็น และ ใกล้อินฟราเรด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Abstract

Due to an internal disorder called 'gamboge' affects the quality of mangosteen for export. Therefore inspection for sorting gamboge mangosteen is required. In order to obtain the information for designing the non-destructive sorting equipment, the physiological properties of gamboges mangosteen were studied and compared to sound mangosteen in this research. The result showed that total soluble solids content (SSC) of gamboge mangosteen group was less than sound mangosteen group's. While titratable acidity of gamboge mangosteen group was higher than those of sound mangosteen group and density of gamboge mangosteen was higher than sound mangosteen's. For investigate the properties of mangosteen with storage time, the density of mangosteen was reduced with time and the density of gamboges mangosteen was higher than sound mangosteen's in every period of time. Not only that, the density of mangosteen with higher gamboge severity was higher than those of mangosteen with lower gamboge severity. We found that the weight loss of mangosteen was increased with storage time. The weight loss of gamboge mangosteen was increased with time and the weight loss of gamboges mangosteen was lower than sound mangosteen's in every period of time. Moreover, the weight loss of mangosteen with higher gamboge severity was higher than those of mangosteen with lower gamboge severity.

Gamboge disorder cannot be sorted by normal visual inspection. Therefore, application of visible and SW-NIR techniques were considered to detect gamboge in intact mangosteen fruits nondestructively in this research. Mangosteen fruits with maturity stages of 3-4 were scanned by two types of transmittance spectrophotometers at two wavelength regions (400-600 nm and 655-955 nm). Total of 300 samples were used for this study (150 samples for visible measurement and 150 samples for SW-NIR measurement). Each sample was measured at 4 points around the fruit at the equatorial points 90° apart. Mangosteen fruits were divided for a group of sound samples and a group of gamboge sample. Samples with other internal defects such as translucent flesh and hardening pericarp were not considered in this research.

Four raw spectra of each sample were averaged for this analysis. The optimum result obtained by using original spectra for visible spectroscopy and the spectra pretreated with MSC

method was showed to give the best result for SW-NIR spectroscopy. To provide a differentiation between gamboge and sound samples, a principal component analysis (PCA) was considered. Although there is not a complete separation between clusters, the discrimination of clusters in visible spectroscopy looks better than those in NIR spectroscopy as there is less overlap of clusters in score plot. To investigate the performance of discrimination, the canonical discriminant functions were considered. The most impact wavelengths were found at 465 nm for visible spectrophotometer and 675 nm for NIR spectrophotometer. The classification results obtained by leave-one-out cross validation offered the accuracy of 89.3 % and 81.3 % for visible spectrophotometer and NIR spectrophotometer respectively. This research demonstrated that the visible transmittance spectroscopy is feasible to detect gamboge mangosteen fruits with better results compared with NIR transmittance spectroscopy.

Keywords: Mangosteen; Gamboge; Physiological properties; Non-destructive; Visible; Near infrared

สารบัญ

	หน้า
ปก.....	1
กิตติกรรมประกาศ.....	6
บทคัดย่อ.....	7
สารบัญ.....	11
สารบัญตาราง.....	13
สารบัญภาพ.....	14
บทที่ 1 บทนำ.....	16
1.1 ที่มาและความสำคัญ.....	16
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	17
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	17
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	18
บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	19
2.1 ลักษณะทั่วไปของมังคุด.....	19
2.2 พันธุ์มังคุด.....	22
2.3 การเปลี่ยนสีของผลมังคุด.....	22
2.4 โรคยางไหลของผลมังคุด.....	25
2.5 อาการยางตกในผลมังคุด เกิดขึ้นได้ 2 กรณี.....	26
2.6 ประโยชน์ของมังคุด.....	27
2.7 ความหนาแน่นและการสูญเสียน้ำหนัก.....	27
2.8 การวิเคราะห์ความหวานของผลไม้ด้วย Refractometer.....	30
2.9 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ.....	30
2.10 พลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า.....	32
2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	34
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	36
3.1 แหล่งวัตถุดิบ.....	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีก้นำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.2 วัสดุอุปกรณ์.....	36
3.3 วิธีการทดลอง.....	37
3.4 สถานที่ทำการทดลอง.....	39
บทที่ 4 ผลการทดลอง.....	40
4.1 ตอนที่ 1 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางสรีรศาสตร์ของมังกูดยางไหลเปรียบเทียบกับมังกูดปกติ.....	43
4.2 ตอนที่ 2 ผลการศึกษาคุณสมบัติของมังกูดยางไหลที่มีระดับความรุนแรงต่างกัน.....	46
4.3 ตอนที่ 3 ผลการศึกษาสเปกตรัมของมังกูดที่มีอาการยางไหลภายในและมังกูดปกติโดยใช้เทคนิคการดูดกลืนพลังงานแสงในย่านความยาวคลื่นที่สายตามองเห็นและใกล้อินฟราเรด.....	50
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....	61
บรรณานุกรม.....	62
ภาคผนวก ก.....	66
ภาคผนวก ข.....	70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1	แสดงค่าเฉลี่ยน้ำหนักผลขนาดต่างๆ และร้อยละของน้ำหนักเปลือก กลีบเลี้ยง เมล็ด เนื้อและ จำนวนเมล็ดสมบูรณ์ต่อผล.....25
4.1	เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการคัดแยกมังคุดปกติและมังคุดยางไหล โดยใช้เทคนิคการดูด กลืนแสงในช่วงความยาวคลื่นใกล้อินฟราเรดและในช่วงที่สายตามองเห็น60
ก.1	สภาวะของเครื่องมือที่ใช้ในการวัดสเปกตรา.....69



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 แสดงมัจจุคในระดับสีต่างๆ.....	24
2.2 อาการขงไหลที่เกิดขึ้นภายในมัจจุค.....	26
2.3 อุปกรณ์หาปริมาตรและความถ่วงจำเพาะของมัจจุค.....	29
3.1 มัจจุคจากตลาดขายส่งผลไม้.....	36
4.1 ลักษณะของมัจจุคปกติ.....	40
4.2 ลักษณะของมัจจุคยางไหลที่มีความรุนแรงน้อยกว่า 25% ของพื้นที่.....	41
4.3 ลักษณะของมัจจุคยางไหลที่มีความรุนแรง 26-50% ของพื้นที่.....	41
4.4 ลักษณะของมัจจุคยางไหลที่มีความรุนแรง 51-75% ของพื้นที่.....	42
4.5 ลักษณะของมัจจุคยางไหลที่มีความรุนแรงมากกว่า 75% ของพื้นที่.....	42
4.6 ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดเฉลี่ยของมัจจุค: 1 คือ กลุ่มมัจจุคปกติ 2 คือกลุ่มมัจจุค ยางไหล.....	43
4.7 Box plot แสดงค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของมัจจุค: 1 คือ กลุ่มมัจจุคปกติ 2 คือกลุ่มมัจจุคยางไหล.....	44
4.8 ค่าความเป็นกรดเฉลี่ยของมัจจุค: 1 คือ กลุ่มมัจจุคปกติ 2 คือกลุ่มมัจจุคยางไหล.....	45
4.9 Box plot แสดงค่าความเป็นกรดของมัจจุค: 1 คือ กลุ่มมัจจุคปกติ 2 คือกลุ่มมัจจุคยางไหล.....	46
4.10 ค่าความหนาแน่นเฉลี่ยของกลุ่มมัจจุคปกติและกลุ่มมัจจุคยางไหลที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา.....	47
4.11 ค่าความหนาแน่นเฉลี่ยของกลุ่มมัจจุคยางไหลที่มีระดับความรุนแรงต่างกัน.....	48
4.12 ค่าการสูญเสียน้ำหนักของกลุ่มมัจจุคปกติและกลุ่มมัจจุคยางไหลที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา.....	49
4.13 ค่าการสูญเสียน้ำหนักของกลุ่มมัจจุคยางไหลที่มีระดับความรุนแรงต่างกัน.....	50
4.14 ค่าการดูดกลืนพลังงานแสงของกลุ่มมัจจุคปกติในช่วงความยาวคลื่นใกล้อินฟราเรด.....	51
4.15 ค่าการดูดกลืนพลังงานแสงของกลุ่มมัจจุคยางไหลในช่วงความยาวคลื่นใกล้อินฟราเรด.....	52
4.16 ค่าการดูดกลืนพลังงานแสงของกลุ่มมัจจุคปกติในช่วงความยาวคลื่นที่สายตามองเห็น.....	53
4.17 ค่าการดูดกลืนพลังงานแสงของกลุ่มมัจจุคยางไหลในช่วงความยาวคลื่นที่สายตามองเห็น.....	54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.18 ค่าการดูดกลืนพลังงานแสงเฉลี่ยของกลุ่มมังคุดปกติและมังคุดยางไหลในช่วงความยาวคลื่นใกล้อินฟราเรด.....	55
4.19 ค่าการดูดกลืนพลังงานแสงเฉลี่ยของกลุ่มมังคุดปกติและมังคุดยางไหลในช่วงความยาวคลื่นที่สายตามองเห็น.....	56
4.20 ผลการทำ pretreatment ข้อมูลการดูดกลืนพลังงานแสงของกลุ่มมังคุดปกติและกลุ่มมังคุดยางไหลในช่วงความยาวคลื่นใกล้อินฟราเรดด้วยวิธี MSC.....	57
4.21 PCA score plot ของกลุ่มมังคุดปกติและกลุ่มมังคุดยางไหลในช่วงความยาวคลื่นใกล้อินฟราเรด (■ = มังคุดยางไหล และ ● = มังคุดปกติ).....	58
4.22 PCA score plot ของกลุ่มมังคุดปกติและกลุ่มมังคุดยางไหลในช่วงความยาวคลื่นที่สายตามองเห็น (■ = มังคุดยางไหล และ ● = มังคุดปกติ).....	59
ก.1 การจัดอุปกรณ์การทดลองเพื่อประมาณหาค่าปริมาตร โดยการแทนที่น้ำ.....	67
ก.2 ส่วนประกอบหลักของ Vis และ NIR transmittance instrument	68

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

มังคุด (*Garcinia mangostana* L.) เป็นไม้ผลเมืองร้อนที่เจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้ดีในประเทศไทย มังคุดได้รับความนิยมในการบริโภคของชาวไทยและชาวต่างประเทศสามารถส่งออกทำรายได้ให้แก่ประเทศไทย ปัจจุบันมังคุดจัดว่าเป็นผลไม้ที่ตลาดมีความต้องการสูง เพราะนอกจากตลาดภายในประเทศแล้วยังมีการส่งออกทั้งในรูปของผลสด และแช่แข็ง ทำรายได้เข้าสู่ประเทศปีละหลายสิบล้านบาท แต่พบว่าการส่งออกยังไม่สามารถขยายตัวได้มากขึ้น การส่งออกมีการแกว่งตัว ทั้งนี้สาเหตุส่วนหนึ่งมาจากปัญหาคุณภาพภายในของมังคุดที่ไม่สามารถคัดแยกได้ด้วยตาเปล่า ได้แก่ อาการเนื้อแก้ว ขางไหล และเปลือกแข็ง คุณภาพของมังคุดสำหรับการส่งออกต้องมีคุณภาพดี เนื้อมังคุดต้องขาวฟู ไม่มีอาการขางไหล อาการเนื้อแก้ว หากคุณภาพภายในของมังคุดนั้นต่ำกว่ามาตรฐาน จะส่งผลให้ราคาขายของมังคุดต่ำลงและอาจถูกส่งตีกลับได้ สำหรับมังคุดมีอาการขางไหลภายในซึ่งเป็นอาการผิดปกติโดยมีน้ำยางสีเหลืองไหลประอะประอะ และซึมเข้าไปในเนื้อผล ทำให้มีรสขมและแกะเปลือกออกได้ยากไม่เป็นที่ยอมรับของตลาดทั้งภายในและต่างประเทศ ทั้งอาการขางไหลนี้ไม่สามารถสังเกตเห็นจากภายนอกได้ และมักพบว่ามีผลมังคุดที่ไม่ดีเหล่านี้ปะปนไปกับผลมังคุดที่ดีอยู่เสมอ ทำให้ไม่เป็นที่ยอมรับของลูกค้าและลูกค้าจะส่งคืน ตัดราคาหรือไม่ยอมรับในสินค้า อันส่งผลกระทบต่อผู้ส่งออกและเกษตรกรของไทย นับเป็นการสูญเสีย เป็นความเสี่ยง และเป็นปัญหาที่สำคัญในการส่งออก

การคัดแยกผลมังคุดที่มีคุณภาพภายในไม่ดีเหล่านี้ก่อนจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง เพราะมิฉะนั้นจะก่อให้เกิดอุปสรรคต่อการขยายตลาดมังคุดของประเทศไทย ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีการพัฒนากระบวนการคัดแยกเพื่อยกระดับคุณภาพของมังคุดให้เป็นที่พึงพอใจของลูกค้ามากขึ้น ปัญหาเรื่องคุณภาพของมังคุดเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง ที่จะสามารถผลักดันการส่งออกให้ได้สูงเพิ่มขึ้น และกำลังรอการแก้ไขอยู่ในปัจจุบัน

การประเมินคุณภาพภายในของมังคุดนั้น ในปัจจุบันนั้นยังไม่มีเครื่องมือและวิธีการที่ใช้คัดแยกผลมังคุดที่มีอาการเนื้อแก้ว ขางไหล ออกจากมังคุดปกติได้อย่างแม่นยำ รวดเร็วและคุ้มค่าการลงทุนในการคัดแยกจึงจำเป็นต้องใช้คนที่มีความชำนาญและมีประสบการณ์ แต่ไม่สามารถประกันคุณภาพของมังคุดได้ เพื่อที่จะลดปัญหาดังกล่าว จึงจำเป็นต้องมีระบบคัดแยกคุณภาพมังคุดที่เชื่อถือได้

งานวิจัยนี้จะพิจารณาอาการงาไหลภายในผลมังคุดซึ่งเป็นปัญหาด้านคุณภาพที่ไม่สามารถคัดแยกผลมังคุดที่มีอาการงาไหลภายในได้ด้วยตาเปล่า และในปัจจุบันยังไม่มีเทคโนโลยีที่จะคัดแยกมังคุดที่มีอาการงาไหลภายในที่มีประสิทธิภาพ จึงจำเป็นต้องหาเทคนิคเพื่อทำการตรวจคัดเลือกแยกมังคุดที่มีอาการงาไหลออกจากมังคุดที่จะส่งออก เพื่อแก้ปัญหาด้านคุณภาพให้กับตลาดสินค้ามังคุดส่งออก ทำให้ผู้บริโภคมีความมั่นใจในคุณภาพของมังคุดที่จำหน่าย ส่งผลต่อการขยายตลาดการค้าของมังคุด อันจะเป็นผลดีต่อเกษตรกรผู้ปลูกมังคุดของประเทศไทย

การตรวจสอบการเกิดอาการงาไหลภายในผลมังคุดได้โดยไม่ต้องผ่าผลมังคุดจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับการส่งออกมังคุด การศึกษาข้อมูลพื้นฐานคุณสมบัติทางสรีรศาสตร์ของมังคุดปกติและมังคุดอาการงาไหล ได้แก่ ความแตกต่างของความหนาแน่น การสูญเสียน้ำหนัก ขนาด และ น้ำหนักของมังคุดที่มีคุณภาพภายในแตกต่างกัน จะเป็นข้อมูลพื้นฐานสำคัญที่สามารถอธิบายความแตกต่างระหว่างมังคุดปกติและมังคุดอาการงาไหล เพื่อประโยชน์ในการออกแบบระบบคัดแยกต่อไป

งานวิจัยนี้จึงมีความสนใจที่จะศึกษาความแตกต่างของคุณสมบัติของมังคุดปกติและมังคุดอาการงาไหลและประเมินอาการงาไหลภายในของมังคุด โดยใช้เทคนิคการดูดกลืนแสงแบบทะลุผ่านช่วงความยาวคลื่นที่ตามองเห็นและช่วงความยาวคลื่นใกล้อินฟราเรด

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 1.2.1 เพื่อให้ได้ข้อมูลคุณสมบัติทางสรีรศาสตร์ของมังคุดที่มีอาการงาไหลเปรียบเทียบกับคุณสมบัติของมังคุดปกติ
- 1.2.2 เพื่อให้ได้ความสัมพันธ์ระหว่างอาการงาไหลภายในมังคุดกับการดูดกลืนพลังงานแสงในย่านความยาวคลื่นที่ตามองเห็น และใกล้อินฟราเรด
- 1.2.3 เพื่อให้ได้เทคนิคสำหรับคัดแยกมังคุดที่มีอาการงาไหลภายในผล

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

- 1.3.1 ศึกษาคุณสมบัติทางสรีรศาสตร์ของมังคุดอาการงาไหลเปรียบเทียบกับมังคุดปกติ
- 1.3.2 ศึกษาคุณสมบัติของมังคุดอาการงาไหลที่มีระดับความรุนแรงต่างกัน
- 1.3.3 ศึกษาสเปกตรัมของมังคุดที่มีอาการงาไหลภายในและมังคุดปกติ โดยใช้เทคนิคการดูดกลืนพลังงานแสงในย่านความยาวคลื่นที่ตามองเห็นและใกล้อินฟราเรด หาความสัมพันธ์ในช่วง

ความยาวคลื่นต่างๆ นำมาวิเคราะห์เพื่อกำหนดเป็นแนวทางเพื่อใช้คัดแยกมังคุดที่มีอาการยางไหล ภายใต้ออกจากมังคุดปกติ

ทำให้ได้ความสัมพันธ์ของมังคุดที่จะสามารถนำมาประยุกต์ เพื่อออกแบบเครื่องมือคัดแยกผล มังคุดที่มีอาการยางไหลภายใต้ออกจากมังคุดปกติ

ทำให้ได้ข้อมูลเพื่อนำไปใช้ในการออกแบบอุปกรณ์ต้นแบบ สำหรับคัดแยกมังคุดที่มีอาการ ยางไหลภายในผลมังคุด

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้ข้อมูลคุณสมบัติทางสรีรศาสตร์ของมังคุดยางไหลเปรียบเทียบกับมังคุดปกติและ ความสัมพันธ์ของการดูดกลืนพลังงานแสงของมังคุดที่มีอาการยางไหลภายในกับความยาวคลื่นที่จะ สามารถนำมาประยุกต์ เพื่อออกแบบเครื่องมือคัดแยกผลมังคุดที่มีอาการยางไหลภายใต้ออกจากมังคุด ปกติได้ อันจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับธุรกิจการส่งออกมังคุดของประเทศไทย ตลอดจนการ จำหน่ายผลผลิตมังคุดแก่ผู้บริโภคในประเทศไทยด้วยเช่นกัน ผลจากงานวิจัยจะได้ข้อมูลเพื่อนำไปใช้ ในการออกแบบอุปกรณ์ต้นแบบสำหรับคัดแยกมังคุดที่มีอาการยางไหลภายในและ/หรือ ดีพิมพ์เป็น บทความทางวิชาการ โดยที่หากผลงานเป็นไปตามที่คาดหมาย ประเทศไทยอันได้แก่ เกษตรกร ผู้ประกอบการส่งออกผลไม้ และ อุตสาหกรรมการส่งออกมังคุดโดยรวม จะได้รับประโยชน์จาก โครงการ เนื่องจากจะทำให้การส่งออกมังคุดไปยังตลาดต่างประเทศ มีความน่าเชื่อถือและได้รับการ ยอมรับมากยิ่งขึ้น ช่วยให้ราคาส่งออกปรับตัวไปในทางที่ดีขึ้น ลดความเสี่ยงที่จะถูกส่งคืน หรือถูกตัด ราคา ก่อให้เกิดการยกระดับอุตสาหกรรมเกษตร เป็นการพัฒนาเทคโนโลยีการตรวจสอบคุณภาพ ผลไม้ในประเทศไทย กล่าวได้ว่าผลการวิจัย จะสามารถแก้ปัญหาให้แก่ธุรกิจการส่งออกมังคุดสดของ ประเทศไทย จะสามารถถ่ายทอดความรู้ในการผลิตเครื่องแยกมังคุดที่มีอาการยางไหลภายในสู่ภาค ธุรกิจเชิงพาณิชย์ นอกจากนี้จะเป็นองค์ความรู้ในการวิจัยพัฒนาได้ต่อไปในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ลักษณะทั่วไปของมังคุด (กวีศรี และสุรพงษ์, 2523)

มังคุดเป็นไม้ผลที่ทุกคนรู้จักกันดี นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลาย ในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เช่น มาเลเซีย อินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ และพม่า เนื่องจากมังคุดเป็นผลไม้ที่มีรสชาติดีที่ชวนรับประทาน จึงได้มีการตั้งชื่อสมญานามให้ว่า เป็น "ราชินีแห่งไม้ผล" (queen of fruits) ซึ่งมีชื่อสามัญว่า mangosteen ตระกูล guttiferac ชื่อพฤกษศาสตร์ *garcinia mangostana* Linn.

ผลมังคุดเป็นผลแบบ berry มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 3.5-7.0 เซนติเมตรหรือมากกว่า มีน้ำหนักประมาณ 79.5 กรัมต่อผลและมีเนื้อประมาณร้อยละ 25-30 เปลือกหนา 0.8-1.0 เซนติเมตร มีรสฝาดและมียางสีเหลือง (Oches, 1961) มังคุดจัดเป็นผลไม้ประเภท apomitic fruit คือมีเมล็ดเจริญมาจาก nucellus ส่วนเนื้อผล (aril) เจริญมาจาก integument การเรียงตัวของแต่ละเมล็ดคล้ายส้ม มีเมล็ดที่เจริญ 1-3 เมล็ดเท่านั้นที่เหลือมักลีบไป ค่าเฉลี่ยของเมล็ดที่สมบูรณ์ประมาณ 1.6 เมล็ดต่อผล (สมโภชน์, 2535) ผลเมื่อเจริญเติบโตเต็มที่ใช้เวลาประมาณ 11-12 สัปดาห์นับจากดอกบานเต็มที่ การเจริญเติบโตของผลเป็นแบบ single sigmoid curve ไม่มีช่วงหยุดพักการเจริญเติบโต น้ำหนักผลจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตั้งแต่เริ่มติดผลและมากที่สุดในสัปดาห์ที่ 12 ความหนาของเนื้อไม้ตราเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จากสัปดาห์ที่ 2-8 จากนั้นจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และมากที่สุดในสัปดาห์ที่ 12 (กวีศรี, 2522) ผลมังคุดมีการหายใจเป็นแบบ climacteric มีอัตราการหายใจสูงขึ้นระหว่างการสุกและค่อยๆ ลดลงพร้อมการเปลี่ยนแปลงสีผิวจากเขียวเป็นสีชมพู สีแดงและสีม่วงตามลำดับ

มังคุดเป็นไม้ผลที่มีลักษณะทรงต้นแข็งแรง ต้นมังคุดที่เจริญเติบโตมาจากเมล็ดเมื่อโตเต็มที่ จะมีความสูงประมาณ 10-25 เมตร เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นประมาณ 25-35 เซนติเมตร เปลือกลำต้นค่อนข้างดำ มีต่อมน้ำมันสีเขียวแก่หรือสีเหลือง มีกิ่งใหญ่ทำมุมกับลำต้น มีก้านใบสั้น ต้นประกอบด้วยใบสีเขียวเข้ม ขอบใบทั้งสองยกขึ้น แผ่นใบจะโค้งเล็กน้อยเป็นจำนวนมากทำให้ทรงพุ่มแน่น ลักษณะค่อนข้างกลมภายในทรงพุ่มจะมีกิ่งแขนงแตกออกจากลำต้นที่เป็นแกนกลาง เป็นรัศมีโดยรอบลำต้น ในขนาดใหญ่มากใบจะกลม ใบคล้ายรูปไข่ กว้างยาว โคนใบอาจเล็กเรียวหรือเป็นมุมป้าน หรือใบกลมปลายใบแคบหนาแข็ง พื้นใบด้านบนสีเขียวเข้ม หรือเขียวอมเหลือง ใบด้านบนเป็นมัน มีเส้นแขนงมองเห็นชัดเจน ขอบใบ ประมาณ 35-50 คู่ ด้านท้องใบมีสีเขียวอมเหลือง หรือเหลืองอมเขียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบมีความกว้างประมาณ 4.5-10 เซนติเมตร ใบยาวประมาณ 12-23 เซนติเมตร ก้านใบแต่ละก้านจะขึ้นตรงกึ่งตรงข้ามกัน ก้านใบยาวประมาณ 1.5-2 เซนติเมตร และห่อหุ้มยอดอ่อนซึ่งขึ้นอยู่ตรงโคนของก้านใบ

ดอกมังคุดจะเกิดบนปลายกิ่งที่มีอายุมากกว่า 2 ปี เกิดดอกเดี่ยวหรือเป็นคู่ มีเส้นผ่าศูนย์กลางของดอกประมาณ 5 ถึง 6 เซนติเมตร ก้านดอกหนาแข็ง และเป็นเหลี่ยมยาวประมาณ 1.8-2 เซนติเมตร หนา 0.7-0.9 เซนติเมตร

แต่ละดอกจะมีกลีบดอก 4 กลีบแรกจะอยู่ด้านใน ห่อหุ้มด้วย 2 กลีบนอกซึ่งยาวประมาณ 2 เซนติเมตร มีสีเขียวอมเหลืองกลีบด้านในเล็กกว่าตรงขอบมีสีแดงส่วนกลีบเลี้ยงมี 4 กลีบเช่นเดียวกัน มีลักษณะของกลีบเป็นรูปไข่ค่อนข้างกลม หนาและอวบน้ำสีเขียวอมเหลือง ส่วนขอบมีสีแดงกลีบเลี้ยงใหญ่ประมาณ 2.5 เซนติเมตร \times 3.0 เซนติเมตร ในดอกตัวเมียอาจพบส่วนของตัวผู้ที่เป็นหมันเรียกว่า สตามิโนด (staminode) อยู่ด้วยกันประมาณ 1 ถึง 3 ดอก ติดอยู่ตรงฐานภายในดอกตัวเมีย ยาวประมาณ 0.5-0.6 เซนติเมตร อับละอองเกสรตัวผู้มีขนาดเล็กและเป็นหมัน

รังไข่มีลักษณะเป็นแจกจัดตัวเป็นวงกลมแนบติดผิวมี 4-8 เซลล์ ส่วนก้านเกสรตัวเมียหรือยอดรังไข่ในดอกมีลักษณะกลมอยู่ติดผิวมีลักษณะคล้ายเซลล์ที่อยู่ในรังไข่

ผลมังคุดเป็นชนิดเบอร์รี่ประกอบด้วยยอดของรังไข่ในดอก ห่อหุ้มด้วยกลีบเลี้ยง ผลมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 3.5-7.0 เซนติเมตร มีสีน้ำตาลเข้มอมม่วงถึงสีม่วงเข้ม มีเปลือกหนาประมาณ 0.8-1 เซนติเมตร ผลมียางสีเหลือง เมื่อปอกเปลือกมังคุดจะเห็นกลีบสีขาวนำรับประทาน จำนวน 4-8 กลีบ ซึ่งกลีบสีขาวแต่ละกลีบจะมีเมล็ดอยู่ภายใน 2-3 เมล็ดต่อผล เมล็ดมีความยาวประมาณ 2 เซนติเมตร น้ำหนักผลเฉลี่ยประมาณ 80-150 กรัม

เมล็ดมังคุดโดยทั่วไปเกิดจากเนื้อเยื่อของไข่อ่อนจากชั้นที่เรียกว่า นิวเคลลัส (nucellus) ไม่ได้เกิดจากการผสม (fertilization) แบบเมล็ดพืชทั่วไป ฉะนั้นการมีชีวิตของเมล็ดเมื่อเทียบกับพืชชนิดอื่นจึงสั้นกว่าปกติ เมล็ดที่อยู่ในผลสุกจะมีอายุเพียง 3-5 สัปดาห์ แต่ถ้าเก็บเมล็ดไว้ในสภาพที่เหมาะสมคือ อุณหภูมิประมาณ 25 องศาเซลเซียส เพิ่มเติมว่า เมล็ดมังคุดไม่มีต้นอ่อน (embryo) และใบเลี้ยง (cotyledons) และมีโครโมโซมหลายชุด ในสภาพดิพลอยด์ (diploid) พบว่ามีจำนวน $2n = 96$

สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับการปลูกมังคุด คือพื้นที่ไม่มีน้ำท่วมขัง มีความสูงจากระดับน้ำทะเล 0-650 เมตร มีความลาดเอียงประมาณ 1-3 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่ควรเกิน 15 เปอร์เซ็นต์ การคมนาคมสะดวก ขนส่งผลผลิตได้รวดเร็ว ดินร่วนปนทราย มีความอุดมสมบูรณ์สูง ระบายน้ำดี หนาดินลึกมากกว่า 50 เซนติเมตร ระดับน้ำใต้ดินลึกมากกว่า 75 เซนติเมตร ค่าความเป็นกรดด่างของดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระหว่าง 5.5-6.5 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่เหมาะสมประมาณ 10-46 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณน้ำฝนมากกว่า 2,000 มิลลิเมตรต่อปี การกระจายตัวของฝนดี มีช่วงแล้งต่อเนื่องน้อยกว่า 3 เดือนต่อปี มีน้ำสะอาดเพียงพอตลอดทั้งปี (ประมาณ 600-800 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่) ไม่มีสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ที่มีพิษปนเปื้อน ค่าความเป็นกรดต่างของน้ำระหว่าง 6.0-7.5 มีสารละลายเกลือไม่มากกว่า 1.4 มิลลิโมลต่อเซนติเมตร

การเปลี่ยนแปลงของมังคุดหลังการเก็บเกี่ยว: ผลมังคุดมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพอย่างรวดเร็ว ภายหลังจากเก็บเกี่ยว ซึ่งจะทำให้มีระยะเวลาในการเก็บรักษา และวางจำหน่ายให้กับผู้บริโภคสั้น โดยผลมังคุดมีอายุการวางจำหน่ายไม่เกิน 1 สัปดาห์ (อนุวัตร และจิตติยา, 2546)

การเปลี่ยนแปลงของก้านผลและกลีบเลี้ยง: ผลมังคุดมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและสีอย่างรวดเร็ว โดยบริเวณส่วนของกลีบเลี้ยงและขั้วผลมักเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลพร้อมกับการเกิดอาการแข็งตัวของเปลือกผล (สุรพงษ์, 2529) ซึ่งลักษณะดังกล่าวเป็นปัญหาที่สำคัญของการจำหน่ายมังคุด เนื่องจากไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค การเปลี่ยนแปลงสีเกิดจากการเสื่อมสภาพของคลอโรฟิลล์ โดยมีการสลายตัวเกิดมากกว่าการสร้างทำให้คลอโรฟิลล์หมดไป (กวิศร์, 2522) แต่การเสียน้ำที่เปลือกและขั้วนั้นมีน้อยเนื่องจากมีความหนาและมีไขเคลือบผิว (รุจิรา, 2540)

การเปลี่ยนแปลงของสีเปลือกมังคุด: ผลมังคุดมีการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกผลภายหลังจากการเก็บเกี่ยว โดยสีแดงของสายเลือดจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆจนกระทั่งมีสีชมพูแดงเต็มผล แล้วเปลี่ยนเป็นสีม่วงแดงเข้มขึ้นจนกระทั่งม่วงดำในที่สุด สำหรับการเปลี่ยนแปลงสีของเปลือกผลที่เกิดขึ้นเนื่องมาจากเอทิลินที่ผลมังคุดผลิตขึ้นขณะเข้าสู่กระบวนการสุกจะเร่งให้เกิดการสร้างแอนโทไซยานินและยังมีผลในการสลายตัวของคลอโรฟิลล์อีกด้วย (Abeles, 1973)

การอ่อนตัวและการแข็งตัวของเปลือก: เปลือกผลมังคุดจะมีการอ่อนตัวเมื่อสุกพร้อมกับการเปลี่ยนแปลงของสีจากสีเขียวเป็นสีม่วงแดง การอ่อนตัวที่เกิดขึ้นเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแพคติน (Noichinda et al., 2007) แต่เมื่อเก็บรักษามังคุดไว้นานขึ้นพบว่ามังคุดจะเกิดอาการแข็งตัวของเปลือกผลซึ่งอาจบอกลถึงการเน่าเสียภายในผล หรืออาจเกี่ยวกับการกระทบกระเทือนขณะหรือหลังการเก็บเกี่ยว ซึ่งเป็นผลจากปริมาณลิกนินที่เพิ่มขึ้นและส่งผลต่อการสังเคราะห์เอทิลินด้วย (อาภาภรณ์, 2537; สายชล, 2548; Ketsa and Atantee, 1998; Bunsiri et al., 2003) และการได้รับอุณหภูมิต่ำเกินไปก็สามารถกระตุ้นการแข็งตัวของเปลือกผลมังคุดได้ (อภิรัตน์, 2538)

การสังเคราะห์เอทิลินและอัตราการผลิต: เอทิลินเป็นฮอร์โมนพืชที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการทางสรีรวิทยา เช่นการสุกและการชราภาพของพืช (Abeles, 1973) โดยผลมังคุดมีรูปแบบการหายใจเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

climacteric และเมื่อสุกจะมีการหายใจสูงขึ้นและค่อยๆลดลงพร้อมกับเกิดการเปลี่ยนสีผิวจากสีเขียว เป็นสีม่วง โดยมีการสังเคราะห์เอทิลีนเพิ่มขึ้นหลายเท่าตัว และอัตราการหายใจจะมีค่าสูงสุดเป็น 3 เท่า ของระดับปกติและเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วโดยไม่พบช่วง pre-climacteric (สม โภชน์, 2535)

2.2 พันธุ์มังคุด (กวีษฐ์ และสุรพงษ์, 2523)

พันธุ์มังคุดมังคุด ที่มีการปลูกกันอยู่ในปัจจุบันนี้มีอยู่เพียงพันธุ์เดียว คือ พันธุ์พื้นเมือง เนื่องจากมังคุดเป็นไม้ผลชนิดเดียวที่ไม่มีการกลายพันธุ์ จึงยังคงสภาพพันธุ์เดิมเอาไว้ได้มาจนถึงปัจจุบัน

จากการที่ได้มีผู้ศึกษาและ ให้ความสังเกตอย่างใกล้ชิด พบว่ามังคุดพันธุ์มังคุดยังสามารถแบ่ง ออกได้เป็น 2 พวก คือ มังคุดเมืองนนท์ และมังคุดปักขี้ไต้ ซึ่งมังคุดทั้งสองนี้จะมีลักษณะที่แตกต่างกัน อย่างเห็นได้ชัดหลายลักษณะคือ

2.2.1 มังคุดเมืองนนท์

ลักษณะโดยทั่วไปของใบค่อนข้างเรียวยาว ผลมีขนาดเล็กกว่า ส่วนของขั้วผลจะเล็กและยาว เปลือกผลค่อนข้างบาง สีของกลีบที่ปลายขั้วผลมีสีแดง ผลเมื่อสุกจะมีสีม่วงดำให้คุณภาพของเนื้อดี

2.2.2 มังคุดปักขี้ไต้

ลักษณะของใบจะอ้วนและป้อม ผลมีขนาดใหญ่กว่ามังคุดเมืองนนท์ ให้น้ำหนักผลดี ขั้วผลสั้น เปลือกผลหนา กลีบที่ปลายขั้วผลมีสีเขียวเข้ม ผลเมื่อสุกจะมีสีแดงอมชมพู ผลจะเปลี่ยนเป็นสีม่วงได้ ซ้ำกว่ามังคุดเมืองนนท์

อย่างไรก็ตามความแตกต่างของมังคุดทั้งสองชนิดนี้ดังที่ได้กล่าวมาแล้วนั้นเข้าใจว่าอาจเกิดจากหลายสาเหตุ โดยเฉพาะทางด้านสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน เช่น ลักษณะดิน ความสมบูรณ์ของดิน ปริมาณของน้ำ อุณหภูมิ ความชื้น อาจเป็นตัวชักนำที่อาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นได้ในมังคุดที่ปลูกในแหล่งปลูกที่แตกต่างกัน

2.3 การเปลี่ยนสีของผลมังคุด (พัชร ปิริยะวินิต, 2551)

การคัดเลือกผลิตผลก่อนเก็บเกี่ยวให้มีคุณภาพที่ดีจะส่งผลต่อผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยวที่มีคุณภาพ (Watada et al., 1984) ซึ่งขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการใช้ประโยชน์หลังการเก็บเกี่ยวสำหรับการส่งออกจะใช้เวลาที่เหมาะสมของระยะเวลาและระยะทางในการขนส่งประกอบด้วยอาศัยลักษณะที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มองเห็นได้จากภายนอก และองค์ประกอบทางเคมีของผลเป็นตัวกำหนด ผลมั่งคุดเมื่อเข้าระยะผลแก่จะมีการพัฒนาเปลี่ยนแปลงทั้งทางด้านการเจริญเติบโต และสีผิวของผลอยู่ตลอดเวลาจนกระทั่งถึงระยะผลสุก การเปลี่ยนแปลงของผลมั่งคุดในระยะดังกล่าวสามารถแบ่งออกได้เป็น 7 ระยะ ตามภาพที่ 2.1 โดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงทางด้านสีผิวได้ดังนี้

ระยะสีที่ 0

ลักษณะผลมีสีเขียวอมเหลืองสม่ำเสมอ หรือมีสีเขียวอมเหลืองแต้มด้วยสีเขียวอ่อนหรือจุดสีเทา มียางสีเหลืองภายในเปลือกในระดับรุนแรงมาก เนื้อและเปลือกไม่สามารถแยกออกจากกันได้ ผลมั่งคุดที่เก็บเกี่ยวในระยะนี้ ถึงแม้ว่าจะเปลี่ยนสีไปเป็นระดับสีที่ 6 ก็ตาม แต่ผลที่ได้จะมีรสชาติไม่ดี

ระดับสีที่ 1

ผลมีสีเหลืองอ่อนอมเขียว มีจุดสีชมพูกระจายอยู่ในส่วนบางส่วนของผิวผล ยางภายในเปลือกยังคงมีอยู่ในระดับรุนแรง เนื้อและเปลือกยังไม่สามารถแยกออกจากกันได้ ผลที่เก็บเกี่ยวในระยะนี้ ถึงแม้จะเปลี่ยนสีไปเป็นระดับที่ 6 แต่ผลที่ได้จะมีรสชาติไม่ดีเช่นกัน

ระดับสีที่ 2

ผลมีสีเหลืองอ่อนชมพู มีสีชมพูกระจายไปทั่วทั้งผล ยางภายในเปลือกยังคงมีอยู่ในระดับปานกลาง การแยกตัวระหว่างเนื้อและเปลือกทำได้ยากถึงปานกลางเป็นระยะอ่อนที่สุดสำหรับการเก็บเกี่ยวเพื่อให้ได้ผลที่มีคุณภาพ

ระดับสีที่ 3

ผลมีสีชมพูสม่ำเสมอ ประสีชมพูเริ่มขยายเข้ามาร่วมกัน ไม่แบ่งแยกกันอย่างชัดเจนเหมือนในระดับสีที่ 2 ยางภายในเปลือกยังคงมีอยู่น้อยถึงน้อยมากการแยกตัวระหว่างเนื้อและเปลือกปานกลาง เป็นระยะที่เหมาะสมสำหรับเก็บเกี่ยวผลเพื่อส่งออกต่างประเทศ

ระดับสีที่ 4

ผลสีสีแดงหรือสีน้ำตาลอมแดง บางครั้งมีแต้มสีม่วง ยางภายในเปลือกมีน้อยมากจนถึงไม่มีเลย การแยกตัวระหว่างเนื้อและเปลือกดีมากเหมาะสมสำหรับเก็บเกี่ยวเพื่อส่งออกต่างประเทศ เป็นระยะที่เกือบจะรับประทานได้

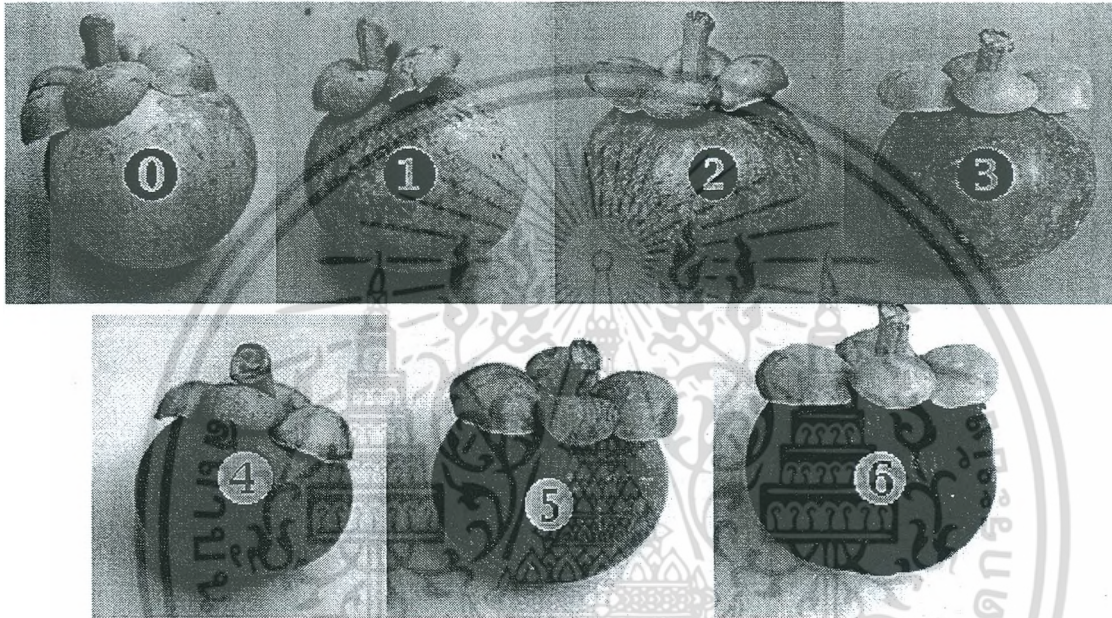
ระดับสีที่ 5

ผลมีสีม่วงแดงภายในเปลือกไม่มียางเหลืออยู่ เนื้อและเปลือกสามารถแยกออกจากกันได้ง่าย เปื้อนระยะที่รับประทานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับสีที่ 6

ผลมีสีม่วงถึงม่วงเข้มจนถึงดำ ซึ่งบางครั้งพบว่ามีสีม่วงปนอยู่เล็กน้อย ภายในเปลือกไม่มียางเหลืออยู่ เนื้อและเปลือกสามารถแยกออกจากกันได้ง่าย เป็นระยะที่เหมาะสมแก่การรับประทาน



ภาพที่ 2.1 แสดงมังคุดในระดับสีต่างๆ

การพิจารณาความอ่อนแก่ของมังคุดที่เหมาะสมสำหรับการเก็บเกี่ยวเพื่อการบริโภคนั้นต้องคำนึงถึงระยะเวลาการขนส่งจากแหล่งผลิตถึงผู้บริโภคและการรอเวลาการจำหน่าย เพื่อให้ผู้บริโภคมีผลมังคุดที่มีคุณภาพเหมาะสมสำหรับการบริโภคได้ สมโภชญ์ (2535) ได้ทำการศึกษาผลมังคุดตั้งแต่ระดับสี-1 ซึ่งมีผลสีเขียวเข้ม พบว่าระยะที่เหมาะสมสำหรับเก็บเกี่ยวแล้วผลผลิตยังมีคุณภาพที่ดีในการบริโภคเมื่อผลสุกอยู่ที่ระยะ 0 ถึง 4 และระยะของมังคุดที่เหมาะสมกับการเก็บเกี่ยวระยะที่ 0 ถึง 1 เป็นช่วงที่ควรเก็บเกี่ยวเพื่อส่งไปจำหน่ายยังตลาดที่อยู่ห่างไกล แต่มีข้อเสนอแนะจากบางคนว่าระยะที่ 3 เป็นระยะที่เหมาะสมต่อการเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออก ดังนั้นการศึกษาระยะที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยวจะขึ้นอยู่กับกำหนดระยะเวลาในการขนส่ง โดยการเก็บรักษาผลมังคุดไว้ได้นานเกี่ยวข้องกับคุณภาพของผลที่เก็บเกี่ยว เนื่องจากเมื่อเก็บเกี่ยวผลมังคุดจากต้นแล้วผลมังคุดจะยังมีการเปลี่ยนแปลงภายในต่อไป (สุรพล, 2541) ทำให้ผลมังคุดมีอายุการเก็บรักษาสั้น เมื่อผลสุกแล้วจะเก็บรักษาไว้ได้ไม่นาน เนื่องจากมีอาการเปลือกแข็ง นอกจากนี้การเก็บเกี่ยวผลมังคุดในระยะที่ไม่เหมาะสมเช่นขณะที่ผลมังคุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยังเขียว ยังเป็นปัญหาต่อการส่งออกของมังคุดไปต่างประเทศเพราะการส่งออกมีกฎเกณฑ์การรับซื้อผล
มังคุดที่ต่างจากตลาดภายในประเทศเพื่อรักษาคุณภาพของผลมังคุดเพื่อการส่งออก

ตารางที่ 2.1 แสดงค่าเฉลี่ยน้ำหนักผลขนาดต่างๆ และร้อยละของน้ำหนักเปลือก กลีบเลี้ยง เมล็ด เนื้อ
และจำนวนเมล็ดสมบูรณ์ต่อผล

ขนาด	น้ำหนัก (กรัม)	ร้อยละโดยน้ำหนักของ				จำนวนเมล็ด สมบูรณ์/ผล
		เปลือก	กลีบเลี้ยง	เมล็ด	เนื้อ	
ใหญ่	90.4	59.4	3.1	5.6	31.9	2
กลาง	54.2	61.7	4.8	2.8	30.7	1
เล็ก	43.5	61.9	5.1	2.2	30.8	0.8

2.4 โรคยางไหลของผลมังคุด (สุรพงษ์, 2529)

สาเหตุ เกิดขึ้นได้ทั้งระยะผลอ่อนและผลแก่ โรคยางไหลที่เกิดขึ้นในระยะผลอ่อน สาเหตุ
เนื่องจากการเข้าทำลายของเพลี้ยไฟ ซึ่งเป็นแมลงปากดูดที่มีขนาดเล็ก ถ้าตัวมีสีเหลืองอ่อน ยาว
ประมาณ 1.0-2.0 มิลลิเมตร เพลี้ยไฟจะเลือกดูดน้ำเลี้ยงของผลอ่อน และหลบซ่อนอยู่ใกล้ฐานรองดอก
ทำให้ยางสีเหลืองไหลออกจากรอยแผล มีลักษณะเป็นเม็ดทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ ผลที่ถูกทำลาย
รุนแรงจะเจริญเติบโตช้ากว่าปกติ หากผลไม่ร่วงหล่นลงเสียก่อน เมื่อพัฒนาต่อไปเป็นผลแก่ผลจะมี
ขนาดเล็กและผิวกร้านขายไม่ได้ราคา ส่วน อาการยางไหลในระยะผลแก่ เกิดขึ้นกับผลมังคุดใกล้สุกแก่
มักแสดงอาการรุนแรงเมื่อมีฝนตกชุก รากของต้นมังคุดจะดูดน้ำขึ้นมาเลี้ยงผลปริมาณมาก ผิวของผลจะ
เปราะบางกว่าการได้รับน้ำในปริมาณปกติ เมื่อเกิดลมพัดกัน โชนแรง ผลของมังคุดจะเสียดสีกันเอง
หรือเสียดสีกับกิ่งหรือใบ ทำให้เปลือกเกิดรอยแผล น้ำยางไหลซึมออกมา ต่อมาน้ำยางแห้งแข็งเป็นเม็ด
สีเหลืองติดอยู่ที่ผิวเปลือกของผลนำไปจำหน่าย ไม่ได้ราคา

วิธีป้องกันกำจัดในระยะผลอ่อน เกิดจากการเข้าทำลายของเพลี้ยไฟ ให้หมั่นสังเกตการระบาดของ
ของแมลงชนิดนี้อยู่เสมอ โดยเฉพาะในระยะมังคุดเริ่มออกดอก ใช้กระดาษสีขาวชุบน้ำให้เปียกรองใต้
ดอกหรือผลอ่อน แล้วเกาะเบาๆ หากพบแมลงนับได้เกิน 5 ตัว ต่อดอกหรือผล แนะนำให้ฉีดพ่นด้วยอิมิ
ดาโคลพริด 10 เปอร์เซ็นต์ เอสแอล อัตรา 30 ซีซี ต่อน้ำ 1 ปี๊บ หรือคาร์โบซัลเฟน 20 เปอร์เซ็นต์ อี.ซี.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตรา 50 ซีซี ต่อน้ำ 1 ปีบ ฉีดพ่นให้ทั่วทั้งทรงพุ่ม 2 ครั้ง ทุกสัปดาห์ การระบาดของเพลี้ยไฟจะหมดไป ส่วนในระยะผลแก่ ต้องให้น้ำอย่างสม่ำเสมอ และบำรุงต้นมังคุดให้สมบูรณ์ ตัดแต่งทรงพุ่มให้ลมพัดผ่านได้ นอกจากนี้ ควรทำร่องระบายน้ำออกจากโคนต้นมังคุด เพื่อป้องกันน้ำขังและขณะมีฝนตก หากปฏิบัติได้ตามคำแนะนำ อาการยางไหลในผลแก่จะไม่เกิดขึ้นแต่อย่างใด

2.5 อาการยางตกในผลมังคุด เกิดขึ้นได้ 2 กรณี (อนุวัตร และจิตติยา, 2546)

กรณีแรกเนื่องจากการเก็บเกี่ยวไม่ดี ผลมังคุดร่วงลงพื้น หรือการใช้อุปกรณ์ไม่เหมาะสม หรือได้รับความกระทบกระเทือนอย่างรุนแรงขณะขนส่ง ทำให้ท่อน้ำยางภายในผลฉีกขาด น้ำยางจึงไหลแทรกเข้าระหว่างพูของผลมังคุด รสชาติของมังคุดจะเปลี่ยนไป ส่งผลต่อคุณภาพของมังคุดให้ต่ำลง

กรณีที่ 2 อาจเกิดจากการได้รับน้ำ เมื่อฝนตกมากเกินไป โดยไม่ได้เตรียมต้นมังคุดให้พร้อมไว้ก่อน ต้นมังคุดจะดูดน้ำและส่งไปยังผลมากเกินไปจนความต้องการทำให้ท่อน้ำยางภายในผลแตก และปรากฏน้ำยางให้เห็นในผลเมื่อผ่ารับประทาน



ภาพที่ 2.2 อาการยางไหลที่เกิดขึ้นภายในมังคุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาการขงไหลภายในผลตามภาพที่ 2.2 ยังไม่พบสาเหตุที่แน่ชัด แต่จะพบมากในมังคุดที่ขาดการดูแลรักษา เช่น ได้รับความไม่สม่ำเสมอ หรือขาดน้ำเป็นเวลานานๆ เมื่อได้รับน้ำจากฝนที่ตกชุกในช่วงผลใกล้แก่ ผลมังคุดได้รับน้ำอย่างกะทันหัน เปลือกขยายตัวไม่ทันเกิดรอยร้าว ท่อน้ำภายในผล ก็ได้รับน้ำมากเช่นกัน เกิดแรงดันมากจึงปะทุแตก มีน้ำขังไหลออกมา

2.6 ประโยชน์ของมังคุด (กวีขร และสุรพงษ์, 2523)

ส่วนเปลือกของมังคุดมาใช้ประโยชน์ได้ จะช่วยเพิ่มมูลค่าผลิตผลทางการเกษตรและลดปริมาณขยะ ได้สารประกอบที่พบในเปลือกมังคุด มีด้วยกันหลายชนิด เช่น xanthone, α และ δ -mangostin, polyphenols, quinones, tannin, catechins, polysaccharides, stilbenes และ anthocyanins ซึ่งเป็นสารที่มีความสำคัญ และนำมาศึกษาในงานวิจัยนี้ แอนโทไซยานินส์ (anthocyanins) ที่พบในเปลือกมังคุด คือ cyanidin 3-sophoroside และ cyanidin 3-glucoside ซึ่งได้วิเคราะห์ด้วยวิธี TLC (thin layer chromatography)

เนื่องจากเปลือกมังคุดมีสรรพคุณในการสมานแผล ช่วยให้แผลหายเร็ว เช่น ใช้รักษาบาดแผล ผุพอง แผลเน่าเปื่อย แผลเป็นหนอง โดยการใช้เปลือกมังคุดฝนกับน้ำปูนใสทาบริเวณแผล น้ำคั้นเปลือกมังคุดแห้งต้มน้ำล้างแผลใช้แทนการด้วยน้ำล้างแผลหรือด่างทับทิมได้ด้วยสรรพคุณที่โดดเด่นทางด้านผิวหนังก็คือ มีการใช้เปลือกมังคุดรักษาโรคผิวหนัง เช่น กลากเกลื้อน บรรเทาอาการผดผื่นทั้งในเด็กและผู้ใหญ่ได้เป็นอย่างดี โดยใช้เปลือกมังคุดแห้งต้มน้ำอาบ หรือใช้น้ำคั้นเปลือกมังคุดทาบริเวณที่มีอาการผื่นคันทั้งหลาย โดยผลที่ได้นี้ได้รับการพิสูจน์และยืนยันจากการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ที่ค้นพบว่ารสฝาดในเปลือกมังคุดนี้มีสารแทนนิน (tannin) และสารแซนโทน (xanthone) ที่มีชื่อเรียกเฉพาะชื่อเดียวกับมังคุดว่า “สารแมงโกสติน (mangostin)” สารแทนนินมีฤทธิ์สมานแผลช่วยให้แผลหายเร็วขึ้น สารแมงโกสตินมีฤทธิ์ช่วยลดอาการอักเสบ และด้านเชื้อแบคทีเรียที่ทำให้เกิดหนอง สารแซนโทนในเปลือกมังคุดยังมีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อราที่เป็นสาเหตุของโรคผิวหนังและกลากได้

2.7 ความหนาแน่นและการสูญเสียน้ำหนัก

ความหนาแน่นและความถ่วงจำเพาะของอาหารและผลิตภัณฑ์เกษตรมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งต่องานวิศวกรรมเกษตรและอาหาร ยกตัวอย่างเช่น การทำแห้งและการจัดเก็บหญ้าแห้ง การออกแบบ

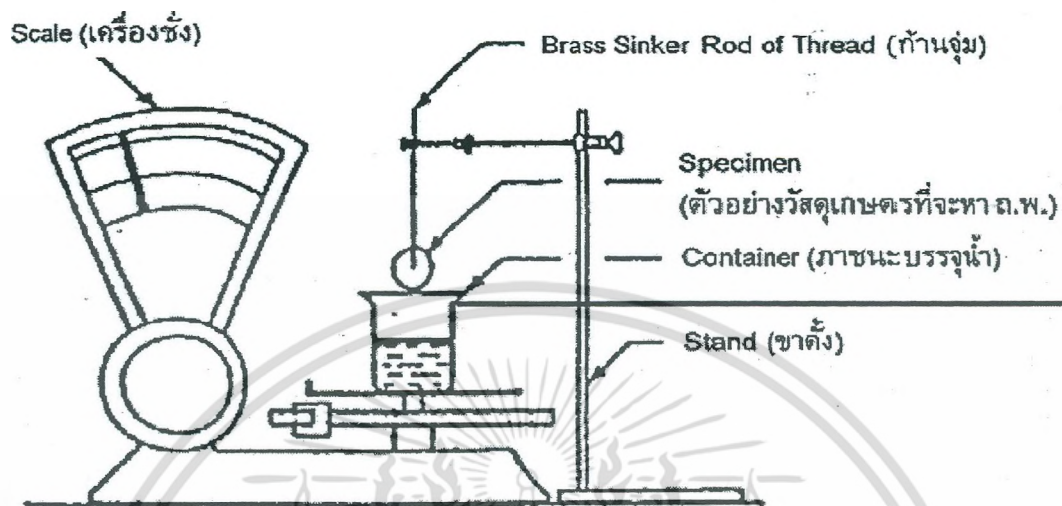
ไซโลและถังเก็บ การคัดแยกเมล็ดพันธุ์ การประเมินความแก่ของผลไม้ การประมาณพื้นที่อากาศในเนื้อเยื่อพืช การประเมินความแก่ของมันฝรั่ง เป็นต้น สำหรับผลิตภัณฑ์เกษตรที่มีรูปร่างแน่นอน การหาปริมาณทำได้โดยการวัดโดยตรง แต่สำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะรูปร่างไม่แน่นอน เช่น มีขนาดเล็ก เรียว การหาปริมาณทำได้โดยการแทนที่ของน้ำ

เทคนิคการแทนที่ของน้ำเป็นเทคนิคการวัดปริมาณที่ทำได้ง่าย อุปกรณ์ที่ใช้ประกอบไปด้วยเครื่องชั่ง ภาชนะใส่ตัวอย่างหรือบีกเกอร์ แท่นจับยึดก้านเหล็ก และก้านจุ่มเพื่อจับยึดวัตถุที่จะวัดปริมาณ ตามภาพที่ 2.3 วิธีการเริ่มโดยการชั่งน้ำหนักของผลไม้ทั้งลูกในอากาศ จากนั้นชั่งน้ำหนักของผลไม้โดยใช้ก้านจุ่มกดผลไม้ให้จมในน้ำปริมาตรที่บีกเกอร์ซึ่งวางอยู่บนเครื่องชั่ง นำน้ำหนักของบีกเกอร์เปล่าที่ไปลบออกจากรูปร่างที่อ่านได้ขณะกดผลไม้ลงในน้ำที่จุ่มปริมาตรของผลไม้สามารถคำนวณได้จาก

$$\text{ปริมาตร} = \frac{\text{น้ำหนักผลไม้ที่อ่านจากการแทนที่น้ำ}}{\text{ความหนาแน่นของน้ำ}} \quad (1)$$

เมื่อทราบน้ำหนักชั่งในอากาศและปริมาตรจากการแทนที่น้ำ ความหนาแน่นโดยรวม (Bulk density) สามารถหาได้จากอัตราส่วนของมวลต่อปริมาตร นอกจากนี้เมื่อความถ่วงจำเพาะของผลไม้ยังสามารถหาได้จาก

$$\text{ความถ่วงจำเพาะ (ถ.พ.)} = \frac{\text{น้ำหนักชั่งในอากาศ} \times \text{ถ.พ.ของน้ำ}}{\text{น้ำหนักชั่งในน้ำ}} \quad (2)$$



ภาพที่ 2.3 อุปกรณ์หาปริมาตรและความถ่วงจำเพาะของมังคุด

Vincent et al. (1989) ตามรายละเอียดของงานวิจัยที่ออกมา ที่ศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของ คุณภาพของลักษณะเฉพาะกับความหนาแน่น โดยการวิจัยเกี่ยวกับแอปเปิ้ลในเรื่องนี้มีความพิเศษ คือ ความแตกต่างของความหนาแน่นจะแปรผันตามความลึกของเนื้อผลไม้ ซึ่งถูกค้นพบในรูปแบบนี้ มาแล้วจากแอปเปิ้ลหลายๆ สายพันธุ์ และยังมี การวิจัยอื่น ที่กล่าวถึงความสัมพันธ์ของความหนาแน่น กับความแข็งอีกด้วย แต่อย่างไรก็ตามยังไม่ค้นพบงานวิจัยที่เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่น ในระหว่างการเก็บรักษา

Mitropoulos and Lambrinos (2007) ได้มีงานวิจัยตีพิมพ์ออกมาว่าแอปเปิ้ลพันธุ์ Delicious Pilafa ในหลากหลายสายพันธุ์มีอัตราการสูญเสียน้ำหนักสูง ซึ่งส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นในระหว่างการเก็บ รักษา ภายใต้สภาวะที่ควบคุมนี้สามารถใช้เป็นเหตุผลในการสันนิษฐานถึงการเปลี่ยนแปลงรูปร่างว่า ควรจะเกิดขึ้นน้อยกว่าการสูญเสีย น้ำหนักในกรณีที่แอปเปิ้ลถูกดองน้ำออก ดังนั้น ความสัมพันธ์ระหว่างเวลา ในการเก็บรักษา การสูญเสีย น้ำหนัก ความหนาแน่นของแอปเปิ้ลในระหว่างการเก็บรักษา มีแนวโน้ม ที่จะมีความสัมพันธ์กัน

2.8 การวิเคราะห์ความหวานของผลไม้ด้วย Refractometer

ใช้วัดความหวานหรือปริมาณน้ำตาลในน้ำผลไม้ เครื่องคีม ไวน์ เครื่องคีมแอลกอฮอล์ ช่วยในการตรวจสอบและควบคุมปริมาณน้ำตาลในอาหารและเครื่องคีมช่วยในการวัดการสุกของผลไม้ในสวนว่าสุกเต็มที่เพียงพอกับการเก็บเกี่ยวได้หรือยัง ช่วยในการตรวจสอบปริมาณน้ำตาลในผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว และตรวจสอบปริมาณน้ำตาลในโรงงานผลิตเครื่องคีม

2.9 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ (quantitative analysis) เพื่อหาค่าและพิจารณาความแตกต่างของตัวแปรต่างๆ ที่ศึกษา เช่น ความเข้มข้น คุณสมบัติทางกายภาพ เป็นต้น ซึ่งวิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณได้แก่

1. MLR: multiple linear regression
2. PCR: principle component regression
3. PLS: partial least square regression

ประเด็นปัญหาการวิจัยในการวิเคราะห์สหสัมพันธ์และการถดถอย มุ่งต้องการหาคำตอบว่าตัวแปรที่นำมาหาความสัมพันธ์กันนั้นมีรูปแบบและทิศทางความสัมพันธ์กันอย่างไร มีปริมาณความสัมพันธ์กันมากน้อยเพียงใด และประมาณค่า (estimating) หรือทำนาย (predicting) ตัวแปรตาม (y) จากตัวแปรอิสระ (x) ได้อย่างไร ซึ่งประเด็นปัญหาการวิจัยมักจะเกี่ยวข้องกับปัจจัยหรือกลุ่มของตัวแปรที่ต้องการหาว่า มีผล มีอิทธิพล สัมพันธ์ หรือเกี่ยวข้องกับตัวแปรที่ต้องการศึกษาอย่างไร

การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (multiple linear regression) เป็นวิธีการหารูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม 1 ตัวกับตัวแปรอิสระหลายตัว ผลการวิเคราะห์จะสร้างเป็นสมการเพื่อบอกว่า ตัวแปรอิสระแต่ละตัวมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามมากน้อยเพียงใด เมื่อให้ ตัวแปรอิสระตัวอื่นคงที่ และจะบอกว่ามีความสัมพันธ์ในเชิงบวกหรือว่าเชิงลบ ซึ่งดูได้จากเครื่องหมายหน้าค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยบางส่วน ถ้าตัวแปรอิสระตัวใดมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามเชิงบวกจะหมายความว่า เมื่อค่าของตัวแปรอิสระตัวนั้นเพิ่มขึ้น ค่าของตัวแปรตามจะเพิ่มขึ้นด้วย แต่ถ้าเป็นเชิงลบผลจะกลับกัน คือ เมื่อค่าของตัวแปรอิสระตัวนั้นเพิ่มขึ้นค่าของตัวแปรตามจะลดลง

ผลที่ได้จากการวิเคราะห์สามารถสรุปได้เป็นความสัมพันธ์อยู่ในรูปของสมการเส้นตรง และสามารถอธิบายและเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระแต่ละตัว ว่าตัวแปรใดมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลง Y มากที่สุด สามารถเขียนอยู่ในรูปแบบความสัมพันธ์ในรูปของสมการได้ดังนี้

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \dots + \beta_\alpha X_\alpha \quad (4)$$

เมื่อ Y = ตัวแปรตาม
 β_0 = จุดตัดบนแกน Y
 X_1, X_2, X_3 = ตัวแปรอิสระ
 $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_\alpha$ = regression coefficient

การพิจารณาว่าสมการดีหรือไม่

เมื่อได้สมการมาแล้ว สามารถนำสมการดังกล่าวไปใช้ในการทำนายได้ค่าน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับ

1. ค่า R^2 มีค่าอยู่ระหว่าง 0 - 1 เป็นค่าที่บ่งบอกถึงความสามารถในการทำนายของสมการ ว่ามีความถูกต้องเพียงใด
2. overall F - test เป็นสถิติที่ทดสอบสมการทั้งเส้นว่าตัวแปรอิสระในสมการนั้นสามารถอธิบายตัวแปรตามได้หรือไม่ (ถ้ามีระดับนัยสำคัญทางสถิติ ถือว่าสมการนั้นใช้ได้)
3. partial t - test , partial F - test เป็นการทดสอบตัวแปรอิสระตัวที่สนใจกับตัวแปรตามว่ามีความสัมพันธ์หรือไม่ โดยควบคุมตัวแปรอื่นที่อยู่ในสมการนั้น
4. พิจารณา partial correlation (beta) ของแต่ละปัจจัย (X) ซึ่งจากการวิเคราะห์จะอยู่ในรูปของ standardize regression correlation ค่าสัมประสิทธิ์นี้สามารถเปรียบเทียบอิทธิพลระหว่างตัวแปรที่สนใจกับ Y โดยควบคุมอิทธิพลตัวแปรอิสระอื่นๆ ว่าตัวแปรอิสระตัวใดมีอิทธิพลต่อ Y มากที่สุดหรือมากกว่ากัน

การวิเคราะห์ multiple regression มีวิธีวิเคราะห์ดังนี้

1. enter method เป็นการนำตัวแปรทั้งหมดทุกตัวเข้าในสมการ (fit model) แล้วพิจารณาจากผลการวิเคราะห์ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การวิเคราะห์ regression โดยพิจารณาตัวแปรอิสระบางตัวที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม หรือเป็นการหาสมการที่เหมาะสม โดยมีวิธีการคัดเลือกตัวแปรอิสระดังนี้

2.1 forward method เป็นการคัดเลือกตัวแปรอิสระเฉพาะที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามมากที่สุดเข้ามาในสมการก่อนแล้ว fit สมการ และทำการวิเคราะห์สมการ โดยใช้ overall F - test จาก model สมการที่ fit ในขั้นต่อนั้น และวิเคราะห์ partial t - test จากตัวแปรอิสระที่อยู่ในสมการทุกตัว และทำการวิเคราะห์ตัวแปรอิสระที่อยู่ในสมการทุกตัวและตัวแปรอิสระที่อยู่นอกสมการที่เหลืออีก 1 ตัว เพื่อคัดเลือกตัวแปรอิสระที่อยู่ภายนอกสมการที่ดีที่สุดเข้าในสมการ โดยพิจารณาค่า maximum partial t - test หรือ minimum p - value (เฉพาะ $p < 0.05$) ทำเช่นนี้เรื่อยๆ ไป จนไม่มีตัวแปรอิสระที่สำคัญต่อตัวแปรตาม ($p > 0.05$) จะหยุดทำและดูสมการครั้งสุดท้าย ใช้สมการนั้น

2.2 backward method เป็นการคัดเลือกตัวแปรทั้งหมดเข้ามาในสมการแล้วตัด ตัวแปรที่มีความสำคัญต่อตัวแปร Y น้อยที่สุดออกจากสมการ (เฉพาะ $p > 0.05$ เท่านั้น) แล้ว fit สมการใหม่ แล้วตัดตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์ต่อ Y น้อยที่สุดออกจากสมการเช่นนี้เรื่อยๆ ไป จนเหลือแต่ตัวแปรอิสระที่อยู่ในสมการมีค่า partial t - test p - value < 0.05 ทุกตัว

2.3 stepwise method เป็นการผสมผสานระหว่าง forward และ backward method โดยเป็นการคัดเลือกตัวแปรอิสระ X จากเซตของตัวแปรอิสระ X โดยพิจารณาคัดเลือกตัวแปรอิสระที่มีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์บางส่วนสูงสุดและมีนัยสำคัญเข้าสมการ วิธีการนี้จะเป็นการลดจำนวนของตัวแปรอิสระ X เพื่อให้เป็นตัววิเคราะห์การถดถอยสำหรับตัวแปร y ออกจากจำนวนตัวแปร X ที่เหลือ

2.10 พลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

พลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า แปรโดยตรงกับความถี่ แต่แปรผกผันกับความยาวคลื่น ถ้าพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามากความถี่มาก จะมีความยาวคลื่นสั้น

$$E \propto \nu \propto 1/\lambda$$

E = พลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

ν = ค่าความถี่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

λ = ค่าความยาวคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

เมื่อคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ถูกส่งผ่านไปหาวัตถุ จะเกิดการกระทำกับสารได้หลายแบบ ดังนี้

- ถูกดูดกลืน (Absorption)
- ผ่านทะลุ (Transmission)
- สะท้อน (Reflection)
- กระจาย (Scattering)

จากทฤษฎีกลศาสตร์ควอนตัม บอกให้ทราบว่า อะตอมที่สร้างพันธะกันเกิดเป็น โมเลกุล อะตอมเหล่านี้จะเกิดการสั่นด้วยความถี่ที่มีค่าแน่นอน การเลื่อนไปมาตามแนวเส้นตรง อันเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของระดับพลังงานของอิเล็กตรอนเมื่อได้รับพลังงานจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

2.10.1 Infrared Spectroscopy

จะให้ข้อมูลเกี่ยวกับการสั่น(vibration) กับ การหมุน(rotation) ของโมเลกุล โดยมีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 0.78 – 1,000 μm

โมเลกุลที่ active กับ IR คือโมเลกุลที่สามารถดูดกลืนคลื่นแสง IR ได้ทำให้พันธะเกิดการยืด (stretching)หรือการงอ(bending) บางโมเลกุลที่ไม่สามารถ active IR ได้ คือโมเลกุลที่ไม่มีขั้วจะไม่เกิดปรากฏการณ์ทาง IR ได้

Near Infrared คือคลื่นแสงที่มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 785-2650 nm ซึ่งจะมีผลทำให้โมเลกุลเกิดการสั่นที่ความถี่สูง โมเลกุลจะถูกกระตุ้นจาก ground vibrational level ไปยัง excited vibrational level

2.10.2 กฎการดูดกลืนแสง

$$T = I / I_0$$

$$A = -\log T = \log I_0 / I = \epsilon bc$$

T	=	Transmittance
A	=	Absorbance
I	=	ความเข้มแสงสุดท้าย
I ₀	=	ความเข้มแสงเริ่มต้น
b	=	ความหนาของวัตถุ
C	=	ความเข้มข้นของสาร
ϵ	=	Molar absorptivity

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อต้องการหาองค์ประกอบหนึ่งในตัวอย่าง จะต้องเลือกความยาวคลื่นจำเพาะ เพื่อให้ องค์ประกอบนั้นดูดกลืนคลื่นแสง NIR ไว้ Spectrum จาก NIR เป็น absorption spectrum จะแสดง ความสัมพันธ์ระหว่าง Absorbance กับ ความยาวคลื่น

จากทฤษฎีการดูดกลืนแสงของสารแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน ทำให้มีแนวความคิดว่า มังคุดที่มีอาการเปลือกแข็งจะมีการดูดกลืนพลังงานแสงแตกต่างไปจากมังคุดปกติ อันจะเป็นแนวทาง เพื่อใช้ในการวิเคราะห์เพื่อคัดแยกมังคุดที่มีอาการเปลือกแข็งออกจากมังคุดปกติ

2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

มังคุดคุณภาพดีเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคและตลาดส่งออก สำหรับคุณภาพภายในที่เป็น ปัญหาได้แก่ เนื้อแก้ว ยางไหล และเปลือกแข็ง ไม่สามารถคัดแยกได้ด้วยตาเปล่า

มีงานวิจัยที่นำเอาคุณสมบัติทางสรีรศาสตร์มาอธิบายคุณภาพของผลไม้ เช่น การใช้ค่าความหนาแน่นของผลแอปเปิ้ล เพื่อบอกลักษณะคุณภาพความกรอบของเนื้อ (Vincent, 1989) การใช้น้ำหนักสูญเสียมานำมาบ่งชี้ความแน่นเนื้อของผลแอปเปิ้ล (Mitropoulos and Lambrinos, 2005) เป็นต้น ดังนั้น การศึกษาคุณสมบัติทางสรีรศาสตร์ที่แตกต่างกันของมังคุดยางไหลและมังคุดปกติจึงน่าจะเป็นแนวทางหนึ่งที่จะข้อมูลที่เป็นประโยชน์ สามารถนำไปพัฒนาเพื่อใช้ในการออกแบบระบบคัดแยกมังคุดยางไหลได้และมีงานวิจัยที่นำเทคนิค NIRS มาใช้ในการคัดแยกคุณภาพผลไม้ได้หลายชนิดแบบไม่ทำลาย จึงน่าที่จะสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับอาการยางไหลในมังคุดได้ จึงถูกนำมาใช้ในการวิจัยครั้งนี้

เทคนิควิธีการวัดการดูดกลืนแสงในย่านใกล้อินฟราเรดได้ถูกนำมาใช้เพื่อการคัดแยกผลไม้ต่าง ๆ แบบไม่ทำลายโดยการประเมินคุณภาพภายใน (Walsh et al., 2004) และ ในหลายปีที่ผ่านมา เทคนิควิธีการวัดการดูดกลืนแสงในย่านใกล้อินฟราเรดได้ถูกนำมาประยุกต์เพื่อใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลายกับผลไม้หลายชนิด เช่น ใช้ในการหา soluble solids ในผลแคนตาลูป (Dull et al., 1989) ใช้ในการหาปริมาณน้ำตาลในผลพีช (Kawano et al., 1992) ใช้ในการแยกเกรดผลพีช (Carlomagno et al., 2004) ใช้ในการหาปริมาณน้ำตาลในผลส้ม (Kawano et al., 1993) ใช้ในการคัดแยกผลส้มที่มีกรดสูง (Miyamoto et al., 1998) ใช้ในการประเมินหาความแน่นเนื้อ ปริมาณเนื้อแห้ง และ soluble solid ในผลลิวี (McGlone and Kawano, 1998) ใช้ในการหา soluble solid ในผลมะเขือเทศ (Slaughter et al., 1996) ใช้ในการประเมินคุณภาพของผลมะเขือเทศ (Hong et al., 1998) ใช้ในการหา soluble solid ในผลแตงโม และสับปะรด (Guthrie et al., 1998) ใช้ในการหา soluble solid ในผลแอปเปิ้ล (Ventura et al., 1998; McGlone et al., 2003) ใช้ในการหาปริมาณเนื้อแห้งในผลอะโวคาโด (Clark et al., 2003) ใช้ในการหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

soluble solid ในผลลูกพรุน (Slaughter et al., 2003) ใช้ในการประเมินคุณภาพทางสรีรศาสตร์ของผลมะม่วง (Schmilovich et al., 2000) และ ใช้ในการหา soluble solid ในผลมะม่วง (Saranwong et al., 2004)

อย่างไรก็ตามพบว่า NIR spectroscopy แบบสะท้อนกลับหรือ NIR reflectance spectroscopy จะไม่ค่อยเหมาะสมนักสำหรับผลไม้ เนื่องจากแสงจะผ่านเข้าไปในผลไม้น้อยมากทำให้ได้ข้อมูลที่น้อยมาก (McGlone et al., 2004) มีงานวิจัยจำนวนมากที่รายงานว่าการใช้ NIR spectroscopy แบบทะลุผ่านหรือ NIR transmittance spectroscopy สามารถใช้ทำนายคุณภาพภายในของผลไม้ได้อย่างแม่นยำ ได้แก่ การทำนายคุณภาพภายในของผลแอปเปิล (McGlone et al., 2004, Clark et al., 2003), pear (Fu et al., 2007) การทำนายคุณภาพภายในของผลกีวี (Schaare and Fraser, 2000) การทำนายคุณภาพภายในของผลพีช (Carlomagno et al., 2004) การทำนายคุณภาพภายในของผลส้ม (Kawano et al., 1993, Miyamoto et al., 1998) และการทำนายคุณภาพภายในของผลมังคุด (Teerachaichayut et al., 2007)

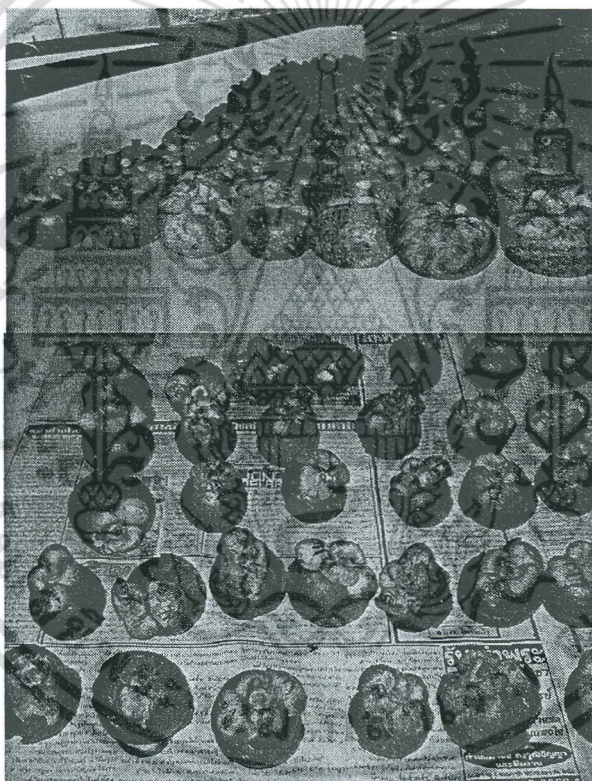
เนื่องจากมังคุดเป็นผลไม้เปลือกหนา ดังนั้นระบบการวัดสเปกตรัมที่เหมาะสมจึงเป็นเรื่องสำคัญ Fraser et al. (2001) ได้รายงานไว้ว่า แสงช่วงความยาวคลื่นสั้นจะสามารถทะลุผ่านได้ดีกว่าแสงช่วงความยาวคลื่นยาว ดังนั้นในงานวิจัยครั้งนี้จึงเลือกใช้ NIRS ชนิดทะลุผ่านและใช้ความยาวคลื่นในช่วงคลื่นสั้นหรือ SW-NIR transmittance spectroscopy ซึ่งเป็นชนิดเดียวกันกับที่ Teerachaichayut et al. (2007) ใช้ในการวิเคราะห์เนื้อแก้วภายในผลมังคุด

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 แหล่งวัตถุดิบ

วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง คือ มังคุดวัย 3-5 (Palapol et al., 2009) โดยนำมาจากแหล่งขายผลไม้ส่งตลาดสี่มุมเมือง เขตรังสิต จังหวัดปทุมธานี โดยคัดเลือกผลมังคุดที่มีขนาดและน้ำหนักใกล้เคียงกันตามภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 มังคุดจากตลาดขายส่งผลไม้

3.2 วัสดุอุปกรณ์

- 3.2.1 บีกเกอร์ 1000 ml
- 3.3.2 ไม้เสียบมังคุด
- 3.3.3 ขาดั่งพร้อมที่จับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4 เครื่องชั่งระบบดิจิทัลทศนิยม 2 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Ohaus รุ่น Adventurer

3.3.5 มีด เขียง

3.3.6 กล้องถ่ายรูประบบดิจิทัล ยี่ห้อฟูจิฟิล์ม (Fujifilm, FinepixS2000HD, Japan)

3.3.7 โคมไฟ

3.3.8 ผ้าเช็ดมุ้งคุดหรือกระดาษเอนกประสงค์

3.3.9 Vernier Caliper ยี่ห้อ scorpion (ขนาด 150×0.05 mm, $6 \times 1/128$ in)

3.3.10 เครื่องมือวัดการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องมือ 2 แบบ คือ แบบ Visible spectrophotometer ช่วงความยาวคลื่น 400-600 นาโนเมตร และแบบ NIR spectrophotometer ช่วงความยาวคลื่น 655-955 นาโนเมตร ชนิดทะลุผ่าน (PureSpect, Saika TIF, Japan)

3.3 วิธีการทดลอง

แบ่งการทดลองออกเป็น 3 ตอน

ตอนที่ 1 ศึกษาคุณสมบัติทางสรีรศาสตร์ของมุ้งคุดยางไหลเปรียบเทียบกับมุ้งคุดปกติ

นำตัวอย่างมุ้งคุดแต่ละผลมาทำการวัดขนาด ซึ่งน้ำหนัก และหาค่าความหนาแน่นปรากฏโดยวิธีแทนที่น้ำ (Mohsenin, 1984) จากนั้นใช้มีดผ่าเปลือกตามแนวกึ่งกลางผลและเปิดผ่าเปลือกออก ตรวจสอบคุณภาพภายในและบันทึกภาพโดยควบคุมแสงในการถ่ายภาพให้มีความสว่างเท่ากันด้วยกล้องถ่ายภาพระบบดิจิทัล ยี่ห้อฟูจิฟิล์ม (Fujifilm, FinepixS2000HD, Japan) เพื่อคัดแยกกลุ่มมุ้งคุดปกติและมุ้งคุดยางไหล

นำเนื้อมุ้งคุดของแต่ละผล ทำการคั้นและกรองด้วยผ้ากรอง จากนั้นนำน้ำมุ้งคุดที่ได้มาวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (SSC) ด้วย hand refractometer ยี่ห้อ ATAGO master รุ่น 2M และวัดค่าความเป็นกรด ด้วยวิธีการไตเตรทกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 N โดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์

วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลตอนที่ 1: วิเคราะห์ข้อมูลทางสรีรศาสตร์ของมุ้งคุดโดยใช้กราฟเป็นตัวแทนเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างมุ้งคุดปกติกับมุ้งคุดที่มีอาการยางไหล

ตอนที่ 2 ศึกษาคุณสมบัติของมังคุดยางไหลที่มีระดับความรุนแรงต่างกัน

นำตัวอย่างมังคุดทั้งหมด มาทำการหาค่าความหนาแน่นปรากฏ ด้วยเทคนิคการแทนที่น้ำ และการสูญเสียน้ำหนัก เปรียบเทียบ ในชั่วโมงที่ 0, 24, 48, 72 และ 96 จากนั้นใช้มีดผ่าเปลือกตามแนวกึ่งกลางผลและเปิดฝาเปลือกออก ตรวจสอบคุณภาพภายในและ บันทึกภาพโดยควบคุมแสงในการถ่ายภาพ ให้มีความสว่างเท่ากัน เพื่อตัดแยกกลุ่มมังคุดปกติและมังคุดยางไหล

วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลตอนที่ 2: วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของมังคุดโดยใช้กราฟเป็นตัวเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างมังคุดปกติกับมังคุดที่มีอาการยางไหล

ตอนที่ 3 ศึกษาสเปกตรัมของมังคุดที่มีอาการยางไหลภายในและมังคุดปกติ โดยใช้เทคนิคการดูดกลืนพลังงานแสงในย่านความยาวคลื่นที่สายตามองเห็นและใกล้อินฟราเรด

นำตัวอย่างมังคุดที่มีความสุกระดับ 3-4 จากตลาดผลไม้สดในประเทศไทย เก็บรักษาและควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 25°C ในห้องปรับอากาศ 24 ชั่วโมง เพื่อไม่ให้อุณหภูมิมีผลกระทบต่อสเปกตรัมที่ได้ จากนั้นนำตัวอย่างแต่ละผลทำการวัดการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องมือ 2 แบบ คือ แบบ Visible spectrophotometer ช่วงความยาวคลื่น 400-600 นาโนเมตร และแบบ NIR spectrophotometer ช่วงความยาวคลื่น 655-955 นาโนเมตร ชนิดทะลุผ่าน (PureSpect, Saika TIF, Japan)

มังคุดจำนวน 300 ตัวอย่าง ถูกใช้เพื่อการศึกษา โดย 150 ตัวอย่าง ใช้สำหรับการวัดการดูดกลืนพลังงานในช่วงความยาวคลื่นในช่วงสายตามองเห็น และอีก 150 ตัวอย่าง ใช้สำหรับการวัดการดูดกลืนพลังงานในช่วงความยาวคลื่นใกล้อินฟราเรด แต่ละตัวอย่างทำการวัด 4 จุด รอบๆผล ห่างกันทำมุม 90° หลังจากทำการวัดแล้ว ทำการผ่าเปลือกที่กึ่งกลางผลด้วยมีดที่คม แล้วเปิดฝาเปลือกออก ถ่ายภาพคุณภาพเนื้อภายในผลในแต่ละตัวอย่างด้วยกล้องดิจิทัลยี่ห้อฟูจิฟิล์ม (Fujifilm, FinepixS2000HD, Japan) โดยควบคุมแสงและความสูงไฟส่องที่ (ใช้ขาตั้งกล้องและจัดหลอดไฟส่องสว่างไว้คงที่ตลอด)

แบ่งกลุ่มมังคุดที่ทดลองเป็นกลุ่มมังคุดปกติและมังคุดยางไหล โดยทั้งนี้มังคุดที่มีอาการผิดปกติภายในอย่างอื่นเช่น เนื้อแก้วและเปลือกแข็ง จะไม่นำมาพิจารณาในงานวิจัยนี้

วิธีการวิเคราะห์ตอนที่ 3: นำข้อมูลสเปกตรัมเฉลี่ยที่ได้ของแต่ละตัวอย่างมาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยการนำ pretreatment ข้อมูลสเปกตรัม ด้วยวิธีการต่างๆ วิเคราะห์การแยกกลุ่มโดยใช้วิธี Principal component analysis (PCA) เปรียบเทียบผลการแยกกลุ่มของข้อมูลที่วัดการดูดกลืนพลังงานในช่วงความยาวคลื่นในช่วงสายตามองเห็น และที่วัดการดูดกลืนพลังงานในช่วงความยาวคลื่นใกล้อินฟราเรด โดยใช้โปรแกรม Unscrambler program (Ver. 9.6: CAMO AS, Trondheim, Norway)

จากนั้นทำการประเมินประสิทธิภาพของการคัดแยกโดยดูจากความแม่นยำในการทำนายโดยใช้เทคนิค Fisher linear discriminant analysis (McLachlan, 1992) ซึ่งเป็นเทคนิคที่นำตัวแปรอิสระต่างๆที่ได้จากการวัดแบบไม่ทำลาย มาวิเคราะห์ทางสถิติหาว่าตัวแปรอิสระใดบ้างที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามมากที่สุด และหาความยาวคลื่นที่ดีที่สุดสำหรับการคัดแยกโดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์หน้าตัวแปรในสมการ Fisher's linear discriminant functions

จากนั้นใช้วิธี leave-one-out cross validation ซึ่งเป็นเทคนิคที่นำตัวอย่างทั้งหมดยกเว้นตัวอย่างที่หนึ่งที่ถูกดึงออกไป แล้วนำมาสร้างสมการพร้อมกับทดสอบความแม่นยำจากกลุ่มตัวอย่างที่เหลือ จากนั้นตัวอย่างที่สองถูกดึงออกไป แล้วนำมาสร้างสมการพร้อมกับทดสอบความแม่นยำจากกลุ่มตัวอย่างที่เหลือ ทำซ้ำแบบเดิมจนกระทั่งทุกตัวอย่างถูกดึงออกไปพร้อมทำการทดสอบทั้งหมด เพื่อประเมินประสิทธิภาพในการทำนาย ในการวิเคราะห์ผลดังกล่าว ใช้โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ SPSS software (Version 11.5, SPSS Inc, Chicago, USA)

3.4 สถานที่ทำการทดลอง

3.4.1 คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.4.2 สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทที่ 4

ผลการทดลอง

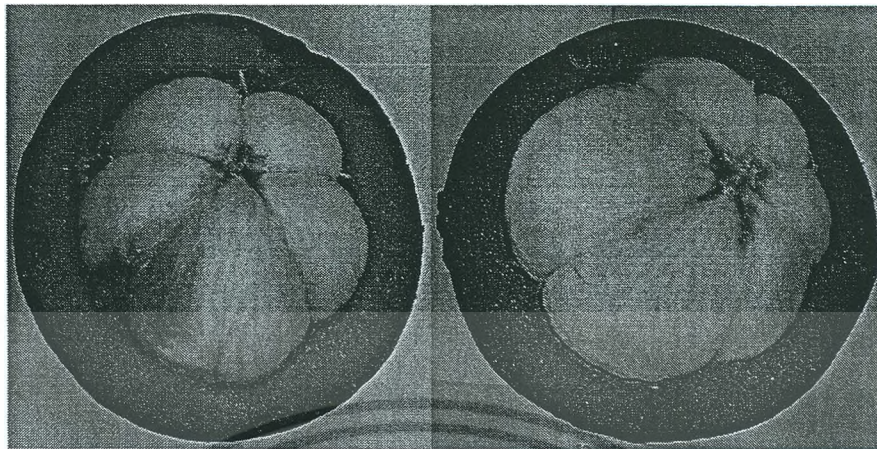
หลังจากการนำตัวอย่างมังคุดแต่ละตัวอย่างมาเก็บผลข้อมูล แล้วได้ทำการผ่าเปลือกที่บริเวณกึ่งกลางผล จากนั้นเปิดผ่าเปลือกออกและทำการถ่ายภาพ เพื่อจะตรวจคุณภาพภายในของแต่ละผล และทำการแยกกลุ่มมังคุด โดยในการทดลองนี้ทำการแบ่งกลุ่มเป็น กลุ่มมังคุดปกติ และกลุ่มมังคุดยางไหล โดยที่ในกลุ่มมังคุดยางไหลได้แบ่งระดับความรุนแรงด้วย โดยพิจารณาจากปริมาณของพื้นที่ในส่วนที่เป็นยางไหลต่อพื้นที่ที่เป็นส่วนเนื้อทั้งหมด มังคุดที่มีอัตราส่วนของพื้นที่ที่เป็นยางไหลน้อย จะจัดเป็นกลุ่มมังคุดยางไหลที่มีอาการไม่รุนแรง แต่มังคุดที่มีอัตราส่วนของพื้นที่ที่เป็นยางไหลมาก จะจัดเป็นกลุ่มมังคุดยางไหลที่มีอาการรุนแรง



ภาพที่ 4.1 ลักษณะของมังคุดปกติ

ภาพที่ 4.1 แสดงให้ดูตัวอย่างภาพของมังคุดปกติ โดยจะเห็นว่าไม่มีส่วนใดในบริเวณเนื้อที่มีอาการยางไหล ทั้งนี้ในการทดลองนี้จะพิจารณาเฉพาะมังคุดปกติและยางไหลเท่านั้น ถ้าตรวจพบมังคุดที่มีคุณภาพภายในผิดปกติอื่นๆ เช่น อาการเนื้อแก้ว จะไม่นำตัวอย่างนั้นมาวิเคราะห์ในงานวิจัยนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.2 ลักษณะของมังคุดยางไหลที่มีความรุนแรงน้อยกว่า 25% ของพื้นที่

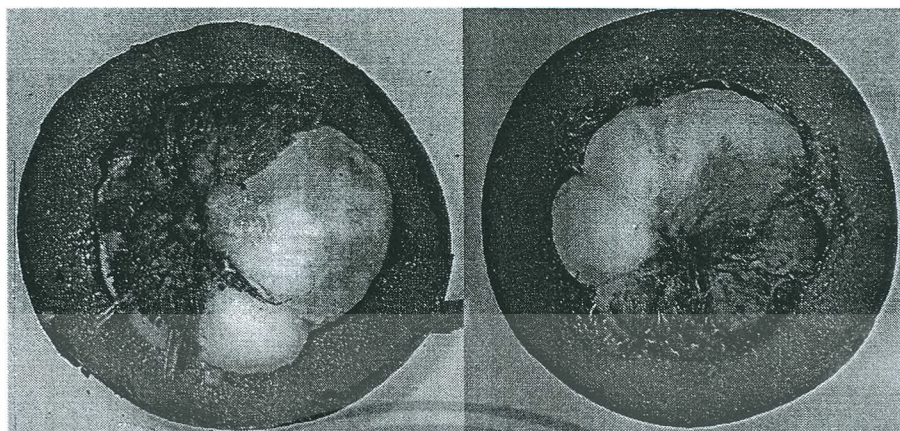
ภาพที่ 4.2 แสดงให้ดูตัวอย่างภาพของมังคุดยางไหลที่มีอาการรุนแรงน้อย โดยมีขนาดของพื้นที่ที่เป็นยางไหลน้อยกว่า 25% ของพื้นที่ที่เป็นเนื้อทั้งหมด โดยทั้งนี้ อาการยางไหลที่เกิดขึ้นอาจเกิดขึ้นบริเวณใดบริเวณหนึ่งของส่วนที่เป็นเนื้อภายในก็ได้ หรือมีการกระจายตัวให้เห็นเนื้อที่เป็นส่วนดี (สีขาว) ประมาณ มากกว่า 76% ของพื้นที่เนื้อทั้งหมด



ภาพที่ 4.3 ลักษณะของมังคุดยางไหลที่มีความรุนแรง 26-50% ของพื้นที่

ภาพที่ 4.3 แสดงให้ดูตัวอย่างภาพของมังคุดยางไหลที่มีอาการรุนแรงปานกลาง โดยมีขนาดพื้นที่ที่เกิดอาการยางไหล 26-50% โดยทั้งนี้ อาการยางไหลที่เกิดขึ้นอาจเกิดขึ้นบริเวณใดบริเวณหนึ่งของส่วนที่เป็นเนื้อภายในก็ได้ หรือมีการกระจายตัวให้เห็นเนื้อที่เป็นส่วนดี (สีขาว) ประมาณ 51-75% ของพื้นที่เนื้อทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.4 ลักษณะของมังคุดยางไหลที่มีความรุนแรง 51-75% ของพื้นที่

ภาพที่ 4.4 แสดงให้ดูตัวอย่างภาพของมังคุดยางไหลที่มีอาการรุนแรงมาก โดยมีขนาดพื้นที่ที่เกิดอาการยางไหล 51-75% โดยทั้งนี้ อาการยางไหลที่เกิดขึ้นอาจเกิดขึ้นบริเวณใดบริเวณหนึ่งของส่วนที่เป็นเนื้อภายในก็ได้ หรือมีการกระจายตัวให้เห็นเนื้อที่เป็นส่วนดี (สีขาว) ประมาณ 26-50% ของพื้นที่เนื้อทั้งหมด



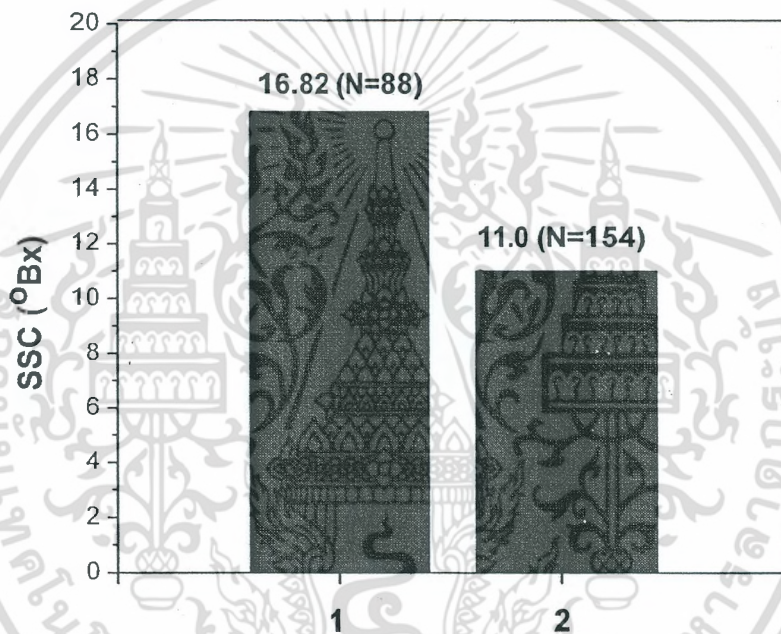
ภาพที่ 4.5 ลักษณะของมังคุดยางไหลที่มีความรุนแรงมากกว่า 75% ของพื้นที่

ภาพที่ 4.5 แสดงให้ดูตัวอย่างภาพของมังคุดยางไหลที่มีอาการรุนแรงมากที่สุด โดยมีขนาดพื้นที่ที่เกิดอาการยางไหลมากกว่า 75% โดยทั้งนี้ อาการยางไหลที่เกิดขึ้นอาจเกิดขึ้นบริเวณใดบริเวณหนึ่งของส่วนที่เป็นเนื้อภายในก็ได้ หรือมีการกระจายตัวให้เห็นเนื้อที่เป็นส่วนดี (สีขาว) ประมาณน้อยกว่า 24% ของพื้นที่เนื้อทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1 ตอนที่ 1 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางสรีรศาสตร์ของมัจจุยงไหลด เปรียบเทียบกับมัจจุคปกติ

สามารถแบ่งเป็นกลุ่มมัจจุยงไหลดและมัจจุคปกติ จากมัจจุที่ใช้เป็นตัวอย่างทั้งหมด จำนวน 242 ผล ได้มัจจุยงไหลดจำนวน 154 ผล และมัจจุคปกติจำนวน 88 ผล นำเนื้อมัจจุของแต่ละตัวอย่างมาคั้นน้ำและผ่านการกรอง จากนั้นวัดค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดและค่าความเป็นกรด



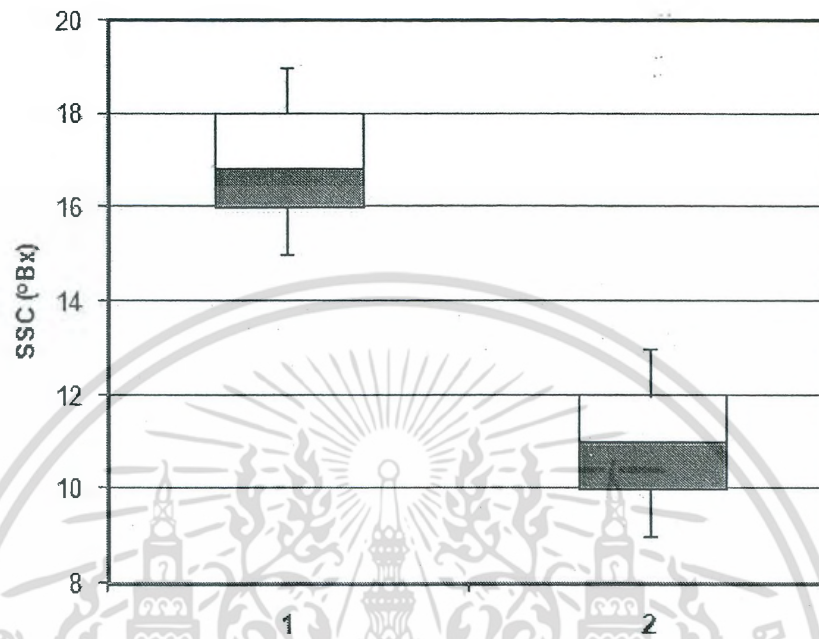
ภาพที่ 4.6 ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดเฉลี่ยของมัจจุ: 1 คือ กลุ่มมัจจุคปกติ 2 คือกลุ่มมัจจุยงไหลด

เมื่อนำค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของกลุ่มมัจจุยงไหลดและของกลุ่มมัจจุคปกติมาหาค่าเฉลี่ย และนำมาพล็อตกราฟได้ผลดังแสดงในภาพที่ 4.6 พบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของมัจจุยงไหลดจะน้อยกว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของมัจจุคปกติ

นำค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของกลุ่มมัจจุยงไหลดและของกลุ่มมัจจุคปกติมาหาค่าการกระจายตัวของข้อมูล โดยการพล็อตกราฟแบบ box plot ได้ผลดังแสดงในภาพที่ 4.7 พบว่า ระดับของค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของมัจจุยงไหลดจะมีความแตกต่างจากระดับของค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของมัจจุคปกติอย่างชัดเจน เมื่อทำการวิเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางสถิติด้วยวิธี t-test พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$)

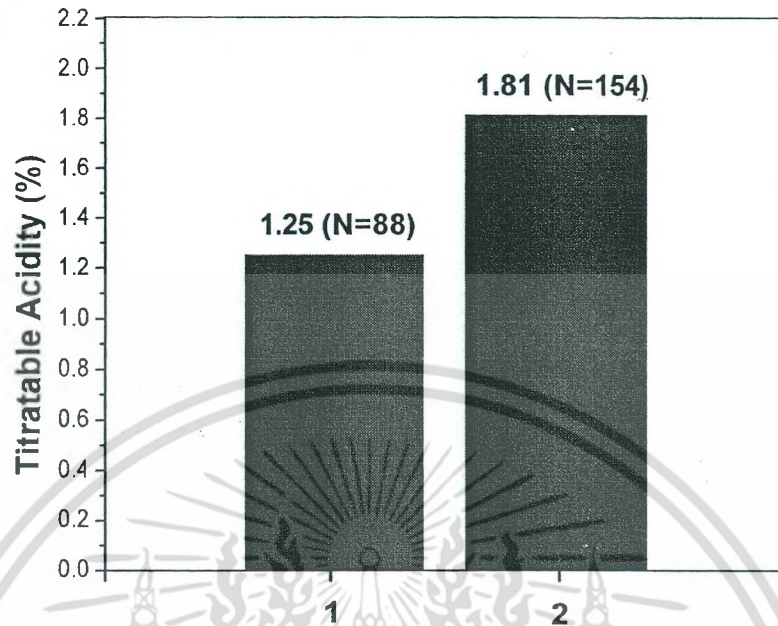


ภาพที่ 4.7 Box plot แสดงค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของมังกูต:

1 คือ กลุ่มมังกูตปกติ 2 คือกลุ่มมังกูตยางไหล

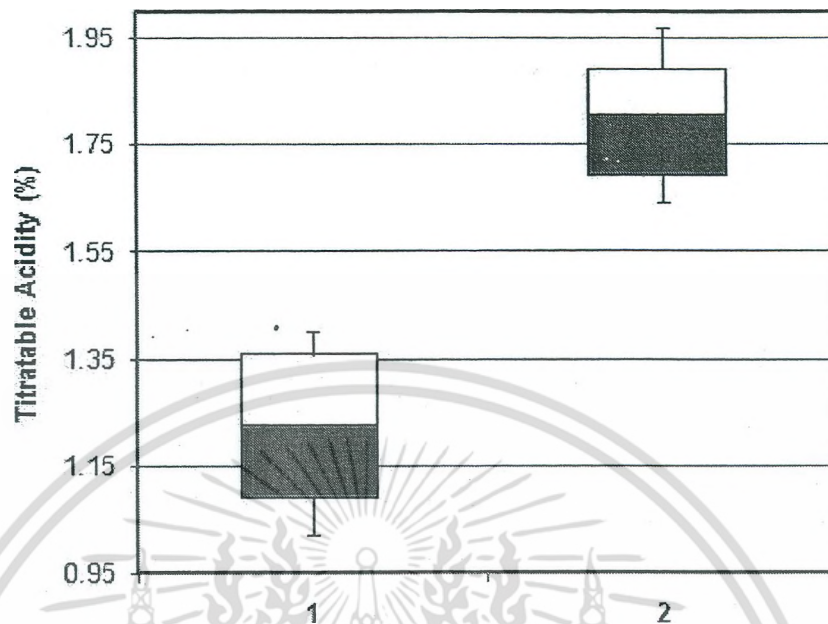
เมื่อนำค่าความเป็นกรดของมังกูตยางไหลและของมังกูตปกติมาหาค่าเฉลี่ย และนำมาพล็อตกราฟได้ผลดังแสดงในภาพที่ 4.8 พบว่า ค่าความเป็นกรดของมังกูตยางไหลจะมากกว่าค่าความเป็นกรดของมังกูตปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.8 ค่าความเป็นกรดเจ็ลลี่ของมังคุด: 1 คือ กลุ่มมังคุดปกติ 2 คือกลุ่มมังคุดยางไหล

นำค่าความเป็นกรดของกลุ่มมังคุดยางไหลและของกลุ่มมังคุดปกติมาหาค่าการกระจายตัวของข้อมูล โดยการพล็อตกราฟแบบ box plot ได้ผลดังแสดงในภาพที่ 4.9 พบว่า ระดับของค่าความเป็นกรดของมังคุดยางไหลจะมีความแตกต่างจากระดับของค่าความเป็นกรดของมังคุดปกติอย่างชัดเจน เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี t-test พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$)



ภาพที่ 4.9 Box plot แสดงค่าความเป็นกรดของมังคุด: 1 คือ กลุ่มมังคุดปกติ
2 คือกลุ่มมังคุดขนาดใหญ่

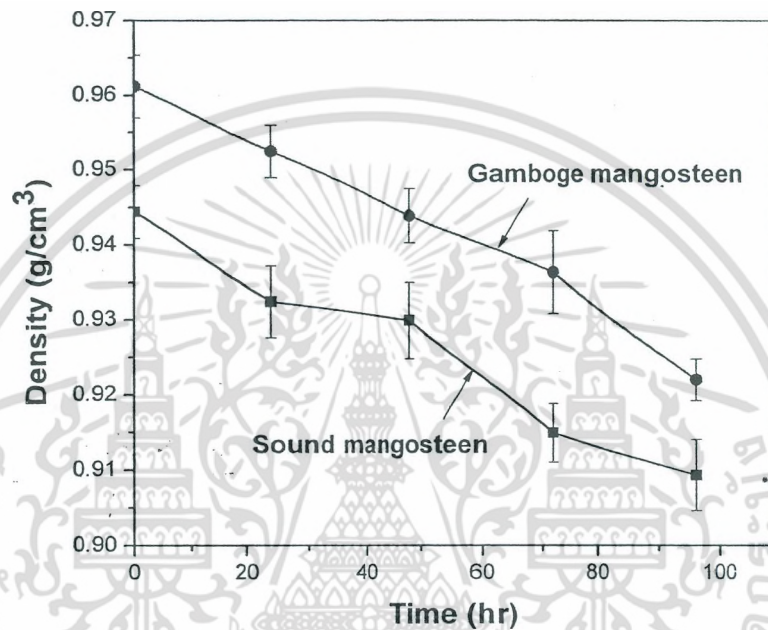
4.2 ตอนที่ 2 ผลการศึกษาคุณสมบัติของมังคุดขนาดใหญ่ที่มีระดับความรุนแรงต่างกัน

สามารถแบ่งเป็นกลุ่มมังคุดขนาดใหญ่และมังคุดปกติ จากมังคุดที่ใช้เป็นตัวอย่างทั้งหมดจำนวน 161 ผล ได้มังคุดขนาดใหญ่จำนวน 94 ผล และมังคุดปกติจำนวน 67 ผล นำผลมังคุดของแต่ละตัวอย่างมาทำการวัดค่าความหนาแน่นและค่าการสูญเสียน้ำหนัก โดยทำการเก็บข้อมูลในทุกช่วงเวลา 0, 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมงของการเก็บรักษา

เมื่อนำค่าความหนาแน่นของกลุ่มมังคุดปกติ และกลุ่มมังคุดขนาดใหญ่มาหาค่าเฉลี่ยที่ระยะเวลาเก็บรักษาต่าง ๆ มาพล็อตกราฟได้ผลดังแสดงในภาพที่ 4.10 พบว่า ค่าความหนาแน่นของผลมังคุดขนาดใหญ่จะมีความหนาแน่นมากกว่าผลมังคุดปกติและจะเห็นว่าค่าความหนาแน่นของผลมังคุดจะลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ความหนาแน่นของผลมังคุดขนาดใหญ่ จะมีค่าความหนาแน่นที่มากกว่าของผลปกติในทุกช่วงเวลาของการเก็บรักษา อธิบายได้ว่า การที่มังคุดเกิดขนาดใหญ่ภายในผล และยางไหลที่เกิดขึ้นภายในผลมีความหนาแน่นมากกว่าน้ำที่เป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ในผลมังคุด จึงเป็นการเพิ่มความหนาแน่นของผลมังคุดให้มากขึ้น เป็นเหตุให้มังคุดขนาดใหญ่มี

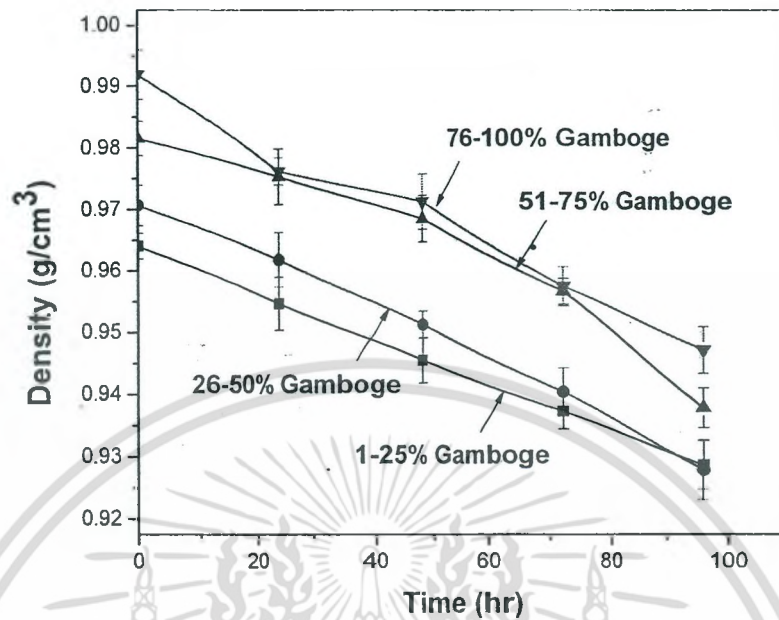
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความหนาแน่นมากกว่าผลมังคุดปกติ และการที่ความหนาแน่นของผลมังคุดมีค่าลดลงตามเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น อธิบายได้ว่า ในระหว่างกระบวนการสุกของผลไม้ จะมีการสูญเสียน้ำ จึงเป็นเหตุให้มวลของผลมังคุดลดลงตามเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่ปริมาตรของผลไม้ไม่มีการเปลี่ยนแปลง ส่งผลให้ค่าความหนาแน่นของผลมังคุดลดลงทั้งในส่วนของมังคุดปกติและมังคุดยางไหล



ภาพที่ 4.10 ค่าความหนาแน่นเฉลี่ยของกลุ่มมังคุดปกติและกลุ่มมังคุดยางไหลที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

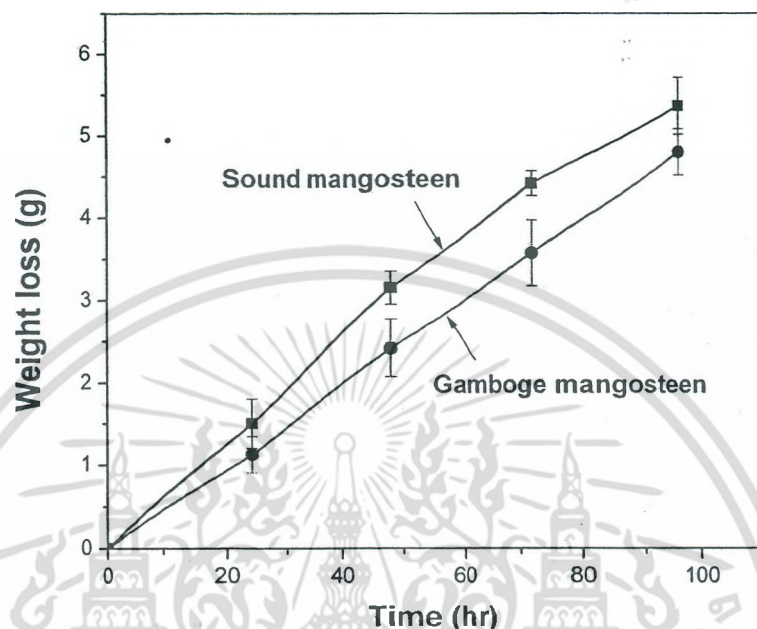


ภาพที่ 4.11 ค่าความหนาแน่นเฉลี่ยของกลุ่มมังคุดยางไหลที่มีระดับความรุนแรงต่างกัน

เมื่อนำค่าความหนาแน่นเฉลี่ยของกลุ่มมังคุดยางไหลที่มีระดับความรุนแรงต่างกันที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ มาพล็อตกราฟได้ผลดังแสดงในภาพที่ 4.11 พบว่า ค่าความหนาแน่นของมังคุดที่มีระดับความรุนแรงมากจะมีค่าความหนาแน่นมากกว่ามังคุดที่มีระดับความรุนแรงน้อย และจะมีค่าความหนาแน่นลดลงเมื่อระยะเวลาเก็บรักษาเพิ่มขึ้นอธิบายได้ว่า การที่มังคุดเกิดยางไหลในระดับความรุนแรงที่มากขึ้น หมายถึงมังคุดมีปริมาณยางไหลภายในผลมากขึ้น แต่ยางไหลที่เกิดขึ้นภายในผลมีความหนาแน่นมากกว่าน้ำ ดังนั้นการที่ผลมังคุดมีปริมาณยางไหลเพิ่มมากขึ้นก็ยิ่งเป็นการเพิ่มความหนาแน่นของผลมังคุดให้มากขึ้นด้วย เป็นเหตุให้มังคุดยางไหลที่มีระดับความรุนแรงมากกว่าจึงมีค่าความหนาแน่นมากกว่าผลมังคุดยางไหลที่มีระดับความรุนแรงน้อยกว่านั่นเอง

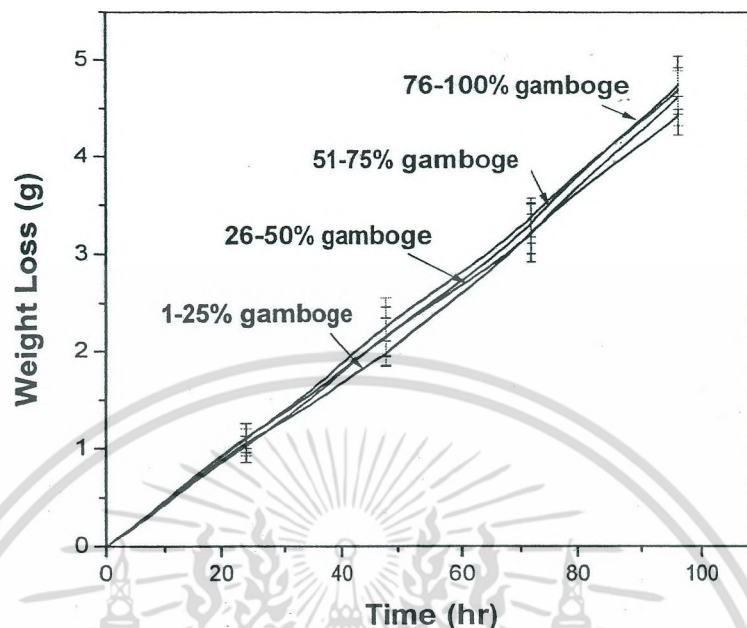
เมื่อนำค่าการสูญเสียน้ำหนักของกลุ่มมังคุดปกติ และกลุ่มมังคุดยางไหลมาหาค่าเฉลี่ยที่ระยะเวลาเก็บรักษาต่าง ๆ มาพล็อตกราฟได้ผลดังแสดงในภาพที่ 4.12 พบว่า ค่าการสูญเสียน้ำหนักของผลมังคุดทั้งสองกลุ่มเพิ่มขึ้นตามเวลาการเก็บรักษา ทั้งนี้เนื่องจากเป็นกลไกปกติของกระบวนการสุกของผลไม้ ที่มังคุดจะคายน้ำออกสู่บรรยากาศเป็นเหตุให้ผลมังคุดทั้งสองกลุ่มมีการสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการเก็บรักษา และค่าการสูญเสียน้ำหนักของผลมังคุดยางไหลจะมีค่าการสูญเสียน้ำหนักของผลมังคุดน้อยกว่าผลมังคุดปกติ อธิบายได้ว่า การที่มังคุดยางไหลมีส่วนประกอบที่เป็นน้ำน้อยกว่ามังคุดปกติ ดังนั้นจึงมีผลทำให้มีปริมาณน้ำในผลที่สามารถระเหยออก

คู่บรรยากาศได้มีน้อยกว่าในมังคุดปกติ จึงส่งผลให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักที่น้อยกว่า ดังนั้นจึงพบว่า มังคุดยางไหลมีอัตราการสูญเสียน้ำหนักที่น้อยกว่ามังคุดปกตินั่นเอง



ภาพที่ 4.12 ค่าการสูญเสียน้ำหนักของกลุ่มมังคุดปกติและกลุ่มมังคุดยางไหลที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา

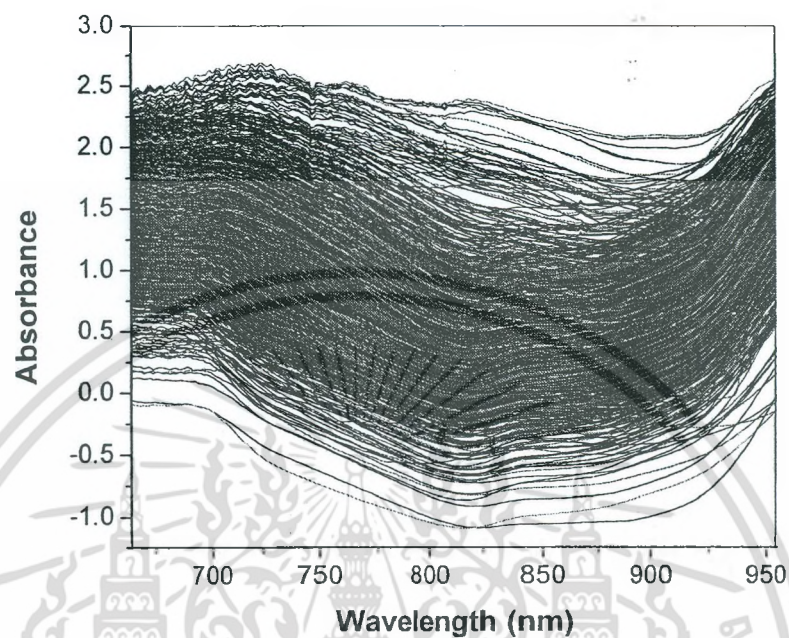
เมื่อนำค่าการสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ยของกลุ่มมังคุดยางไหลที่ระดับความรุนแรงต่างกันที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ มาพล็อตกราฟได้ผลดังแสดงในภาพที่.4.13 พบว่า ค่าการสูญเสียน้ำหนักของผลมังคุดยางไหลที่มีระดับความรุนแรงมากและที่มีระดับความรุนแรงน้อย จะมีค่าการสูญเสียน้ำหนักที่ใกล้เคียงกัน อธิบายได้ว่า การที่มังคุดเกิดยางไหลภายในจะมีสัดส่วนขององค์ประกอบที่เป็นยางไหลแตกต่างกัน แต่เนื่องจากปริมาณยางไหลที่เป็นองค์ประกอบของมังคุดยางไหลที่ระดับความรุนแรงน้อยและมากจะมีปริมาณที่น้อยเมื่อเทียบกับน้ำที่เป็นองค์ประกอบหลัก ดังนั้นจึงมีผลทำให้มีปริมาณน้ำในผลที่สามารถระเหยออกสู่บรรยากาศได้มีค่าใกล้เคียงกัน ดังนั้นจึงพบว่ามังคุดยางไหลที่ระดับความรุนแรงต่างกันจะมีอัตราการสูญเสียน้ำหนักที่ใกล้เคียงกันนั่นเอง



ภาพที่ 4.13 ค่าการสูญเสียน้ำหนักของกลุ่มมังคุดยางไหลที่มีระดับความรุนแรงต่างกัน

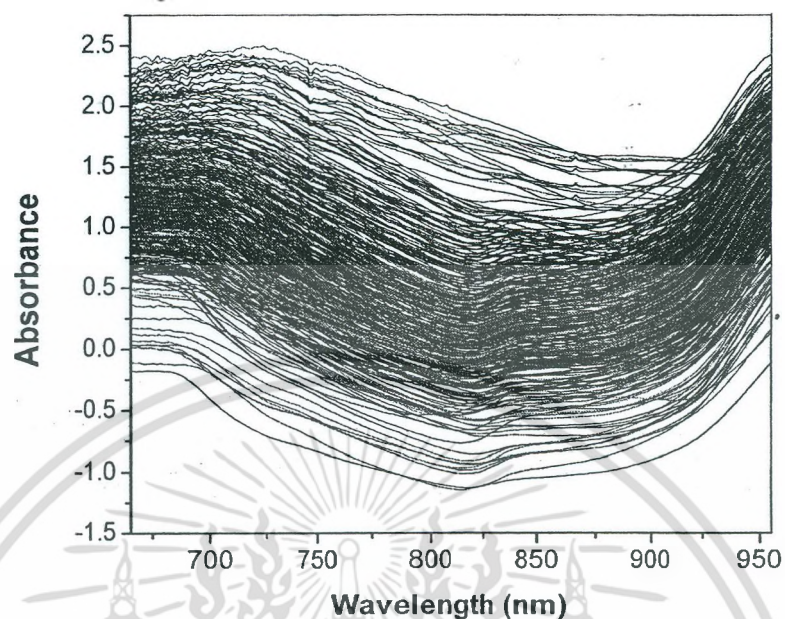
4.3 ตอนที่ 3 ผลการศึกษาสเปกตรัมของมังคุดที่มีอาการยางไหลภายในและมังคุดปกติ โดยใช้เทคนิคการดูดกลืนพลังงานแสงในช่วงความยาวคลื่นที่สายตามองเห็นและใกล้อินฟราเรด

จากการนำตัวอย่างมังคุด 300 ผล มาทำการตรวจวัดการดูดกลืนพลังงาน (150 ผลสำหรับการวัดการดูดกลืนพลังงานแสงในช่วงความยาวคลื่นใกล้อินฟราเรดและ 150 ผล สำหรับการวัดการดูดกลืนพลังงานแสงในช่วงความยาวคลื่นที่สายตามองเห็น) จากนั้นทำการผ่าเปลือกที่บริเวณกึ่งกลางผล เปิดฝาเปลือกออกและทำการถ่ายภาพ เพื่อจะตรวจคุณภาพภายในของแต่ละผล และทำการแยกกลุ่มมังคุด โดยในการทดลองนี้ทำการแบ่งกลุ่มเป็น กลุ่มมังคุดปกติ และกลุ่มมังคุดยางไหล เมื่อได้ข้อมูลของกลุ่มมังคุดปกติและกลุ่มมังคุดยางไหลแล้ว จึงนำข้อมูลไปวิเคราะห์การคัดแยกต่อไป



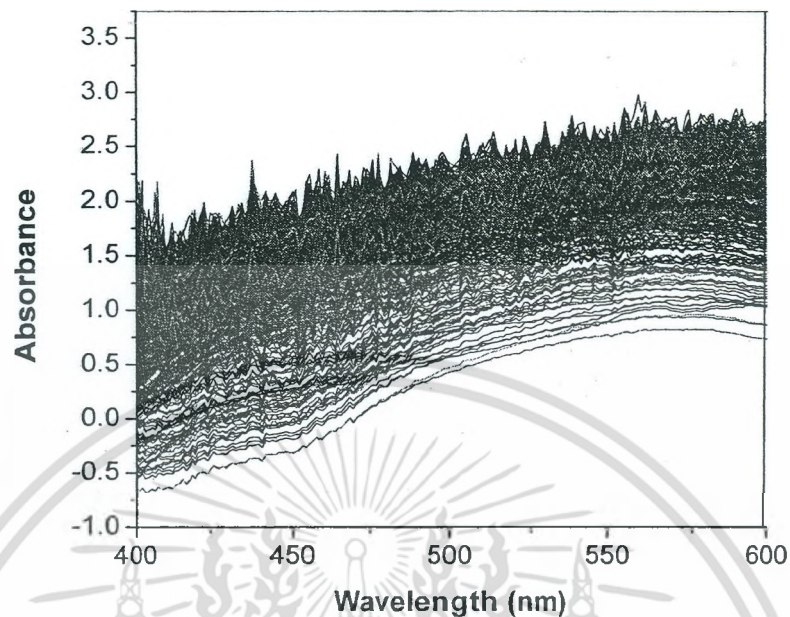
ภาพที่ 4.14 ค่าการดูดกลืนพลังงานแสงของกลุ่มมังคุดปกติในช่วงความยาวคลื่นใกล้อินฟราเรด

ภาพที่ 4.14 แสดงให้เห็นถึงผลการตรวจวัดการดูดกลืนพลังงานแสงในช่วงความยาวคลื่นใกล้อินฟราเรดของตัวอย่างมังคุดปกติทั้งหมดที่ทำการทดลอง



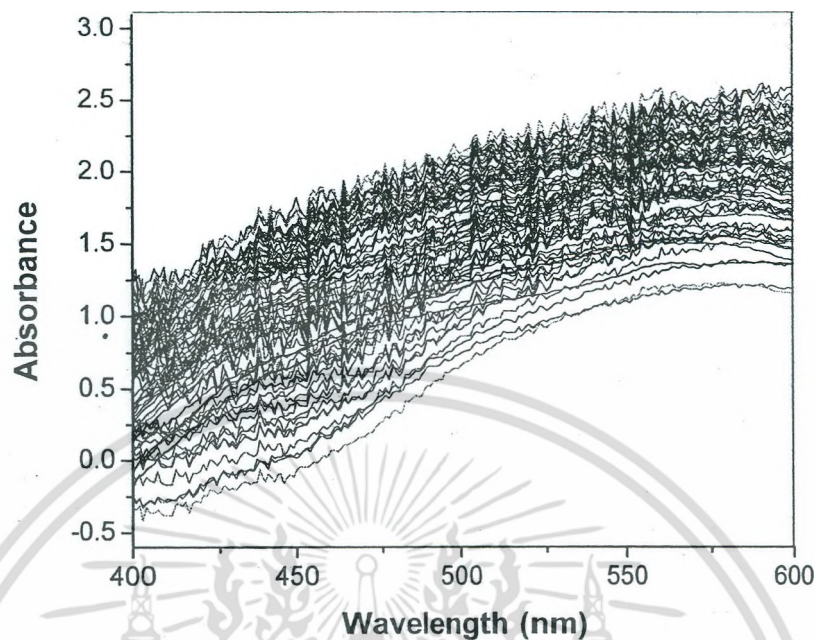
ภาพที่ 4.15 ค่าการดูดกลืนพลังงานแสงของกลุ่มมัจจุค่างไหลในช่วงความยาวคลื่นใกล้
อินฟราเรด

ภาพที่ 4.15 แสดงให้เห็นถึงผลการตรวจวัดการดูดกลืนพลังงานแสงในช่วงความยาวคลื่น
ใกล้อินฟราเรดของตัวอย่างมัจจุค่างไหลทั้งหมดที่ทำการทดลอง



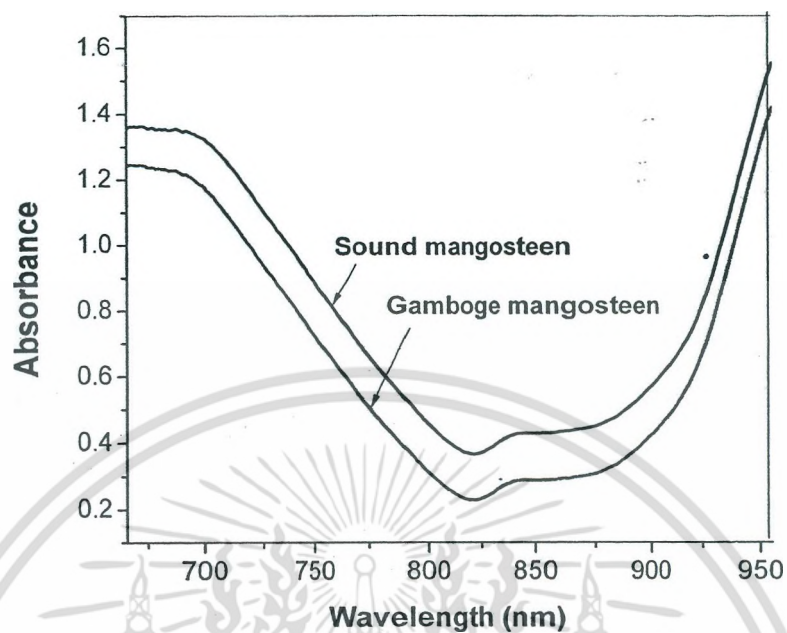
ภาพที่ 4.16 ค่าการดูดกลืนพลังงานแสงของกลุ่มมังคุดปกติในช่วงความยาวคลื่นที่สายตามองเห็น

ภาพที่ 4.16 แสดงให้เห็นถึงผลการตรวจวัดการดูดกลืนพลังงานแสงในช่วงความยาวคลื่นที่สายตามองเห็นของตัวอย่างมังคุดปกติทั้งหมดที่ทำการทดลอง



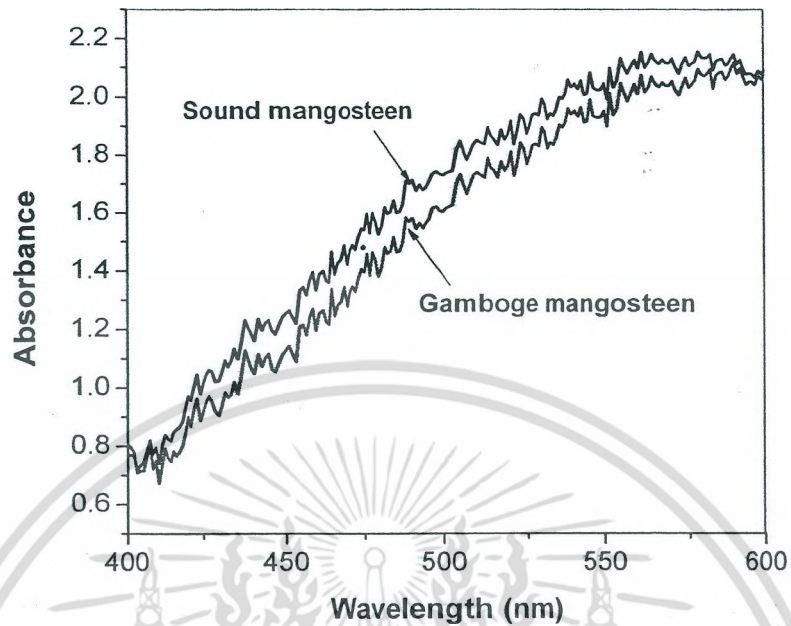
ภาพที่ 4.17 ค่าการดูดกลืนพลังงานแสงของกลุ่มมังกูดยางไหลในช่วงความยาวคลื่นที่สายตามองเห็น

ภาพที่ 4.17 แสดงให้เห็นถึงผลการตรวจวัดการดูดกลืนพลังงานแสงในช่วงความยาวคลื่นที่สายตามองเห็นของตัวอย่างมังกูดยางไหลทั้งหมดที่ทำกรทดลอง



ภาพที่ 4.18 ค่าการดูดกลืนพลังงานแสงเฉลี่ยของกลุ่มมังคุดปกติและมังคุดยางไหล ในช่วงความยาวคลื่นใกล้อินฟราเรด

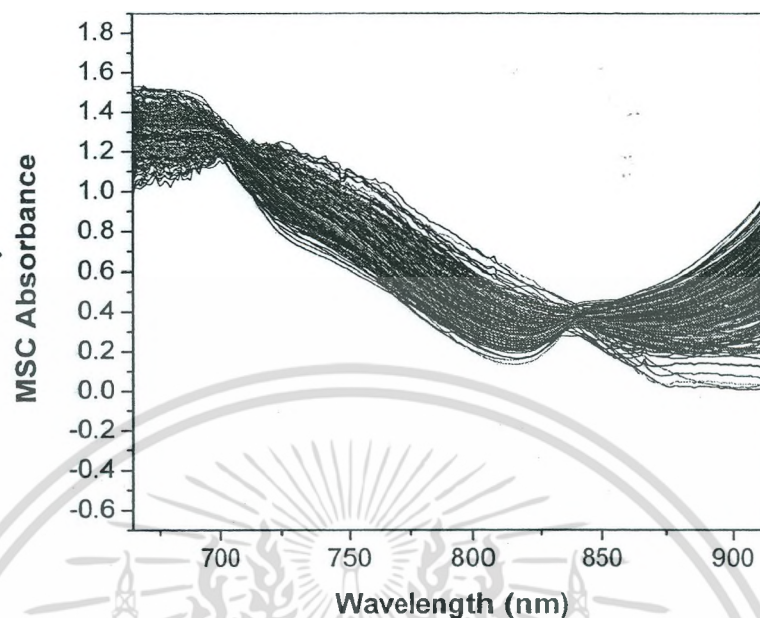
ภาพที่ 4.18 แสดงให้เห็นถึงผลการเปรียบเทียบการดูดกลืนพลังงานแสงเฉลี่ยของกลุ่มมังคุดปกติและกลุ่มมังคุดยางไหลในช่วงความยาวคลื่นใกล้อินฟราเรดที่ทำการทดลอง



ภาพที่ 4.19 ค่าการดูดกลืนพลังงานแสงเฉลี่ยของกลุ่มมังคุดปกติและมังคุดยางไหล ในช่วงความยาวคลื่นที่สายตามองเห็น

ภาพที่ 4.19 แสดงให้เห็นถึงผลการเปรียบเทียบการดูดกลืนพลังงานแสงเฉลี่ยของกลุ่มมังคุดปกติและกลุ่มมังคุดยางไหลในช่วงความยาวคลื่นที่สายตามองเห็นที่ทำการทดลอง

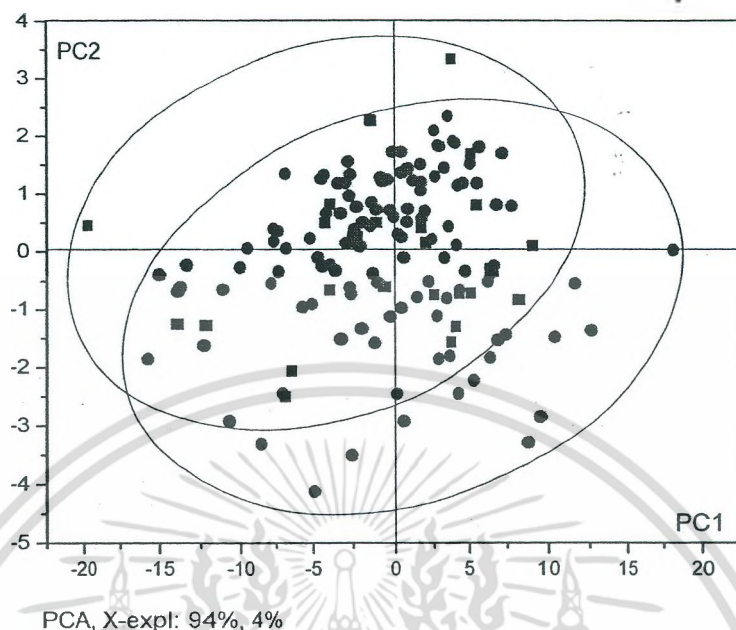
จากข้อมูลการดูดกลืนพลังงานแสงของมังคุดเฉลี่ยหรือข้อมูลสเปกตรัมที่วัด 4 จุดของแต่ละผล ถูกนำมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อจะนำไปวิเคราะห์ต่อ เมื่อนำมาดำเนินการทำ spectral pretreatment ด้วยวิธีการต่างๆ ได้แก่ smoothing (Savitzky-Golay), multiplicative scatter correction (MSC), standard normal variate transformation (SNV), first derivative differentiation, second derivative differentiation และ combined preprocesses แล้วตรวจสอบความสามารถในการแยกกลุ่มไปพร้อมๆ กัน พบว่า ข้อมูลการดูดกลืนพลังงานแสงของมังคุดในช่วงความยาวคลื่นใกล้อินฟราเรด ทำการ pretreatment ด้วยวิธี multiplicative scatter correction ให้ผลดีที่สุด ในขณะที่ข้อมูลการดูดกลืนพลังงานแสงของมังคุดในช่วงความยาวคลื่นที่สายตามองเห็น การใช้ข้อมูลดิบ โดยไม่ทำ pretreatment ใดๆ ให้ผลดีที่สุด



ภาพที่ 4.20 ผลการทำ pretreatment ข้อมูลการดูดกลืนพลังงานแสงของกลุ่มมังคุดปกติ และกลุ่มมังคุดขนาดใหญ่ในช่วงความยาวคลื่นใกล้อินฟราเรดด้วยวิธี MSC

ภาพที่ 4.20 แสดงให้เห็นถึงผลการทำ pretreatment ข้อมูลการดูดกลืนพลังงานแสงในช่วงความยาวคลื่นใกล้อินฟราเรดของตัวอย่างมังคุดทั้งหมดที่ทำการทดลอง ด้วยวิธี multiplicative scatter correction

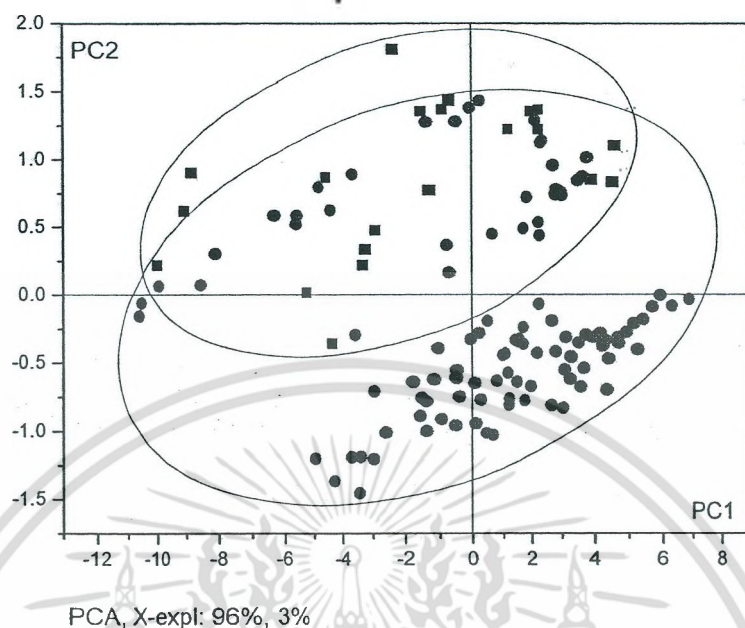
จากผลการวิเคราะห์การแยกกลุ่มโดยใช้วิธี Principal component analysis (PCA) โดยใช้ข้อมูลการดูดกลืนพลังงานแสงในช่วงความยาวคลื่นใกล้อินฟราเรดหลังการทำ pretreatment ด้วยวิธี MSC โดยเป็นข้อมูล score plot ของสอง component แรกโดยมี PCA-explained ที่ 99% ได้ผลดังแสดงในภาพที่ 4.21 จะเห็นว่าข้อมูลมีการแยกกลุ่มกัน แต่ไม่ได้แยกกลุ่มออกจากกันโดยสมบูรณ์ ยังคงมีส่วนที่ทับซ้อน (overlap) กันอยู่



ภาพที่ 4.21 PCA score plot ของกลุ่มมั่งคุดปกติและกลุ่มมั่งคุดยางไหลในช่วงความยาวคลื่นใกล้อินฟราเรด (■ = มั่งคุดยางไหล และ ● = มั่งคุดปกติ)

และจากผลการวิเคราะห์การแยกกลุ่มโดยใช้วิธี Principal component analysis (PCA) โดยใช้ข้อมูลการดูดกลืนพลังงานแสงในช่วงความยาวคลื่นที่สายตามองเห็น จากข้อมูล original measurement (ไม่มีการทำ pretreatment) โดยเป็นข้อมูล score plot ของสอง component แรก โดยมี PCA-explained ที่ 98% ได้ผลดังแสดงในภาพที่ 4.22 จะเห็นว่าข้อมูลมีการแยกกลุ่ม แต่ไม่ได้แยกกลุ่มออกจากกันโดยสมบูรณ์ ยังคงมีส่วนที่ทับซ้อน (overlap) กันอยู่เช่นเดียวกัน

เมื่อเปรียบเทียบผลการแยกกลุ่มมั่งคุดปกติและยางไหลของข้อมูลที่วัดการดูดกลืนพลังงานแสงในช่วงความยาวคลื่นใกล้อินฟราเรดและข้อมูลที่วัดการดูดกลืนพลังงานในช่วงความยาวคลื่นในช่วงสายตามองเห็น โดยวิธี Principal component analysis (PCA) พบว่า ข้อมูลที่วัดการดูดกลืนพลังงานในช่วงความยาวคลื่นในช่วงสายตามองเห็น สามารถแยกกลุ่มได้ดีกว่า โดยดูจากพื้นที่ที่ทับซ้อนกันของทั้งสองกลุ่มระหว่างมั่งคุดปกติและยางไหล มีน้อยกว่า แสดงว่าสามารถแยกได้ดีกว่า



ภาพที่ 4.22 PCA score plot ของกลุ่มมั่งคุดปกติและกลุ่มมั่งคุดยางไหลในช่วงความยาวคลื่นที่สายตามองเห็น (■ = มั่งคุดยางไหล และ ● = มั่งคุดปกติ)

เพื่อที่จะประเมินประสิทธิภาพในการคัดแยกเปรียบเทียบระหว่างการใช้ข้อมูลสเปกตรัมของมั่งคุดในช่วงความยาวคลื่นใกล้อินฟราเรดและการใช้ข้อมูลสเปกตรัมของมั่งคุดในช่วงสายตามองเห็นจากข้อมูลของกลุ่มมั่งคุดปกติและจากข้อมูลของกลุ่มมั่งคุดยางไหล นำมาวิเคราะห์ในการคัดแยกกลุ่ม โดยใช้เทคนิค Fisher linear discriminant analysis ซึ่งเป็นวิธีการนำตัวแปรอิสระต่างๆที่ได้จากการวัดแบบไม่ทำลาย มาวิเคราะห์ทางสถิติหาว่าตัวแปรอิสระใดบ้างที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามมากที่สุด

ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการคัดแยกมังคุดปกติและมังคุดยางไหลโดยใช้เทคนิคการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่นใกล้อินฟราเรดและในช่วงที่สายตามองเห็น

Spectroscopy	Pretreatment	ความยาวคลื่น สำคัญ (nm)	มังคุดปกติ		มังคุดยางไหล		ความแม่นยำ (%)
			ถูกต้อง	ผิด	ถูกต้อง	ผิด	
Visible	Original	465	108	7	17	8	89.3
NIR	MSC	675	120	7	10	23	81.3

จากตารางที่ 4.1 แสดงผลการวิเคราะห์โดยใช้ Fisher's linear discriminant functions พบว่า ความยาวคลื่นที่มีผลมากที่สุดในการคัดแยกจากข้อมูลสเปกตรัมของมังคุดในช่วงความยาวคลื่นใกล้อินฟราเรดคือ 675 นาโนเมตรและความยาวคลื่นที่มีผลมากที่สุดในการคัดแยกจากข้อมูลสเปกตรัมของมังคุดในช่วงสายตามองเห็นคือ 465 นาโนเมตร

ผลการคัดแยกโดยวิธี leave-one-out cross validation ซึ่งเป็นวิธีที่นำตัวอย่างทั้งหมด ยกเว้นตัวอย่างที่หนึ่งที่ถูกดึงออกไป แล้วนำมาสร้างสมการพร้อมกับทดสอบความแม่นยำจากกลุ่มตัวอย่างที่เหลือ จากนั้นตัวอย่างที่สองถูกดึงออกไป แล้วนำมาสร้างสมการพร้อมกับทดสอบความแม่นยำจากกลุ่มตัวอย่างที่เหลือ ทำซ้ำแบบเดิมจนกระทั่งทุกตัวอย่างถูกดึงออกไปพร้อมทำการทดสอบทั้งหมด พบว่าการใช้ เทคนิคการดูดกลืนแสงช่วงความยาวคลื่นใกล้อินฟราเรดมีความแม่นยำในการทำนาย 81.3 % และการใช้เทคนิคการดูดกลืนแสงช่วงความยาวคลื่นที่สายตามองเห็น มีความแม่นยำในการทำนาย 89.3 %

จากผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าการใช้เทคนิคการดูดกลืนแสงช่วงความยาวคลื่นที่สายตามองเห็นและความยาวคลื่นใกล้อินฟราเรดสามารถนำมาใช้ในการคัดแยกมังคุดยางไหลออกจากมังคุดปกติได้ โดยที่การใช้ เทคนิคการดูดกลืนแสงช่วงความยาวคลื่นที่สายตามองเห็น จะให้ผลที่แม่นยำดีกว่า การใช้ เทคนิคการดูดกลืนแสงช่วงความยาวคลื่นใกล้อินฟราเรด

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

สำหรับข้อมูลสเปกตรัมของมังคุดในช่วงความยาวคลื่นใกล้อินฟราเรด การทำ pretreatment ด้วยวิธี MSC ให้ผลที่ดีที่สุด ในขณะที่ข้อมูลสเปกตรัมของมังคุดในช่วงสายตามองเห็น การใช้ข้อมูล original หรือ ไม่ต้องทำ pretreatment ในการวิเคราะห์การแยกกลุ่ม โดยดูจากความแตกต่างของข้อมูลสเปกตรัมของกลุ่มมังคุดปกติและกลุ่มมังคุดขงไหล จากข้อมูลสเปกตรัมของมังคุดในช่วงความยาวคลื่นใกล้อินฟราเรดและข้อมูลสเปกตรัมของมังคุดในช่วงสายตามองเห็น ด้วยวิธี principal component analysis (PCA) จะเห็นว่าการแยกกลุ่มของข้อมูลสเปกตรัมในช่วงความยาวคลื่นใกล้อินฟราเรดเปรียบเทียบกับการแยกกลุ่มของข้อมูลสเปกตรัมในช่วงสายตามองเห็น เมื่อเปรียบเทียบกันแล้วจะเห็นว่า ข้อมูลสเปกตรัมที่วัดในช่วงสายตามองเห็น จะแยกได้ดีกว่า กล่าวคือจะมีส่วนที่ทับซ้อนกัน (overlap) น้อยกว่า จะเห็นได้ว่าการใช้เทคนิค Vis transmittance spectroscopy และ NIR transmittance spectroscopy ในการคัดแยกมังคุดปกติและมังคุดขงไหลสามารถนำมาใช้ในการคัดแยกได้

อย่างไรก็ตามในการคัดแยกมังคุดปกติและมังคุดขงไหลสำหรับเทคนิค Vis transmittance spectroscopy สามารถใช้ข้อมูลดิบโดยไม่ต้องทำ pretreatment จะได้ผลดีที่สุด ได้ความแม่นยำ 89.3% ในขณะที่เทคนิค NIR transmittance spectroscopy ต้องนำข้อมูลดิบมาทำ pretreatment ด้วยวิธี MSC แล้วจึงนำไปวิเคราะห์จะได้ผลดีที่สุด ได้ความแม่นยำ 81.3% นั่นคือเทคนิค Vis transmittance spectroscopy สามารถนำมาใช้ในการคัดแยกได้แม่นยำกว่าเทคนิค NIR transmittance spectroscopy

จะเห็นได้ว่า จากข้อมูลที่ได้จากการศึกษานี้จะมีประโยชน์อย่างยิ่งในการนำไปใช้เพื่อออกแบบเครื่องคัดแยกมังคุดที่มีอาการขงไหลออกจากมังคุดปกติแบบไม่ทำลายในอนาคต

บรรณานุกรม

- กวิศร์ วาณิชกุล. 2522. การเจริญเติบโตของผลมังคุด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- กวิศร์ วาณิชกุล และ สุรพงษ์ โกสิยะจินดา. 2523. การเจริญเติบโตของผลมังคุด (*Garcinia mangostana* Linn.). หน้า 15-128.
- รุจิรา เชื้อหอม .2540. ผลของการเคลือบผิวและสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของผลมังคุดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สมโภชน์ น้อยจิน. 2535. ผลของสภาพตัดแปลงที่มีผลต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาผลมังคุด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สุรพงษ์ โกสิยะจินดา. 2529. วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว มังคุด ทูเรียน เงาะ (ตอนที่ 1). เล่มสารเกษตร 10 (114): 42-45.
- สุรพล มั่นสเสรี. 2541. เอกสารคำสอนหลักการไม้ผล. พิมพ์ครั้งที่ 2. คณะเกษตรและอุตสาหกรรม สถาบันราชภัฏสงขลา, สงขลา.
- สายชล เกตุยา. 2548. การแข็งตัวของเปลือกมังคุดหลังการตกกระทบ. วารสารราชบัณฑิตยสถาน 31(4): 1177-1186.
- อนุวัตร แจ่มชัด และ วุฒิยา รัตนไทรภพ. 2546. การศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษามังคุด. เครื่องข่ายข้อมูลวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว Postharvest Technology Information Network, <http://www.patchra.net/minerals/gems/refractometer01.php> [November 22, 2010].
- อภิรดี อุทัยรัตนกิจ. 2538. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและชีวเคมีของเปลือกผลมังคุดที่แข็งตัวเนื่องจากได้รับอุณหภูมิต่ำ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- อาภาภรณ์ มีนาพันธ์. 2537. การสร้างเอทิลีนของเปลือกผลมังคุดที่แข็งตัวเนื่องจากการตกกระทบ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- Abeles, F.B. 1973. Ethylene in plant Biology. Academic Press, Newyork.
- Bunsiri, A., Ketsa, S. and Paull, R. E. 2003. Phenolic metabolism and lignin synthesis in damaged pericarp of mangosteen fruit after impact. *Postharvest Biol. Technol.* 29, 61-71.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Carlomagno, G., Capozzo, L., Attolico, G. and Distante, A. 2004. Non-destructive grading of peaches by near-infrared spectrometry. *Infrared Physics & Technol.* 46: 23-29.

Clark, C. J., McGlone, V. A., Requejo, C., White, A. and Woolf, A. B. 2003. Dry matter determination in 'Hass' avocado by NIR spectroscopy. *Postharvest Biol. Technol.* 29: 300-307.

Dull, G. G., Birth, G. S., Smittle, D. A. and Leffler, R. G. 1989. NIR analysis of soluble solids in intact cantaloupe. *J. Food Sci.* 54 (2): 393-395.

Fu, X., Ying, Y., Lu, H. and Xu, H. 2007. Comparison of diffuse reflectance and transmission mode of visible-near infrared spectroscopy for detecting brown heart of pear. *J. Food Eng.* 83, 317-323.

Guthrie, J. and Wedding, B. 1998. Robustness of NIR calibrations for soluble solids in intact melon and pineapple. *J. Near Infrared Spectrosc.* 6: 259-265.

Hong, T. L. and Tsou, S. C. S. 1998. Determination of tomato quality by NIR spectroscopy. *J. Near Infrared Spectrosc.* 6: 321-324.

Kawano, S., Watanabe, H. and Iwamoto, M. 1992. Determination of sugar content in intact peaches by NIR spectroscopy with fiber optics in interactance mode. *J. Jpn. Soc. Hort. Sci.* 61(2): 445-451.

Kawano, S., Fujiwara, T. and Iwamoto, M. 1993. Nondestructive determination of sugar content in satsuma mandarin using NIR transmittance. *J. Jpn. Soc. Hort. Sci.* 62: 465-470.

Ketsa, S. and Atantee, S. 1998. Phenolics, lignin, peroxidase activity and increased firmness of damaged pericarp of mangosteen fruit after impact. *Postharvest Biol. Technol.* 14: 117-124.

McLachlan, G.J. 1992. *Discriminant Analysis and Statistical Pattern Recognition.* John Wiley & Sons. Newyork. 526p.

McGlone, V. A. and Kawano, S. 1998. Firmness, dry-matter and soluble-solids assessment of postharvest kiwifruit by NIR spectroscopy. *Postharvest Biol. Technol.* 13: 131-141.

McGlone, V.A. and Martinsen, P.J. 2004. Transmission measurements on intact apples moving at high speed. *J. Near Infrared Spectrosc.* 12, 37-43.

McGlone, V. A., Jordan, R. B., Seelye, R. and Clark, C. J. 2003. Dry-matter, a better predictor of the post-storage soluble solids in apples?. *Postharvest Biol. Technol.* 28: 431-435.

Mitropoulos, D. and Lambrinos, G. 2005. Changes in firmness of apples affected by moisture loss during storage. *J. Hort. Sci. & Biotech.* 80: 421-426.

Mitropoulos, D. and Lambrinos, G. 2007. "Delicious Pilafa" Apple Density Changes As A Quality Index Of Mass Loss Degradation During Storage. *J. Food Qual.* 30: 527-537.

Miyamoto, K., Kawauchi, M. and Fukuda, T. 1998. Classification of high acid fruits by partial least squares using NIR transmittance spectra of intact satsuma mandarins. *J. Near Infrared Spectrosc.* 6, 267-271.

Mohsenin, N. N. 1984. *Physical properties of food and agricultural materials: A teaching manual.* Gordon and Breach Science, New York, USA.

Noichinda, S., Bodhipadma, K., Singkhornart, S. and Ketsa, S. 2007. Change in pectic substances and cell wall hydrolase enzymes of mangosteen (*Garcinia mangostana*) fruit during storage. *NZ.J. Crop Hort. Sci.* 35: 229-233

Oches, J.J. 1961. *Tropical and Suptropical Agriculture.* The Macmilland Co., New York. 760 p.

Palapol, Y., Ketsa, S., Stevenson, D., Cooney, J.M., Allan, A.C. and Ferguson, I.B., 2009. Colour development and quality of mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) fruit during ripening and after harvest. *Postharvest Biol. Technol.* 51, 349-353.

Schmilovitch, Z., Mizrach, A. Hoffman, A., Egozi, H. and Fuchs, Y. 2000. Determination of mango physiological indices by near-infrared spectrometry. *Postharvest Biol. Technol.* 19: 245-252.

Saranwong, S., Somsrivichai, J. and Kawano, S. 2004. Prediction of ripe-stage eating quality of mango fruit from its harvest quality measured nondestructively by near infrared spectroscopy. *Postharvest Biol. Technol.* 31: 137-145.

Schaare, P. N. and Fraser, D. G. 2000. Comparison of reflectance, interactance and transmission modes of visible-near infrared spectroscopy for measuring internal properties of kiwifruit (*Actinidia chinensis*). *Postharvest Biol. Technol.* 20, 175-184.

Slaughter, D. C., Barrett, D. and Boersig, M. 1996. Nondestructive determination of soluble solids in tomatoes using NIR spectroscopy. *J. Food Sci.* 61 (4): 695-697.

Slaughter, D. C., Thompson, J. F. and Tan, E. S. 2003. Nondestructive determination of total and soluble solids in fresh prune using near infrared spectroscopy. *Postharvest Biol. Technol.* 28: 437-444.

Teerachaichayut, S., Kil, K. Y., Terdwongworakul, A., Thanapase, W. and Nakanishi, Y. 2007. Non-destructive prediction of translucent flesh disorder in intact mangosteen by short wavelength near infrared spectroscopy. *Postharvest Biol. Technol.* 43, 202-206.

Ventura, M., Jager, A. D., Putter, H. D. and Roelofs, F. P. M. M. 1998. Non-destructive determination of soluble solids in apple fruit by near infrared spectroscopy(NIRS). *Postharvest Biol. Technol.* 14: 21-27.

Vincent, J. F.V. 1989. Relationship between density and stiffness of apple flesh. *J. Sci. Food Agric.* 47, 443-462.

Walsh, K. B., Golic, M. and Greensill, C. V. 2004. Sorting of fruit using infrared spectroscopy: application to a range of fruit and vegetables for soluble solids and dry matter content. *J. Near Infrared Spectrosc.* 12: 141-148.

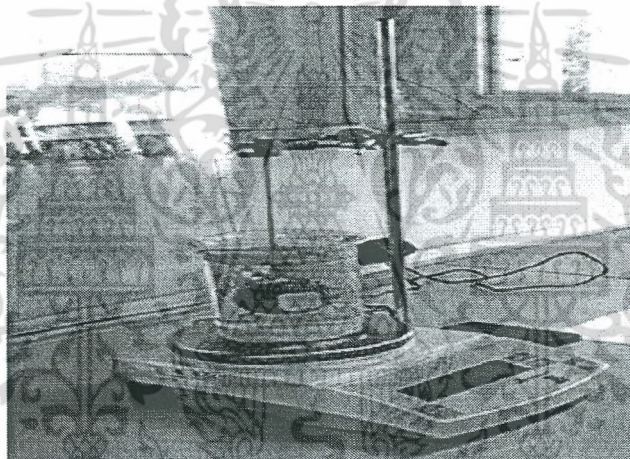
Watada, A. E., Hener R.C., Kader, A. A., Romani, R.J. and Staby G.L. 1984. Terminology for the description of developmental stages of horticultural crops. *Hor. Sci.* 19: 20-21.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.1 วิธีการหาค่าความหนาแน่น

- ก 1.1 นำมั่งคุดแต่ละลูกไปชั่งน้ำหนักในอากาศแล้วบันทึกผล
- ก 1.2 นำน้ำสะอาดใส่ในบีกเกอร์แล้วนำไปชั่งน้ำหนักแล้วบันทึกผล
- ก 1.3 นำไม้มาเสียบมั่งคุดที่บริเวณก้าน แล้วนำไปยึดติดกับที่จับและขาตั้ง จากนั้น ปรับระดับให้ผลมั่งคุดจมในบีกเกอร์ที่ใส่น้ำไว้โดยที่บีกเกอร์ที่ใส่น้ำวางอยู่บนเครื่องชั่งน้ำหนัก แล้วบันทึกผล
- ก 1.4 เมื่อชั่งน้ำหนักเสร็จแล้วนำผลมั่งคุดมาเช็ดน้ำออกแล้วผึ่งหรือกระดาษ เอนกประสงค์ แล้วนำไปจัดเก็บตามเดิม
- ก 1.5 นำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณหาค่าความหนาแน่น

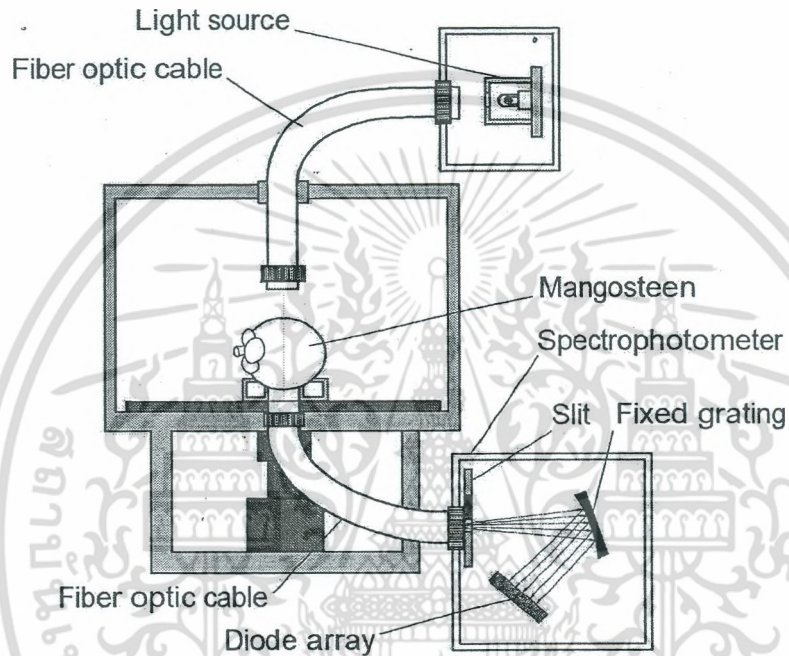


รูปที่ ก.1 การจัดอุปกรณ์การทดลองเพื่อประมาณหาค่าปริมาตรโดยการแทนที่น้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.2 วิธีการหาค่าการดูดกลืนพลังงานแสง

ขนส่งมังคุดมาเก็บในห้องปฏิบัติการที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมงก่อนทำการตรวจวัดสเปกตรัม ทำการตรวจวัดสเปกตรัมของแต่ละผลด้วย NIR spectrometer ที่บริเวณกึ่งกลางผลด้านข้าง จากนั้นหมุน 90° และทำการวัดจนครบรอบผลจำนวน 4 จุด ตามแสดงในภาพที่ ก.2



ภาพที่ ก.2 ส่วนประกอบหลักของ Vis และ NIR transmittance instrument

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Visible instrument และ NIR instrument ที่ใช้ในการทดลองนี้ เป็นแบบ transmittance มีรายละเอียด
 ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ ๓.1 สภาวะของเครื่องมือที่ใช้ในการวัดสเปกตรัม

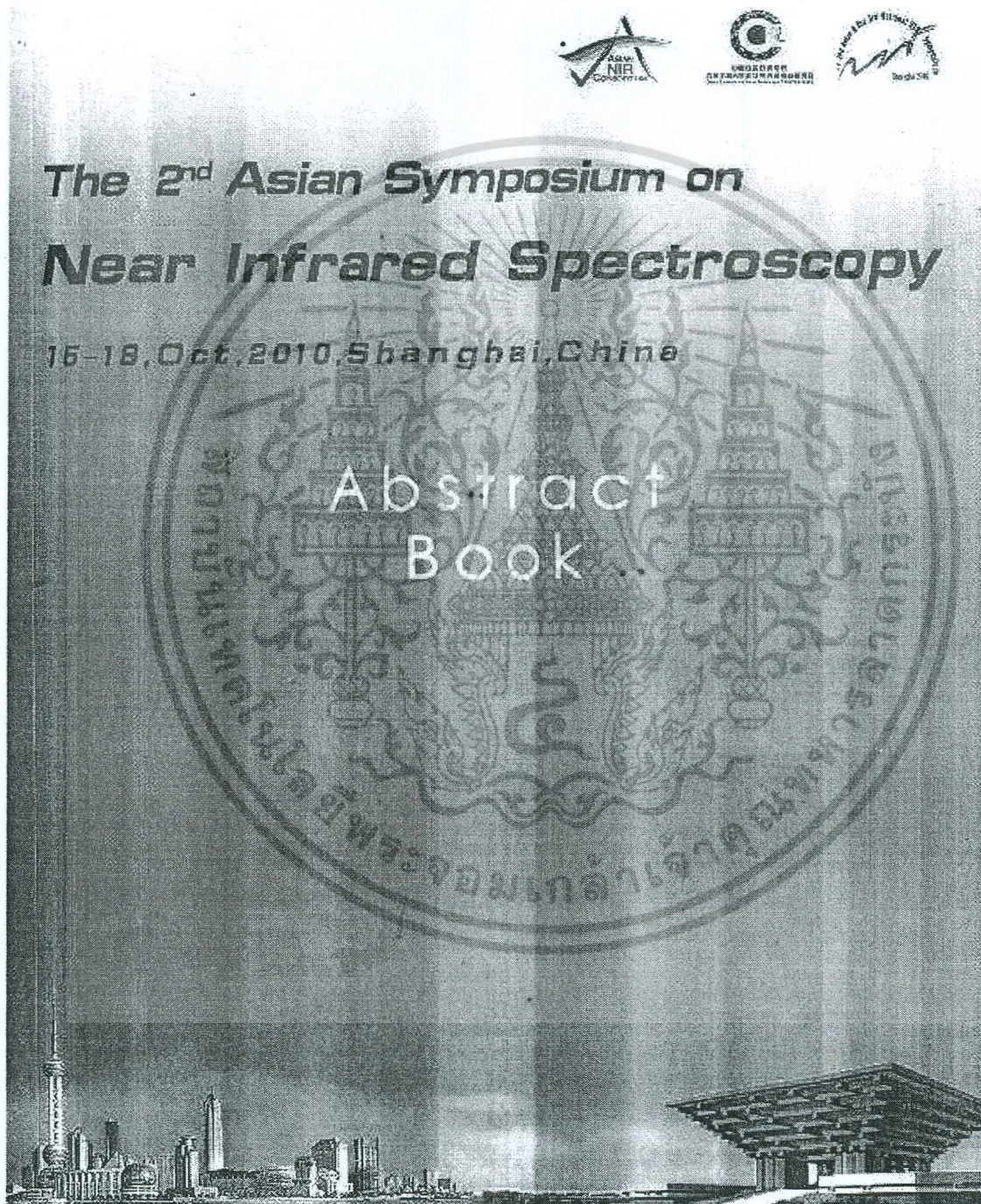
Instrument	characteristics
Wavelength (nm)	
Visible	400-600
NIR	655-955
Interval (nm)	1.29
Sensor	a silicon photodiode array
Mode	transmittance
Lamp number	1
Lamp intensity	100 W
Sample turning	90 degree, calyx in horizontal line
Number of scan per sample	4 times
Integral time	100 msec

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บางส่วนของรายงานวิจัยฉบับนี้ ได้ถูกนำไปใช้ในการนำเสนอผลงานในงาน “The Second Asian NIR Symposium (ANS2010)” โดย Asian NIR Consortium (ANC) and China Council of NIRS (CCNIRS) จัดที่เมือง Shanghai ประเทศจีน เมื่อ 15-18 ตุลาคม 2553



Organized by Asian NIR Consortium and China Council of NIRS (CCNIRS)
Co-organized by Lab for Advanced Materials, East China University of Science and Technology

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Feasibility of visible and SW-NIR spectroscopy to detect gamboge disorder in mangosteen fruits

Sontisuk Teerachaichayut^{1*}, Anupun Terdwongworakul², Waranee Thanapase³
Khaniftha Saengkaew¹ and Rachit Suwapanich¹

¹Department of Food-processing Engineering, Faculty of Agro-Industry, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Ladkrabang, Bangkok 10520, Thailand, E-mail: ktsontis@kmitl.ac.th

²Department of Food Engineering, Faculty of Engineering at Kamphaengsaen, Kasetsart University, Kamphaengsaen Campus, Nakhonpathom 73140, Thailand

³Kasetsart Agricultural and Agro-Industrial Product Improvement Institute (KAPI), Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

[Introduction] Gamboge is one of the internal physiological disorders in mangosteen fruits that has a significant impact on the export market as shown in Fig 1. Gamboge disorder cannot be sorted by normal visual inspection. Therefore, application of visible and SW-NIR techniques were considered for the feasibility study to detect gamboge in intact mangosteen fruits nondestructively in this research.

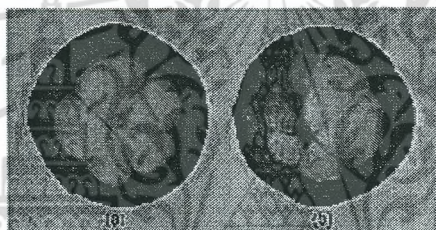


Figure 1. Internal appearances of (a) normal and (b) gamboge mangosteen fruits.

[Materials and methods] Mangosteen fruits with maturity stages of 3-4 (red color of skin) from a fruit auction in Thailand were purchased for this research. The samples were kept in an air-condition room controlled at 25 °C for 24 hrs before scanning by two types of transmittance spectrophotometers (PureSpec, Sako JIF, Japan) at two ranges of wavelengths. The first measurements were conducted using the instrument for the visible wavelength region (400-600 nm) while the other measurements were done in shortwave near infrared region (SW-NIR) (655-955 nm). Total of 300 samples were used for this study (150 samples for visible measurement and 150 samples for SW-NIR measurement). Each sample was measured at 4 points around the fruit at the equatorial points 90° apart. After scanning, each sample was cut-open and then recorded the internal features by a digital camera (Fujifilm, FinepixS2000HD, Japan). Mangosteen fruits were divided for a group of sound samples and a group of gamboge sample. Samples with other internal defects such as translucent flesh and hardening pericarp were not considered in this research. Unscrambler program (Ver. 9.6; CAMO AS, Trondheim, Norway) was used for spectral pretreatments and principal component analysis (PCA). The SPSS® program (SPSS Inc., Chicago, USA) Version 11.5 was used for a discriminant analysis using leave-one-out cross validation by the canonical discriminant function.

[Results and discussion] Four raw spectra of each sample were averaged for this analysis. The optimum result obtained by using original spectra for visible spectroscopy and the spectra pretreated with MSC method was showed to give the best result for SW-NIR spectroscopy. To provide a differentiation between gamboge and sound samples, a principal component analysis (PCA) was considered. The score plot of PC1/PC2 is shown in Fig. 2. By the first two components, 99% of the total variation was explained for visible spectroscopy and 98% of the total variation was explained for SW-NIR spectroscopy. Although there is not a complete separation between clusters, the discrimination of clusters in visible spectroscopy looks better than those in SW-NIR spectroscopy as there is less overlap of clusters in score plot as shown in Fig 2(a) and Fig 2(b). It revealed that visible spectroscopy obtained better results for discrimination when compared to SW-NIR spectroscopy.

The Second Asian NIR Symposium P-010

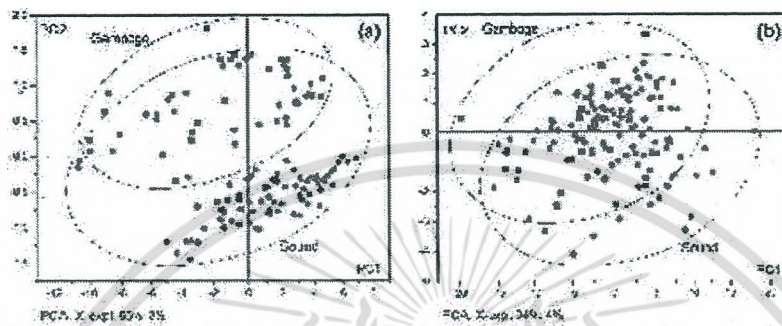


Figure 2. PCA scores plot for the discrimination of gamboge and sound mangosteen fruits based on (a) visible spectrometer and (b) SW-NIR spectrophotometer. Key to symbols: ■ = gamboge, ○ = sound

Table 1. The performance comparison of visible and SW-NIR spectrometers for classifying gamboge mangosteen fruits

Spectroscopy	Spectral pretreatment	The most impact wavelength (nm)	Normal		Gamboge		Accuracy (%)
			Correct	False	Correct	False	
Visible	Original	465	102	7	17	8	89.3
SW-NIR	MSC	675	120	7	10	23	81.3

To investigate the performance of discrimination, the canonical discriminant functions were considered. From Table 1, the Fisher's linear discriminant functions were investigated in order to obtain the most impact wavelengths. The coefficients with the highest values were found at 465 nm for visible spectrophotometer and 675 nm for SW-NIR spectrophotometer. The classification results obtained by leave-one-out cross validation offered the accuracy of 89.3% and 81.3% for visible spectrophotometer and SW-NIR spectrophotometer respectively. The low accuracy of gamboge detection by using SW-NIR spectrophotometer was coincident with report of Teerachaichayut et al. (2008). These results indicated that the performance of visible spectrophotometer provided better results for classifying gamboge mangosteen fruits from the sound ones.

Conclusion

For discriminant analysis of gamboge and sound mangosteen fruits, the original spectra of visible spectroscopy were used, while the MSC pretreated spectra were used for SW-NIR spectroscopy. This research demonstrated that the visible transmittance spectroscopy is feasible to detect gamboge mangosteen fruits with better results compared with SW-NIR transmittance spectroscopy. Therefore, this result is possible to use for the improvement of the on-line mangosteen sorting system.

Acknowledgements

The authors acknowledge SAIK.A. Technological Institute Foundation for the 'PureSpect' visible and SW-NIR spectrophotometers and would like to thank Kasetsart Agricultural and Agro-Industrial Product Improvement Institute (KAPI) for use of the laboratory.

References

Teerachaichayut S, W. Thanapase, K. Shigefuji, T. Otoi, Y. Nitta, S. Sransong, and S. Eswano. 2008. *Online Near Infrared Detection of Translucent and Gamboge Mangosteen*. Proceeding of The First Asian NIR Symposium and The 24th Japanese NIR Forum, Tsukuba city, Japan, 10-14 November. 158-159.



T116148



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้