สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การใช้เทคนิคไมโครเวฟตรวจวัดความอ่อนแก่ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้

(Determination of Maturity index of mango fruits cv. Nam Dok Mai by Microwave Technique)

นางสาวฝนทิพย์ อภิบาลเกียรติกุล

นางสาวธนาพร ศิรินาวี

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ส/ว.
ล/1297
2550

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 85424
วัน,เดือน,ปี 11 พ.ย. 2551

b 12010078
i.....

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การใช้เทคนิคไมโครเวฟตรวจวัดความอ่อนแก่ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้

(Determination of Maturity index of mango fruits cv. Nam Dok Mai by Microwave Technique)

จัดทำโดย

นางสาวฝนทิพย์ อภิบาลเกียรติกุล

นางสาวธนาพร ศิรินาวี

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

ระจิตร สุวพานิช ..... 24 / มีค / 2551

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

(ดร.ระจิตร สุวพานิช)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฝนทิพย์ อภิบาลเกียรติกุล และธนาพร ศิรินาวี. 2551 : การใช้เทคนิคไมโครเวฟตรวจวัดความอ่อนแก่ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ Determination of Maturity index of mango fruits cv. Nam Dok Mai by Microwave Technique
ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร.ระจิตร สุวพานิช

บทคัดย่อ

มะม่วงน้ำดอกไม้ เป็นมะม่วงที่รับประทานสุก ซึ่งจะต้องเก็บเกี่ยวในขณะผลดิบ จนกระทั่งถึงระยะแก่จัดทางสรีรวิทยา ซึ่งคุณภาพของผลมะม่วงที่เก็บเกี่ยวมานั้นมีผลโดยตรงต่อการจำหน่าย ปัญหาที่พบส่วนใหญ่เป็นปัญหาเกี่ยวกับผลมะม่วงสุกมีคุณภาพไม่สม่ำเสมอ ดังนั้นการหาความแก่ที่เหมาะสมหรือคัดแยกผลที่อ่อนออกจากผลที่แก่ จึงเป็นสิ่งจำเป็นและมีประโยชน์ต่อการเก็บเกี่ยวและการคัดคุณภาพเป็นอย่างมาก ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาความเป็นไปได้ที่จะตรวจวัดความอ่อนแก่ของมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ด้วยเทคนิคไมโครเวฟ ตลอดจนศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่วัดได้จากเทคนิคไมโครเวฟกับองค์ประกอบทางกายภาพและทางเคมีของมะม่วง

จากการศึกษาความเป็นไปได้ในการตรวจวัดความอ่อนแก่ของมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ที่มีอายุหลังดอกบาน 65, 70, 85 และ 90 วัน พบว่าค่า ε' มะม่วงทั้งผล ที่วัดด้วยเทคนิคไมโครเวฟสามารถแยกระดับความอ่อนแก่ของมะม่วงได้เป็น 3 ระดับ คือ ระดับที่ 1 มะม่วงอ่อน(65-70 วันหลังดอกบาน) มีค่า ε' ที่วัดได้อยู่ในช่วง 5.8988 ถึง 6.0776 , ระดับที่ 2 มะม่วงอายุหลังดอกบาน 85 วันมีค่า ε' ที่วัดได้เท่ากับ 6.6655 และระดับที่ 3 มะม่วงที่มีความแก่ทางการค้า (90 วันหลังดอกบาน) มีค่า ε' ที่วัดได้เท่ากับ 10.0416 ความสัมพันธ์ของค่า ε' มะม่วงทั้งผล กับองค์ประกอบทางกายภาพและทางเคมี พบว่าค่า ε' มะม่วงทั้งผล มีความสัมพันธ์กับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ดีกว่าองค์ประกอบอื่นๆ และมีสมการแสดงความสัมพันธ์ $Y = 1.7158X - 1.7489$, $R^2 = 0.9973$ และมีความแตกต่างระหว่างค่าจริงกับค่าที่ได้จากสมการ โดยเฉลี่ยเท่ากับ 1.285 เปอร์เซ็นต์ จากการศึกษาในครั้งนี้การใช้เทคนิคไมโครเวฟยังไม่สามารถแยกระดับความอ่อนแก่ของมะม่วงได้อย่างชัดเจน

ฝนทิพย์ อภิบาลเกียรติกุล		
ธนาพร ศิรินาวี	ระจิตร สุวพานิช	14 / สค / 2551
ลายมือชื่อนักศึกษา	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา	วัน/เดือน/ปี

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำรายงานปัญหาพิเศษในหัวข้อเรื่อง การใช้เทคนิคไมโครเวฟตรวจวัดความอ่อนแก่ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ ฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีนั้น เนื่องจากมี ดร.ระจิตร สุวพานิช เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ซึ่งคอยให้คำแนะนำและคอยให้ข้อเสนอแนะต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ ตลอดจนช่วยแก้ไขให้รายงานฉบับนี้มีความถูกต้องสมบูรณ์ จึงขอกราบขอบพระคุณอาจารย์เป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ ศ.ดร.โมไนย ไกรฤกษ์ ที่กรุณาให้โอกาสในการใช้เครื่องมือวิเคราะห์ รวมทั้งให้คำแนะนำต่างๆ ซึ่งช่วยให้รายงานฉบับนี้เกิดความถูกต้องสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณ พี่กบและพี่ใหญ่ ที่ให้คำแนะนำต่างๆ สำหรับเทคนิคการตรวจวัดไมโครเวฟ และคอยให้ความช่วยเหลือในระหว่างการใช้เครื่องมือ

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อและคุณแม่ ที่ให้กำลังใจและกำลังทรัพย์ในการทำงานนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และขอขอบคุณพี่ๆและเพื่อนๆทุกคนที่คอยให้คำแนะนำและให้ความช่วยเหลือต่างๆ ทำให้งานสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ฝนทิพย์ อภิบาลเกียรติกุล
ธนาพร ศิรินาวี
24 มีนาคม 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ..... ก
กิตติกรรมประกาศ..... ข
สารบัญ..... ค
สารบัญภาพ..... จ
สารบัญตาราง..... ฉ
บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 วัตถุประสงค์.....1
1.2 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....2
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร.....3
2.1 มะม่วงน้ำดอกไม้.....3
2.2 การเปลี่ยนแปลงระหว่างการเจริญเติบโตของผลมะม่วง.....5
2.3 ดัชนีความแก่.....8
2.4 คลื่นไมโครเวฟ.....9
2.5 ลักษณะเฉพาะและประโยชน์ของไมโครเวฟ.....9
2.6 คุณสมบัติไดอิเล็กตริก.....11
2.7 การตรวจคุณภาพผลิตผลแบบไม่ทำลาย.....12
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....13
บทที่ 3 วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง.....14
3.1 วัตถุดิบ.....14
3.2 สารเคมี.....14
3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือ.....14
3.4 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง.....15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง....18
4.1 คุณสมบัติทางไฟฟ้า....18
4.2 องค์ประกอบทางกายภาพ และทางเคมี ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ ที่ระดับความแก่แตกต่างกัน....20
4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติทางไฟฟ้ากับองค์ประกอบทางกายภาพ และทางเคมี ของมะม่วงพันธ์น้ำดอกไม้ ที่ระดับความแก่แตกต่างกัน....23
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง....32
เอกสารอ้างอิง....34
ภาคผนวก....37
ภาคผนวก ก....38
ภาคผนวก ข....43
ประวัติผู้เขียน....67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 ลักษณะมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ (เบอร์ 4).....4
ภาพที่ 2 แสดงคลื่นสะท้อนและส่วนของคลื่นที่ส่งผ่าน ณ จุดรอยต่อของตัวกลางไดอิเล็กตริกต่างกัน.....12
ภาพที่ 3 หลักการกำหนดด้านมะม่วง.....15
ภาพที่ 4 เทคนิคการทดสอบโดยคลื่นไมโครเวฟ.....16
ภาพที่ 5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า ε˝ มะม่วงทั้งผลกับ ค่าความถ่วงจำเพาะของผลมะม่วง.....23
ภาพที่ 6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า ε˝ มะม่วงทั้งผลกับ ค่าความถ่วงจำเพาะของผลมะม่วง (เมื่อตัดข้อมูลที่อายุ 65 วันหลังดอกบาน).....24
ภาพที่ 7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า ε˝ มะม่วงทั้งผลกับ เปอร์เซ็นต์ความชื้นเปลือกมะม่วง.....24
ภาพที่ 8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าε˝ มะม่วงทั้งผลกับ เปอร์เซ็นต์ความชื้นเปลือกมะม่วง (เมื่อตัดข้อมูลที่อายุ 65 วันหลังดอกบาน).....25
ภาพที่ 9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า ε˝ มะม่วงทั้งผลกับ เปอร์เซ็นต์ความชื้นเนื้อมะม่วง.....26
ภาพที่ 10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า ε˝ มะม่วงทั้งผล กับ%TSS.....27
ภาพที่ 11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า ε˝ มะม่วงทั้งผล กับ%TA.....28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ความถ่วงจำเพาะ ความจมน้ำ และช่องว่างระหว่างเมล็ดกับเอ็นโดคาร์ป.....6
ตารางที่ 2 ค่าไดอิเล็กตริกของวัสดุหรือสารบางชนิด.....11
ตารางที่ 3 ค่า ε', ε'' และค่า Loss tangent ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ ที่ระดับความแก่แตกต่างกัน.....18
ตารางที่ 4 การเปลี่ยนแปลงค่า ε'' มะม่วงทั้งผลที่ระดับความแก่แตกต่างกัน.....19
ตารางที่ 5 องค์ประกอบทางกายภาพ และทางเคมี ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ ที่ระดับความแก่แตกต่างกัน.....20
ตารางที่ 6 ตารางการตรวจสอบความถูกต้องของสมการที่ได้กับค่าความถ่วงจำเพาะที่ได้ จากการทดลอง.....29
ตารางที่ 7 ตารางการตรวจสอบความถูกต้องของสมการที่ได้กับค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นเปลือก มะม่วงที่ได้จากการทดลอง.....29
ตารางที่ 8 ตารางการตรวจสอบความถูกต้องของสมการที่ได้กับค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นเนื้อ มะม่วงที่ได้จากการทดลอง.....30
ตารางที่ 9 ตารางการตรวจสอบความถูกต้องของสมการที่ได้กับค่า %TSS ที่ได้ จากการทดลอง.....30
ตารางที่ 10 ตารางการตรวจสอบความถูกต้องของสมการที่ได้กับค่า %TA ที่ได้ จากการทดลอง.....30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยมีมูลค่าการส่งออกผลิตผลทางการเกษตรประมาณ 13,925.68 ล้านบาท (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2547) ทำรายได้จากการส่งออกผลผลิตทางการเกษตรในแต่ละปีเป็นจำนวนไม่น้อย ผลผลิตทางการเกษตรที่ทำรายได้เป็นอันดับต้นๆ คือผลไม้ ได้แก่ ทุเรียน มังคุด มะม่วง สับปะรด เป็นต้น ซึ่งในปัจจุบันมะม่วงจัดเป็นผลไม้ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศ มะม่วงเป็นผลไม้เมืองร้อนที่รู้จักและปลูกกันทั่วภูมิภาคของประเทศไทย แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ รับประทานผลดิบ เช่น พิมเสน แรด เขียวเสวย หนองแซง สายฝน ฟ้าลั่น และรับประทานผลสุก เช่น อกร่อง น้ำดอกไม้ หนังกลางวัน ทองดำ เป็นต้น แต่ปัญหาที่สำคัญสำหรับการส่งออกผลผลิตทางการเกษตร คือ การควบคุมคุณภาพของผลผลิต นับจากอดีตจนถึงปัจจุบันการควบคุมคุณภาพของผลผลิตอาศัยความชำนาญของเกษตรกรเป็นหลัก ซึ่งทำให้คุณภาพของผลผลิตที่ได้ไม่เป็นมาตรฐานเดียวกัน และไม่เหมาะสำหรับการตรวจสอบผลผลิตที่มีจำนวนมากในเวลาจำกัด จึงมีความพยายามที่จะศึกษาค้นคว้าเพื่อหาวิธีการที่เหมาะสมในการคัดแยกผลไม้อ่อนออกจากผลไม้แก่ โดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ ซึ่งเครื่องมือและวิธีการที่ใช้ต้องเป็นวิธีการที่ไม่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อผลไม้ (Non-destructive measurement) เช่น การใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโกปี (NIR) การใช้เทคนิคการวัดความถี่ธรรมชาติ และการใช้เทคนิคไมโครเวฟ NIR เป็นเทคนิคที่มีความถูกต้องแม่นยำ แต่เครื่องมือมีราคาแพง ดังนั้นงานศึกษานี้จึงนำแนวคิดการใช้เทคนิคไมโครเวฟตรวจวัดความอ่อนแก่ของมะม่วง ประกอบกับทางห้องปฏิบัติการสื่อสารไร้สาย ภาควิชาโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ได้สร้างเครื่องต้นแบบสำหรับตรวจวัดความหวานของสับปะรด ทางผู้วิจัยจึงได้เกิดแนวความคิดในการนำเครื่องต้นแบบดังกล่าวมาศึกษาความเป็นไปได้ในการวัดความแก่อ่อนของมะม่วง โดยอาศัยคุณสมบัติไดอิเล็กตริกของวัตถุที่แตกต่างกันนั่นเอง

1.1 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการตรวจวัดความอ่อนแก่ของมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ด้วยเทคนิคไมโครเวฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่วัดได้จากเทคนิคไมโครเวฟกับค่าทางกายภาพและทางเคมีของมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4

1.2 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่วัดได้จากเทคนิคไมโครเวฟกับค่าทางเคมีของมะม่วงน้ำดอกไม้ และสามารถนำความสัมพันธ์นี้ไปใช้ในการตรวจวัดความอ่อนแก่ของมะม่วงน้ำดอกไม้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
การตรวจเอกสาร

มะม่วง (*Mangifera indica* L.) เป็นไม้ผลเขตร้อน อยู่ในวงศ์ Anacardiaceae มีถิ่นกำเนิดในประเทศอินเดีย และมีศูนย์กระจายพันธุ์อยู่ในอินโดจีน จากหลักฐานทางประวัติศาสตร์ ทราบว่ามะม่วงเป็นผลไม้ที่รู้จักกันในอินเดียและเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ นานกว่า 4,000 ปี ประเทศไทยมีภูมิประเทศและดินฟ้าอากาศเหมาะสม คนไทยจึงนิยมปลูกกันอย่างกว้างขวาง ปี 2543 มีพื้นที่ปลูกมะม่วงทั้งหมด 2,235,804 ไร่ ในเขตภาคกลางและภาคตะวันตกเป็นแหล่งผลิตมะม่วงที่สำคัญของประเทศ ทั้งมะม่วงรับประทาน ผลสุก และดิบ พันธุ์ที่รับประทานสุก ได้แก่ น้ำดอกไม้ หนังกลางวัน อกร่อง และพันธุ์ที่รับประทานดิบ ได้แก่ ทองดำ ฟ้าลั่น เขียวเสวย แรด (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2547)

2.2 มะม่วงน้ำดอกไม้

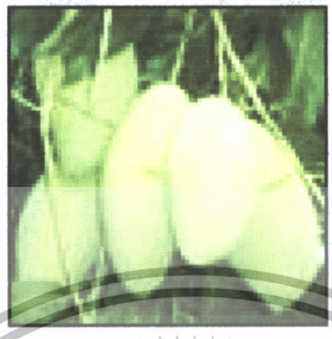
มะม่วงน้ำดอกไม้เป็นมะม่วงรับประทานสุก นิยมปลูก มีการเจริญเติบโตรวดเร็ว ใบใหญ่เป็นคลื่น ทรงพุ่มโปร่ง มีนิสัยออกดอกทะวาย ออกดอกดก ติดผลปานกลาง ให้ผลทุกปี ผลมีขนาดใหญ่ หนักประมาณ 400 กรัม ลักษณะผลอ้วนเกือบกลม หัวใหญ่ ปลายแหลม ผลค่อนข้างยาว เนื้อมาก เมล็ดเล็ก มีผิวบาง เมื่อดิบมีรสเปรี้ยว ผิวสีเขียวนวล เนื้อแน่น เมื่อผลสุกมีผิวสีเหลือง กลิ่นหอม เนื้อละเอียด มีเสี้ยนน้อย รสหวาน

มะม่วงน้ำดอกไม้มีเปลือกบาง จึงช้ำได้ง่าย และไม่ค่อยต้านทานต่อโรคแอนแทรกโนส โดยเฉลี่ยอายุจากดอกบาน เก็บผลแก่อยู่ระหว่าง 90-115 วัน (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2551)

มะม่วงน้ำดอกไม้ได้รับความนิยม เนื่องจากเป็นพันธุ์ที่ออกดอกง่าย ตอบสนองต่อการบังคับให้ออกก่อนฤดูได้เป็นอย่างดี และเป็นพันธุ์ที่มีลักษณะตรงกับความต้องการของตลาดต่างประเทศ

พันธุ์ที่ได้รับความนิยมมากในปัจจุบัน คือ น้ำดอกไม้เบอร์ 4 และน้ำดอกไม้สีทอง (บ้านมะม่วง, 2549)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 1 ลักษณะมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ (เบอร์ 4)

1. การปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยวมะม่วงอาจทำได้หลายวิธี เช่น ใช้มือปลิดดึงผลใช้ไม้หรือตะกร้อสอย เป็นต้น แต่วิธีการดังกล่าว ทำให้คุณภาพผลมะม่วงต่ำ เนื่องจากผลอาจแตกช้ำและน้ำยางไหลเปรอะเปื้อนผลอีกด้วย ดังนั้นวิธีการเก็บผลมะม่วงเพื่อให้ได้คุณภาพ ควรใช้เครื่องสอยมะม่วง ซึ่งมีกรรไกรสำหรับตัดกิ่ง และมีถุงรองรับป้องกันมะม่วงหล่นลงพื้น และอีกประการหนึ่งที่สำคัญควรหลีกเลี่ยง การเก็บในเวลาเช้าจนถึงเวลา 9.00 น. เพราะเป็นช่วงที่มีน้ำยางไหลมาก และการเก็บเกี่ยวควรตัดก้านให้ยาวอย่างน้อย 4 เซนติเมตร เพื่อป้องกันโรคขั้วผลเน่า เมื่อเก็บเกี่ยวมาแล้ว ต้องปลิดเอาขั้วออกพร้อมกับพลิกด้านคั่วผลลงบนวัสดุกระดาษ หรือกระสอบให้ยางไหลออกไปจนหมด (กรมวิชาการเกษตร, 25--)

2. การทำความสะอาด การทำความสะอาดผลิตผลที่เก็บเกี่ยวมาแล้วเป็นการปรับปรุงคุณภาพ ดังนั้น น้ำที่ใช้ในการทำความสะอาด ต้องเป็นน้ำที่สะอาด ปราศจากเชื้อโรค เช่น การใช้คลอรีน ความเข้มข้น 50-200 ppm.

3. การกำหนดมาตรฐานคุณภาพ (การคัดเกรด) ขั้นตอนของการกำหนดมาตรฐานคุณภาพ อาจแบ่งออกได้เป็นการคัดเลือกและการคัดขนาด โดยขั้นแรกจากผลที่น้ำยางแห้งดีแล้วมาทำการคัดเอาพวกที่มีตำหนิต่างๆ เช่น พวกที่มีรูปร่างผิดปกติ มีรอยแตก รอยช้ำ มีตำหนิจากโรคหรือแมลง ฯลฯ ออกจากผลที่ดีก่อน จากนั้นนำผลที่ดีมาคัดขนาด ซึ่งอาจจะใช้คนหรือเครื่องคัดขนาด ปกติแล้วการคัดขนาดจะใช้น้ำหนักเป็นเกณฑ์ แยกผลที่มีขนาด ใกล้เคียงกันเป็นพวกเดียวกัน เนื่องจากมะม่วงแต่ละพันธุ์มีขนาดน้ำหนักผลไม่เท่ากัน กลุ่มงานวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยพืชสวน จึงได้ทำการศึกษาเบื้องต้น ในการจัดร่างมาตรฐานมะม่วงบางพันธุ์ขึ้นการกำหนดมาตรฐานคุณภาพของมะม่วง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การบ่มและการเก็บรักษา ในการบ่ม การเก็บรักษาและระหว่างการขนส่ง ผลมะม่วงจะมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา อาหารและสารประกอบต่าง ๆ ภายในผล จะถูกเผาผลาญ เพื่อให้เกิดเป็นพลังงาน ในที่สุดผลจะเสื่อมลงและเน่าในที่สุด ในระหว่างนี้มีข้อที่ควรพิจารณาเพื่อช่วยให้การเก็บผล การบ่ม การขนส่ง เสียหายน้อยที่สุด

2.3 การเปลี่ยนแปลงระหว่างการเจริญเติบโตของผลมะม่วง

การเปลี่ยนแปลงทางเคมี

1. การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรด

กรดที่พบปริมาณมากในผักและผลไม้มักจะอยู่ในรูปของเกลือของกรดอินทรีย์ เช่น กรดซิตริก (Citric acid) และกรดมาลิก (Malic acid) เป็นต้น โดยกรดซิตริกซึ่งพบมากในผลมะม่วงเกิดจาก Acetyl Co-enzyme A รวมกับกรดอ๊อกซะโลอะซิติก (Oxaloacetic acid) จนได้กรดซิตริก จากนั้นกรดซิตริกจะเปลี่ยนเป็นสารตัวอื่นๆในวัฏจักรเครปส์ โดยกรดมักถูกเก็บสะสมไว้ในแวคิวโอลในปริมาณมาก ในช่วงผลอ่อนจะมีการสะสมของกรดมาก เนื่องจากสะสมกรดเหล่านี้อาจมาจากสารตัวกลางในวัฏจักรเครปส์ การตรึงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ การเปลี่ยนแปลงของกรดอะมิโนและการเคลื่อนย้ายกรดอินทรีย์จากส่วนต่างๆของพืช ในช่วงแรกของการเจริญเติบโต กรดจะเพิ่มขึ้นและต่อมาจะเริ่มลดลง เมื่อเข้าสู่ระยะแก่ (Kays, 1991)

2. การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

ในช่วงแรกของการเจริญเติบโตจะมีการสะสมคาร์โบไฮเดรตน้อยมาก และเป็นไปอย่างช้าๆ ปริมาณของกลูโคสและฟรุคโตสอาจจะต่ำมากหรือไม่มีเลย เมื่อปรากฏน้ำตาลรีดิวส์ซึ่งขึ้นในเนื้อแสดงว่าได้ถึงจุดที่เกือบจะสุกแล้ว เมื่อมะม่วงแก่จะมีการเพิ่มปริมาณน้ำตาลรวมกลูโคสและฟรุคโตสทันที แต่การสะสมแป้งจะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องในระหว่างการเจริญเติบโต ในมะม่วงน้ำดอกไม้ระดับของแป้งจะเพิ่มมากในสัปดาห์ที่ 9 จนถึงระยะแก่ ในมะม่วงพันธุ์เดียวกันนี้ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้จะเพิ่มขึ้นช้าๆ จนถึงระยะแก่

3. การเปลี่ยนแปลงปริมาณแป้ง

ในมะม่วงแป้งจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆในช่วงแรก เพราะเป็นช่วงที่แป้งบางส่วนถูกใช้ในการเจริญเติบโตของเอมบริโอ (embryo) ในเมล็ดและแป้งจะมีการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อเมล็ดแข็งตัวและผลมีการเจริญเติบโตช้าลง ปริมาณแป้งจึงถูกใช้น้อย ดังนั้นปริมาณแป้งจึงมีการสะสมเพิ่มขึ้น เมื่อผลมะม่วงเริ่มแก่ขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในมะม่วงพันธุ์หนังกลางวัน (วุฒิคุณ, 2530) พันธุ์ทองดำ (สายชล และคณะ, 2534) และพันธุ์เขียวเสวย (เสาวลักษณ์, 2530) ที่พบว่าเซลล์ของผลจะมีการสะสมแป้งเพิ่มขึ้น เมื่อผลแก่เพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ

1. การเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก ปริมาตร และความถ่วงจำเพาะ

หลังจากการเพิ่มขนาดของผลที่เพิ่มขึ้นจะมีการลำเลียงน้ำและสารอาหารจากต้นแม่สู่ผลเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะมีการสะสมของแป้งเป็นส่วนใหญ่ทำให้ผลมีน้ำหนักและปริมาตรเพิ่มขึ้น ส่งผลให้มีค่าความถ่วงจำเพาะของผลมะม่วงมากกว่า 1.00 ซึ่งในทางปฏิบัติอาจไม่ต้องคำนวณหาความถ่วงจำเพาะโดยตรง แต่ใช้วิธีสังเกตจากการจมและลอยน้ำ ผลมะม่วงที่แก่บางพันธุ์นั้นมีค่าความถ่วงจำเพาะน้อยกว่า 1 จึงสามารถลอยน้ำได้ ผลมะม่วงที่แก่จะลอยน้ำ พบว่ามีช่องว่างระหว่างเมล็ดมากและเปลือกหุ้มเมล็ดชั้นนอกที่แข็งหรือเอ็นโดคาร์บขณะที่ผลแก่จัด ส่วนผลมะม่วงแก่ที่จมน้ำจะมีช่องว่างระหว่างเมล็ดและเปลือกหุ้มชั้นนอกน้อย (สายชล, 2533 และ Pantastico, 1975) (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ความถ่วงจำเพาะ ความจมน้ำ และช่องว่างระหว่างเมล็ดกับเอ็นโดคาร์บ

พันธุ์	ความถ่วงจำเพาะ	การจมน้ำ	ช่องว่างระหว่างเมล็ดกับ เอ็นโดคาร์บ
มะลิลา	0.98	ลอย	มาก
ทองดำ	1.01	จม	น้อย
เขียวเสวย	0.97	ลอย	มาก
แรด	0.99	ลอย	มาก
พิมเสนมัน	1.00	ลอย	มาก
น้ำดอกไม้	1.03	จม	น้อย
หนังกลางวัน	1.03	จม	น้อย

ที่มา : สายชล (2533)

มะม่วงบางพันธุ์เมื่อเริ่มแก่ก็จะจมน้ำ จึงอาจได้ผลมะม่วงที่เก็บเกี่ยวแล้วไม่แก่เต็มที่และเมื่อผลมะม่วงสุกจะมีรสชาติค่อนข้างเปรี้ยว ดังนั้นจึงมีการเติมเกลือแกงร้อยละ 2-2.5 ลงในน้ำที่ใช้ลอยผลมะม่วง ทำให้ได้ผลมะม่วงที่แก่จัดจมน้ำ ส่วนผลมะม่วงที่ไม่แก่จัดจะลอยปริ่มน้ำ

2. การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อ

การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของผลมะม่วงโดยส่วนใหญ่ในช่วงผลอ่อนจนถึงผลแก่จะมีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก ซึ่งอาจมีการเปลี่ยนแปลงของความแน่นเนื้อลดลงบ้างในช่วงผลแก่ โดยมีการศึกษาการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของผลมะม่วงหลายๆ พันธุ์ ได้แก่ ในมะม่วงพันธุ์ทองดำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อผลมะม่วงมีอายุ 2 สัปดาห์มีความแน่นเนื้อค่อนข้างต่ำ คือ 5.08 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร หลังจากนั้นความแน่นเนื้อจะลดลงอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งผลมีความแน่นเนื้อเท่ากับ 19.26 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร (สายชล และคณะ 2534) มะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ในช่วงผลอ่อนจะมีความแน่นเนื้อค่อนข้างคงที่ หลังจากนั้นความแน่นเนื้อลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อผลเข้าสู่ระยะการแก่ โดยมีค่าเท่ากับ 25 – 26.5 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร (นิพนธ์, 2534)

3. เปอร์เซ็นต์ความชื้นและน้ำหนักแห้งของเนื้อผล

โดยทั่วไปในผลมะม่วงเมื่อผลแก่เพิ่มขึ้น เปอร์เซ็นต์ความชื้นจะลดลงและเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งจะเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เกี่ยวข้องกับปริมาณแป้งที่เพิ่มขึ้น (Mendoza, 1984) โดย Lizs (1997) รายงานว่าในขณะที่ผลมะม่วงพันธุ์ Alphonso และ Dashehari จะมีน้ำหนักเพิ่มอย่างขึ้นต่อเนื่องจนกระทั่งเก็บเกี่ยว รวมทั้งมีเปอร์เซ็นต์แป้ง ปริมาณน้ำตาลและเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้นตลอดระยะการเจริญเติบโต ในขณะที่เปอร์เซ็นต์ความชื้นลดลงตลอดการเจริญเติบโต

4. การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและสีเนื้อ

การเปลี่ยนแปลงสีของเปลือกผลเป็นการเปลี่ยนแปลงลักษณะภายนอกอย่างต่อเนื่อง ซึ่งสีสันของผลไม้มีความสำคัญมากในการแสดงคุณภาพของผลไม้ประการหนึ่ง สีของผลไม้ที่ปรากฏอยู่นั้นเกิดจากกลุ่มของรงควัตถุ (pigment) ต่างๆ ที่มีอยู่ในเซลล์พืช โดยจะมีการเปลี่ยนแปลงทั้งชนิดและปริมาณของรงควัตถุตลอดระยะเวลาการเจริญพัฒนาของผลิตผลแต่ละชนิด รงควัตถุหลักที่พบมากในผลไม้โดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ๆ คือ คลอโรฟิลล์(Chlorophyll) มีสีเขียว แคโรทีนอยด์ (Carotenoid) มีสีเหลืองจนถึงสีแดง และฟลาโวนอยด์(Flavonoids) มีตั้งแต่สีแดงจนไปถึงสีม่วงหรือน้ำเงิน ซึ่งในแต่ละกลุ่มมีรงควัตถุที่สำคัญได้แก่ คลอโรฟิลล์ แคโรทีน(Carotene) และแอนโทไซยานิน(Anthocyanin) ตามลำดับ (ดนัย, 2540) ส่วนการเปลี่ยนแปลงของสีเนื้อนั้นจะเปลี่ยนจากสีขาวเป็นสีเหลืองเมื่อผลแก่เพิ่มขึ้น เนื่องจากมีแคโรทีนอยด์เพิ่มขึ้น

Pantastico (1975) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางสีเนื้อ และเปลือกผลมะม่วงพบว่ามีการเปลี่ยนสีเปลือกจากเขียวเป็นเหลืองมากขึ้นเมื่อผลมีความแก่เพิ่มขึ้น ซึ่งมะม่วงพันธุ์ Alphonso และ Pairi ใช้เวลาตั้งแต่ติดผลจนกระทั่งเก็บเกี่ยวนาน 110-125 วัน ผลแก่จะมีสีผิวเปลี่ยนจากเขียวเข้มเป็นเขียวอ่อน และเนื้อเปลี่ยนจากสีขาวเป็นสีเหลือง เช่นเดียวกับมะม่วงพันธุ์ไทยหลายๆพันธุ์ คือ มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ (ดวงตรา, 2526) มะม่วงพันธุ์หนังกลางวัน (วุฒิคุณ, 2530 และอารี, 2536) และพันธุ์ทองดำ (สายชล และคณะ, 2534) เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ดัชนีความแก่

ดัชนีที่ใช้บอกความแก่ของมะม่วง จำแนกได้ดังนี้

1. นับอายุหลังจากดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์ จนถึงเก็บเกี่ยวได้ เช่น

มะม่วงน้ำดอกไม้ จะเก็บเกี่ยวได้หลังจากดอกบานแล้ว	100	วัน
มะม่วงทองดำ จะเก็บเกี่ยวได้หลังจากดอกบานแล้ว	100	วัน
มะม่วงเขียวเสวย จะเก็บเกี่ยวได้หลังจากดอกบานแล้ว	120	วัน

2. นับอายุหลังติดผลขนาดหัวแมลงวันหรือหัวไม้ขีดไฟ อายุถึงวันเก็บเกี่ยวได้

มะม่วงน้ำดอกไม้	98	วัน
มะม่วงทองดำ	90	วัน
มะม่วงเขียวเสวยและมะม่วงหนังกลางวัน	110	วัน

3. นำผลไปลอยน้ำ ซึ่งมะม่วงส่วนใหญ่เมื่อแก่จะจม แต่มีบางพันธุ์ที่แก่แต่ยังลอยปริ่มน้ำ ถ้านำผลมะม่วงไปลอยน้ำเกลือแกง 2.5 เปอร์เซ็นต์ (เกลือแกง 250 กรัม ในน้ำ 20 ลิตร) ถ้าจมในน้ำเกลือแสดงว่าแก่จัด ในมะม่วงน้ำดอกไม้จากระยะแรกๆ ถึงอายุ 12 สัปดาห์ ปริมาตรของผลจะมากกว่าน้ำหนัก แสดงว่าความถ่วงจำเพาะน้อยกว่า 1 แต่หลังจากนั้นน้ำหนักจะเพิ่มขึ้นจนมากกว่าปริมาตร และทำให้ความถ่วงจำเพาะกลายเป็น 1.03-1.04 (กฤษฎา และคณะ, 2547)

4. ดีดฟังเสียง แก่จัดเมื่อดีดจะมีเสียงดังแป๊กๆ ผลอ่อนจะมีเสียงดังโป๊กๆ

5. สุ่มผ่าดูเนื้อใน ชิมดูรสชาติ

6. ดูด้วยสายตา สำหรับผู้ที่มีความชำนาญสูง
   - ทรงกลมอ้วน
   - ผิวมีนวล
   - สีซีดลงจากเดิม บางชนิดออกเหลือง สำหรับพันธุ์ต่างประเทศจะมีสีแดง ม่วง ส้ม เหลือง ปรากฏที่ผิวด้วย
   - จุดบนผิว (Lenticel) แห้งเป็นสีน้ำตาล ขณะอ่อนเป็นสีเขียวอ่อน

7. การวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ รวมทั้งกรดอินทรีย์ต่างๆ (Total soluble soloid : TSS)

การวัดเปอร์เซ็นต์ TSS หรือปริมาณสารประกอบที่ละลายน้ำได้ หรือปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ รวมทั้งกรดอินทรีย์ต่างๆ แต่ส่วนใหญ่เป็นน้ำตาล เช่น มะม่วงน้ำดอกไม้เมื่ออายุได้ 16 สัปดาห์ หรือ 112 วัน วัด TSS ได้ 10.0 %Brix เมื่อสุกจะมีค่า TSS 22.1 %Brix

8. การวัดเปอร์เซ็นต์ TA (Titratable acidity)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวัดเปอร์เซ็นต์ TA หรือ เปอร์เซ็นต์กรดที่ไตเตรตได้ มะม่วงจะมีความบริบูรณ์ คุณภาพดีที่สุด หลังจากติดผล 13 สัปดาห์ หรือ 91 วัน มีปริมาณกรด 8-9 เปอร์เซ็นต์ หรือมีอัตราส่วนของปริมาณน้ำตาลต่อปริมาณกรด (TSS/TA ratio) ประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ (กฤษฎา และคณะ, 2547)

2.4 คลื่นไมโครเวฟ

ไมโครเวฟเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นยาวกว่าความถี่ terahertz(THz) แต่มีความยาวคลื่นสั้นกว่าคลื่นวิทยุ ไมโครเวฟมีช่วงความยาวคลื่นประมาณ 1 มิลลิเมตร – 30 เซนติเมตร หรือโดยทั่วไปมีช่วงความถี่ระหว่าง 300 MHz – 300 GHz

โดยปกติสเปกตรัมของคลื่นไมโครเวฟจะมีพลังงานของสนามแม่เหล็กที่ชัดเจนอยู่ในช่วงความถี่ประมาณ 1 GHz – 1000 GHz ส่วนใหญ่คลื่นไมโครเวฟที่นำไปใช้ประโยชน์จะมีช่วงความถี่ภายใน 1 - 40 GHz (บัณฑิต, 2539)

2.5 ลักษณะเฉพาะและประโยชน์ของไมโครเวฟ

ไมโครเวฟนอกจากจะมีคุณสมบัติที่เคลื่อนที่ได้เร็วเพราะเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแล้วยังมีคุณสมบัติที่เด่นๆ อีกหลายประการ จึงทำให้ไมโครเวฟถูกนำไปใช้ประโยชน์ในงานด้านต่างๆ มากมายหลายด้านด้วยกัน คุณสมบัติเหล่านี้ได้แก่

1. การมีความถี่สูงกว่า 1 GHz ซึ่งหมายถึงความยาวคลื่นจะต่ำกว่า 30 เซนติเมตร ลงมา
2. ในย่านไมโครเวฟสัญญาณรบกวนที่มนุษย์สร้างขึ้น (man-made noise) มีระดับต่ำเมื่อเทียบกับย่านความถี่ต่ำกว่า
3. โครงสร้างโมเลกุลของวัสดุหลายๆ ชนิดสามารถดูดกลืนคลื่นไมโครเวฟได้เป็นอย่างดี
4. คุณสมบัติการกระจายคลื่นไมโครเวฟคงที่
5. อัตราขยายสัญญาณของสายอากาศสูง
6. ทิศทางของสายอากาศเป็นแนวพุ่งตรงไปในทิศทางที่ต้องการ
7. สามารถทำให้อัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนดีขึ้น คือมีสัญญาณรบกวนเกิดขึ้นน้อย
8. การก่อสร้างทำได้ง่าย
9. สามารถส่งคลื่นได้ในย่านกว้างเพราะคลื่นมีความถี่สูงมาก
10. เครือข่ายไมโครเวฟมีความเชื่อถือสูงในการใช้งาน
11. สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างน้อย ใช้ค่าใช้จ่ายน้อยแต่คุณภาพสูง

จากคุณสมบัติต่างๆ จึงนำคลื่นไมโครเวฟมาใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ ได้แก่

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ระบบเชื่อมต่อสัญญาณในระดับสายตา ใช้ในงานสื่อสารโทรคมนาคมระหว่างจุดหนึ่งไปอีกจุดหนึ่ง อย่างเช่น การโทรศัพท์ทางไกล ใช้การส่งผ่านสัญญาณโทรศัพท์จากจุดหนึ่งไปยังสถานีทวนสัญญาณจากจุดหนึ่งและส่งผ่านสัญญาณไปเรื่อยๆ จนถึงปลายทาง และในการส่งโทรทัศน์ก็จะทำการส่งสัญญาณโทรทัศน์จากห้องส่งไปยังเครื่องส่งไมโครเวฟ ส่งไปทางสายอากาศ และแพร่กระจากคลื่นของโทรทัศน์ของสถานีนั้นๆ ระยะห่างของสถานีสัญญาณจะเป็นดังนี้ ถ้าความถี่สูงระยะห่างระหว่างสถานีสัญญาณก็จะน้อย แต่ถ้าความถี่ของคลื่นไมโครเวฟต่ำระยะห่างของสถานีทวนสัญญาณก็จะมาก

2. ระบบเหนือขอบฟ้า เป็นระบบสื่อสารไมโครเวฟที่ใช้ชั้นบรรยากาศห่อหุ้มโลก (ชั้นโทรโพสเฟียร์) ช่วยในการสะท้อนและหักเหคลื่นไมโครเวฟ ให้ถึงปลายทาง ที่ระยะทางมากขึ้น การใช้ในรูปแบบนี้ไม่ค่อยนิยมจะใช้เฉพาะในกรณีที่จำเป็นเท่านั้น เช่น ในเขตที่ไม่สามารถตั้งสถานีทวนสัญญาณได้ เนื่องจากการใช้งานรูปแบบนี้สามารถทำได้ในระยะทางที่ไกลมาก ดังนั้นในการส่งคลื่นจึงทำให้คลื่นมีการกระจัดกระจาย จึงจำเป็นต้องใช้เครื่องส่งที่มีกำลังส่งที่สูงและสายอากาศที่รับต้องมีอัตราการขยายสัญญาณที่สูง เช่นเดียวกัน

3. ระบบดาวเทียม เป็นการใช้สถานีทวนสัญญาณลอยอยู่เหนือพื้นโลกกว่า 30,000 กิโลเมตร โดยการใช้ดาวเทียมทำหน้าที่เป็นสถานีทวนสัญญาณ การใช้ระบบนี้สามารถทำการสื่อสารได้ไกลมากๆ ได้ ซึ่งเป็นระบบที่นิยมใช้ระบบหนึ่งในปัจจุบัน

4. ระบบเรดาร์ ระบบนี้จะเป็นการใช้ไมโครเวฟในการตรวจจับวัตถุต่างโดยการส่งคลื่นไมโครเวฟออกไป ในมุมแคบ แล้วไปกระทบวัตถุที่อยู่ไกลออกไปและจากนั้นคลื่นก็จะสะท้อนกลับมาแล้วนำสัญญาณที่ได้รับเทียบกับสัญญาณเดิม แล้วนำสัญญาณไปแปรค่าเป็นข้อมูลต่างๆ อีกครั้งหนึ่ง

5. ระบบเตาไมโครเวฟ สำหรับคุณสมบัติที่โมเลกุลของสารต่างๆสามารถดูดกลืนพลังงานคลื่นไมโครเวฟได้ต่างกันนั้น จะใช้ประโยชน์ได้หลายด้าน การใช้ประโยชน์ที่ใกล้ชิดกับชีวิตในสังคมปัจจุบันมากที่สุด ก็คือ การทำเป็นเตาไมโครเวฟที่ใช้ในการอุ่นหรือปรุงอาหาร โดยการส่งคลื่นไมโครเวฟที่มีกำลังสูงส่งในพื้นที่แคบๆ ที่ทำด้วยโลหะ คลื่นไมโครเวฟนี้ก็จะสะท้อนโลหะนั้นทำให้มีคลื่นไมโครเวฟกระจัดกระจายอยู่พื้นที่นั้น และการกระตุ้นให้โมเลกุลของน้ำในอาหารเกิดการสั่นสะเทือนซึ่งจะสร้างความร้อนขึ้นทำให้อาหารสุกได้ ข้อดีของการให้ความร้อนแบบนี้ คือ ความร้อนจะเกิดขึ้นภายในชิ้นอาหารซึ่งต่างจากการให้ความร้อนโดยการนำความร้อนหรือการพาความร้อนทั่วไป

6. การวิเคราะห์ตัวอย่างของแร่ธาตุและสารประกอบต่างๆ โดยอาศัยหลักการที่สารต่างๆดูดกลืนคลื่นไมโครเวฟที่มีความถี่ต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. การตรวจสอบคุณภาพแบบไม่ทำลาย โดยอาศัยหลักการที่สารต่างๆมีความสามารถในการดูดกลืนคลื่นไมโครเวฟได้ต่างกัน

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นว่าไมโครเวฟถึงแม้จะถูกค้นพบและเริ่มใช้งานมานานพอสมควรแล้ว ปัจจุบันนี้ก็ยังมีบทบาทอย่างสูงในสาขาต่างๆ โดยเฉพาะในงานด้านโทรคมนาคม นอกจากนั้นยังมีการประดิษฐ์คิดค้นและพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ๆ ทางด้านไมโครเวฟซึ่งจะทำให้มีการใช้ประโยชน์จากไมโครเวฟมากขึ้นไปอีกในอนาคต

2.6 คุณสมบัติไดอิเล็กตริก

คุณสมบัติไดอิเล็กตริกของสารที่ต้องการตรวจสอบ

สารไดอิเล็กตริก สารที่สามารถดูดกลืนคลื่นไมโครเวฟได้ เรียกว่า สารไดอิเล็กตริก ซึ่งความสามารถในการดูดกลืนไมโครเวฟนี้จะบอกโดยค่าไดอิเล็กตริก หากสารใดมีค่าคงที่ไดอิเล็กตริกสูงแสดงว่าสารนั้นสามารถดูดกลืนคลื่นไมโครเวฟได้ดีโดยสารแต่ละชนิดนั้นก็จะมีค่าการดูดกลืนได้แตกต่างกันตามชนิดของสาร สถานะ และประจุของสาร ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 2 ค่าไดอิเล็กตริกของวัสดุหรือสารบางชนิด

วัสดุหรือสาร	ค่าไดอิเล็กตริก
อากาศ	1.00
โพลีเอทิลีน	2.25
หิมะ	1.20
น้ำกลั่น	76.70
กรดอะซิติก	6.20
กลีเซอรีน	39.00
เมทานอล	30.68

ที่มา : พิชัย (2549)

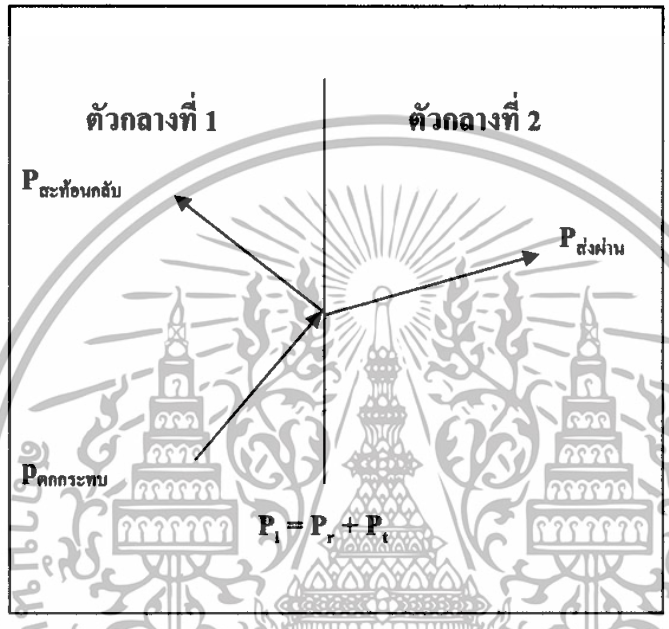
จากตารางที่ 2 ทำให้ทราบว่าวัสดุหรือ สารใดๆที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบ จะสามารถดูดกลืนพลังงานของคลื่นไมโครเวฟได้ดี

การสะท้อนและการส่งผ่านของคลื่นไมโครเวฟ

เมื่อไรก็ตามที่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเดินทางจากตัวกลางหนึ่งไปยังตัวกลางอีกแห่งหนึ่ง ซึ่งมีค่าเพอร์มิตติวิตี้(permittivity)ที่แตกต่างกัน พลังงานบางส่วนจะถูกส่งผ่านไปยังตัวกลางใหม่ และ

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พลังงานบางส่วนจะสะท้อนกลับมายังตัวกลางเดิม แสดงให้เห็นดังรูป พลังงานรวมทั้งหมดของคลื่นตกกระทบจะมีค่าเท่ากับ ผลรวมของพลังงานที่สะท้อนกลับและพลังงานส่วนที่ส่งผ่านไปยังตัวกลางใหม่ (พิชัย ,2549)



ภาพที่ 2 แสดงคลื่นสะท้อนและส่วนของคลื่นที่ส่งผ่าน ณ จุดรอยต่อของตัวกลางไดอิเล็กตริกต่างกัน

ที่มา : พิชัย (2549)

2.7 การตรวจคุณภาพผลิตผลแบบไม่ทำลาย

การตรวจสอบคุณภาพของผลิตผลเกษตร เป็นการสุ่มตัวอย่างเพื่อนำมาตรวจสอบ ซึ่งเป็นวิธีการที่จะต้องทำลายผลิตผลที่ตรวจสอบซึ่งทำให้เกิดการสูญเสียทางเศรษฐกิจ จึงทำให้มีการคิดค้นและพัฒนาเทคนิคการตรวจสอบคุณภาพโดยไม่ทำลายผลขึ้น ที่เป็นประโยชน์สามารถนำมาใช้กับผลผลิตเกษตรได้ โดยไม่ให้เกิดความเสียหายและให้ความแม่นยำสูง การตรวจสอบคุณภาพแบบไม่ทำลายผลมีหลายเทคนิค เช่น X-ray and Gamma Ray Transmission, Optical Reflectance and Transmission, Nuclear Magnetic Resonance Near Infrared, Microwave เป็นต้น โดยวัตถุประสงค์ของการตรวจคุณภาพแบบไม่ทำลาย เพื่อเพิ่มความเชื่อมั่นของผลิตภัณฑ์ ทำให้เกิดการลดต้นทุนการผลิต และเพื่อการปรับปรุงเทคนิคการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Nelson (2005) ใช้ช่วงความถี่ 10 MHz – 1.8 GHz ศึกษาคุณสมบัติไดอิเล็กตริกของตัวอย่างเนื้อเยื่อจากผลไม้ 9 ชนิด ได้แก่ แอปเปิ้ล อะโวกาโด กล้วย แคนตาลูป แครรอท แตงกวา องุ่น ส้ม และมะเขือเทศ ที่อุณหภูมิ 5 - 65 °C พบว่าที่ความถี่สูงกว่า 1 GHz คุณสมบัติไดอิเล็กริกจะแปรผันตามอุณหภูมิ แต่ที่ความถี่ต่ำกว่า 1 GHz คุณสมบัติไดอิเล็กตริกจะแปรผกผันกับอุณหภูมิ

Rutparlom และคณะ (2006) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งของเนื้อทุเรียนกับค่า complex permittivity เพื่อตรวจสอบความแก่ของทุเรียน พบว่าการตรวจสอบความแก่ของทุเรียนแบบไม่ทำลายคุณภาพ โดยใช้ไมโครเวฟวัดค่า complex permittivity ของวัตถุ เช่น ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร สามารถวัดได้อย่างรวดเร็วและถูกต้องแน่นอน ผลลัพธ์ที่ได้ คือ เทคนิคนี้ให้ความถูกต้องแน่นอนถึงร้อยละ 90

โมไนย และคณะ (2549) แยกระดับความสุกของสับปะรดโดยเปรียบเทียบระหว่าง 2 วิธีที่แตกต่างกัน คือ เทคนิคการทดสอบแบบใช้คลื่นไมโครเวฟจากเครื่องต้นแบบที่สร้างขึ้น และเทคนิคการทดสอบแบบ Brix ซึ่งเป็นการวัดปริมาณน้ำตาลในน้ำที่คั้นจากสับปะรดในตำแหน่งที่ทำการทดสอบแบบไมโครเวฟโดยใช้ Refractometer พบว่าการทดสอบสับปะรดแบบใช้คลื่นไมโครเวฟเป็นวิธีการทดสอบที่ไม่ทำลาย แต่จากผลการทดสอบจากเครื่องต้นแบบที่สร้างขึ้น ยังไม่มีประสิทธิภาพในการแยกระดับความสุกได้ดีพอเมื่อเปรียบเทียบกับการทดสอบสับปะรดแบบ Brix ซึ่งเป็นการทดสอบแบบทำลาย

Nelson, Guo, Trabelsi and Kay (2007) ศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณสารไดอิเล็กตริกและปริมาณของแข็งที่ละลายอยู่ในเนื้อแตงโม(soluble solid content:SSC) ที่มีผลต่อคุณภาพของแตงโม จากการศึกษาพบว่า SSC สามารถคำนวณได้จากสมบัติไดอิเล็กตริกของแตงโม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.2 วัตถุดิบ

มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ เบอร์ 4 จากอำเภอบางคล้า จังหวัดฉะเชิงเทรา โดยมีอายุการเก็บเกี่ยวดังนี้

มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 อายุ 65 วันหลังดอกบาน

มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 อายุ 70 วันหลังดอกบาน

มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 อายุ 85 วันหลังดอกบาน

มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 อายุ 90 วันหลังดอกบาน

3.2 สารเคมี

1. สารละลายด่างมาตรฐาน (NaOH) 0.1 N
2. Phenolphthalein 1 %

3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. เครื่องวัดไมโครเวฟ
2. Hand Refractometer ยี่ห้อ ATAGO (N_1 Brix 0-32 เปอร์เซ็นต์)
3. ตู้อบลมร้อน (Hot Air Oven)
4. เครื่องชั่งดิจิตอล 1 ตำแหน่ง
5. เครื่องชั่งดิจิตอล 4 ตำแหน่ง
6. Blender ปั่นเปียก และปั่นแห้ง
7. desiccator
8. stand+clampมือ
9. กระบอกตวง 50 มิลลิลิตร
10. บิวเรต + Stand
11. บีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร
12. บีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13. ปิเปต 10 มิลลิลิตร

14. tong

15. ถุงซิป

16. ถ้วยฟอยล์

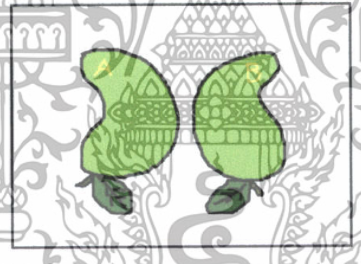
3.4 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

3.4.1 การเตรียมวัตถุดิบ

1. คัดเลือกมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ เบอร์4 ที่มีขนาดใกล้เคียงกัน มีก้านติดอยู่ที่ผลและไม่มีรอยบาดแผล ปราศจากโรคและแมลง

2. นำมะม่วงจากข้อ 1 มาตัดก้านให้มีความยาวของก้านประมาณ 1 เซนติเมตร ปล่อยให้น้ำยางไหลออกหมด แล้วจึงนำผ้าชุบน้ำพอหมาดเช็ดที่ผิวมะม่วงเบาๆ และทำการเช็ดให้แห้งอีกครั้ง

3. กำหนดด้านมะม่วง แต่ทำการทดลองเพียงด้าน A ด้านเดียวเท่านั้น ดังรูป



ภาพที่ 3 หลักการกำหนดด้านมะม่วง

3.4.2 ขั้นตอนการทดลอง

โดยแบ่งชุดทดลองออกเป็น 4 ชุด ดังนี้

ชุดทดลอง ที่ 1 มะม่วง อายุ 65 วัน หลังดอกบาน 30 ผล

ชุดทดลอง ที่ 2 มะม่วง อายุ 70 วัน หลังดอกบาน 30 ผล

ชุดทดลอง ที่ 3 มะม่วง อายุ 85 วัน หลังดอกบาน 30 ผล

ชุดทดลอง ที่ 4 มะม่วง อายุ 90 วัน หลังดอกบาน 30 ผล

นำผลมะม่วงทั้งหมดในแต่ละชุดทดลอง มาทำการตรวจวิเคราะห์คุณภาพ ดังนี้

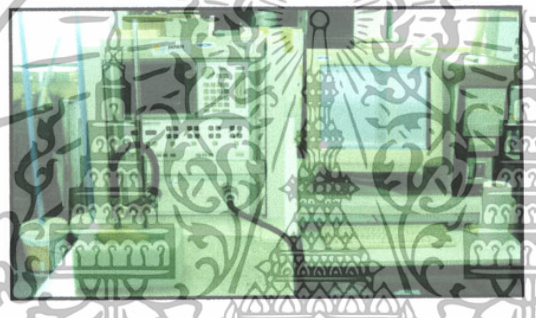
1. **การทดสอบโดยใช้คลื่นไมโครเวฟ วัดมะม่วงด้วยเทคนิคไมโครเวฟที่มะม่วงทั้งผลและเนื้อมะม่วงด้าน A บันทึก ค่า ε' และ ε''**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ

- ค่า ε' คือ Dielectric properties ซึ่งวัดได้จากค่าที่คลื่นไมโครเวฟถูกดูดซับด้วยองค์ประกอบทางเคมี และปริมาณความชื้นในมะม่วง
- ค่า ε'' คือ Dielectric loss factor วัดจากคลื่นที่ทะลุผ่านออกมา ซึ่งเป็นส่วนที่ไม่ถูกดูดซับจากองค์ประกอบทางเคมีและปริมาณความชื้นในมะม่วง

คำนวณค่า Loss tangent จากค่าอัตราส่วนระหว่าง ε' และ ε'' ($\varepsilon'' / \varepsilon'$) หลังจากนั้นนำผลมะม่วงไปตรวจวัดองค์ประกอบทางกายภาพและทางเคมีต่อไป



ภาพที่ 4 เทคนิคการทดสอบโดยคลื่นไมโครเวฟ

2 ตรวจวัดองค์ประกอบทางกายภาพและเคมี

นำผลมะม่วงทั้งหมดในแต่ละชุดทดลอง มาทำการตรวจวิเคราะห์คุณภาพ ดังนี้

2.1. ความถ่วงจำเพาะ ทำการชั่งน้ำหนักมะม่วงในอากาศ และชั่งน้ำหนักมะม่วงในน้ำ คำนวณค่าความถ่วงจำเพาะดังสมการ

$$SG = \frac{Wa \times SG_w}{W_1}$$

เมื่อ SG = ความถ่วงจำเพาะของตัวอย่าง

SG_w = ความถ่วงจำเพาะของน้ำ

Wa = น้ำหนักตัวอย่างที่ชั่งในอากาศ (กิโลกรัม)

W_1 = น้ำหนักตัวอย่างที่ชั่งในน้ำ (กิโลกรัม)

โดยน้ำที่ 27 องศาเซลเซียส มีความถ่วงจำเพาะ 1.003

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.2 เปอร์เซ็นต์ความชื้น โดยทำการหั่นเนื้อมะม่วงด้าน A เป็นลูกบาศก์ขนาด 0.5 เซนติเมตร ใส่เนื้อมะม่วงหนัก 5 กรัม (4 ตำแหน่ง) ลงในถ้วยฟอยล์ และบันทึกน้ำหนักมะม่วงก่อนอบ นำไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง ทำให้เย็นใน desiccator เป็นเวลา 30 นาที พร้อมทั้งบันทึกน้ำหนักหลังอบ และทำการหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่เปลือกมะม่วงด้าน A ด้วยวิธีการเดียวกัน คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น ดังสมการ

$$\text{เปอร์เซ็นความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักมะม่วงก่อนอบ} - \text{น้ำหนักมะม่วงหลังอบ}}{\text{น้ำหนักมะม่วงก่อนอบ}} \times 100$$

2.3 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (Total Soluble Solid; TSS) ทำการวัดปริมาณ TSS โดยใช้น้ำคั้นจากเนื้อมะม่วงด้วยเครื่อง Hander Refractometer อ่านค่าที่ได้เป็นเปอร์เซ็นต์บริกซ์ บันทึกผล

2.4 ปริมาณกรดที่ไตเตรตได้ (Titratable Acidity; TA) ทำการวัดปริมาณ TA โดยนำน้ำคั้นจากเนื้อมะม่วงปริมาตร 1 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 49 มิลลิลิตร เติมสารละลาย Phenolphthalein 1 % 3-5 หยด เพื่อใช้เป็นอินดิเคเตอร์ จากนั้นนำไปไตเตรตด้วยสารละลายด่างมาตรฐาน (NaOH) ความเข้มข้น 0.1 N จนกระทั่งถึงจุดยุติ (น้ำคั้นเปลี่ยนเป็นสีชมพูอย่างถาวร) บันทึกปริมาณด่างเพื่อใช้ในการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์กรดซิตริก

$$\text{เปอร์เซ็นต์ TA} = \frac{\text{ความเข้มข้นของ NaOH (0.1)} \times \text{ปริมาณ NaOH ที่ใช้ (มิลลิลิตร)} \times 0.064^{*} \times 100}{\text{ปริมาณน้ำคั้นมะม่วง (มิลลิลิตร)}}$$

* miliequivalent of citric acid (anhydrous) = 0.064

2.5 อัตราส่วน TSS/TA โดยนำค่าระหว่าง TSS และ TA มาคำนวณหา อัตราส่วน TSS/TA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

85424

บทที่ 4
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 คุณสมบัติทางไฟฟ้า

ตารางที่ 3 ค่า ε', ε'' และค่า Loss tangent ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่ระดับความแก่แตกต่างกัน

จำนวนวันหลังดอกบาน	มะม่วงทั้งผล			เนื้อมะม่วง		
	ε' มะม่วง	ε''มะม่วง	Loss tangent	ε' มะม่วง	ε''มะม่วง	Loss tangent
65	26.3397	5.8988	0.2234	52.8611	13.8606	0.2624
70	22.8372	6.0776	0.2658	50.2036	14.2166	0.2845
85	24.1101	6.6655	0.2764	52.2865	14.2694	0.2807
90	24.7008	10.0416	0.2040	62.4563	14.5910	0.2339

ค่า ε' ของมะม่วงทั้งผลเมื่อมีอายุหลังดอกบาน 65 – 90 วัน มีค่าอยู่ในช่วง 22.8372 - 26.3397 ในขณะที่ค่า ε'' มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความแก่ของผล โดยเพิ่มจาก 5.8988 เมื่อมะม่วงมีอายุ 65 วันหลังดอกบานเป็น 10.0416 เมื่อมีอายุ 90 วันหลังดอกบาน เช่นเดียวกับค่า ε' ของเนื้อมะม่วงที่มีค่าอยู่ในช่วง 50.2036-62.4563 และค่า ε'' มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจาก 13.8606 เป็น 14.5910 เมื่อผลมะม่วงมีอายุเพิ่มขึ้น การที่ค่า ε'' ของเนื้อมะม่วงมีค่าสูงกว่าค่า ε'' ของมะม่วงทั้งผล เนื่องจาก ค่า ε'' ของมะม่วงทั้งผล เป็นค่าที่วัดได้จากคลื่นที่ทะลุผ่านทั้งเนื้อและเปลือกของมะม่วง แต่ ε'' ของเนื้อมะม่วงวัดได้จากคลื่นที่ทะลุผ่านออกมาจากเนื้อมะม่วงเพียงชั้นเดียว ดังนั้นคลื่นจะถูกดูดซับด้วยองค์ประกอบทางเคมีและปริมาณความชื้นในเนื้อมะม่วงเท่านั้น ทำให้ค่าε''ของเนื้อมะม่วงมีค่าสูงกว่า ε'' ของมะม่วงทั้งผล

จากตารางทำให้ทราบว่าค่า ε' มีค่าเป็นช่วงไม่สามารถแยกมะม่วงออกจากกันได้ ส่วนค่า ε'' มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงเลือกใช้ค่า ε'' ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่วัดได้จากเทคนิคไมโครเวฟกับองค์ประกอบทางกายภาพและทางเคมี สำหรับเหตุผลของการเลือกใช้ค่า ε'' ของมะม่วงทั้งผลเนื่องจากคลื่นไมโครเวฟเป็นคลื่นที่ใช้เพื่อตรวจวัดคุณภาพของผลิตผลทางการเกษตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบไม่ทำลาย ดังนั้นจึงเลือกใช้ ค่า ε'' ของมะม่วงทั้งผลซึ่งเป็นค่าที่วัดได้จากส่วนที่เป็นทั้งเปลือกและเนื้อของมะม่วงโดยไม่ต้องทำลายผลมะม่วง

ตารางที่ 4 การเปลี่ยนแปลงค่า ε'' ของมะม่วงทั้งผลที่ระดับความแก่แตกต่างกัน

ค่าทางเคมี	อายุมะม่วง (วันหลังดอกบาน)			
	65	70	85	90
ε'' มะม่วงทั้งผล	5.8988[a]	6.0776[a]	6.6655[b]	10.0416[c]

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ($P< 0.05$)

จากการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ LSD และ Duncan พบว่า ค่า ε'' มะม่วงทั้งผล มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออายุมะม่วงเพิ่มขึ้น และมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ยกเว้นมะม่วงอายุ 65-70 วัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ดังนั้นเมื่อพิจารณาเฉพาะค่า ε'' สามารถแยกระดับความอ่อนแก่ของมะม่วงได้ 3 ระดับ คือ ระดับที่ 1 มะม่วงอ่อน อายุ 65-70 วันหลังดอกบาน ระดับที่ 2 มะม่วงอายุ 85 วันหลังดอกบาน และระดับที่ 3 มะม่วงแก่ทางการค้า อายุ 90 วันหลังดอกบาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 องค์ประกอบทางกายภาพ และทางเคมี ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ ที่ระดับความแก่แตกต่างกัน

ตารางที่ 5 องค์ประกอบทางกายภาพ และทางเคมี ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่ระดับความแก่แตกต่างกัน

ค่าทางเคมี	อายุมะม่วง (วันหลังดอกบาน)			
	65	70	85	90
ความถ่วงจำเพาะ	1.0000 [a]	1.0163 [b]	1.0182 [b]	1.0352 [c]
ความชื้นของเปลือก (%)	70.8060 [a]	72.4860 [b]	72.6237 [b]	74.2313 [c]
ความชื้นของเนื้อ (%)	85.0050 [a]	83.9547 [ab]	82.7620 [ab]	79.4055 [b]
ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ (% TSS)	8.34 [a]	8.89 [a]	9.48 [ab]	15.51 [b]
ปริมาณกรดที่ไตเตรตได้ (%TA)	3.32 [a]	2.90 [b]	2.44 [c]	0.90 [d]
TSS/TA	2.5573 [a]	2.8197 [a]	3.9064 [a]	18.7333 [b]

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ($P < 0.05$)

4.2.1 ความถ่วงจำเพาะ

ค่าความถ่วงจำเพาะของมะม่วงมีค่าเพิ่มอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากค่า 1.0000 เป็น 1.0352 เมื่อผลมีอายุเพิ่มจากอายุ 65 เป็น 90 วันหลังดอกบาน (ตารางที่ 5) สอดคล้องกับการทดลองของสายชล (2533) ที่รายงานว่าผลความถ่วงจำเพาะของมะม่วงจะมีความถ่วงจำเพาะมากกว่า 1.00 และมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเพิ่มขนาดของผล ทำให้มีการลำเลียงน้ำและสารอาหารจากต้นไปสู่ผลมากขึ้น โดยเฉพาะการสะสมของแป้ง ทำให้ผลมีน้ำหนักและปริมาตรเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ความถ่วงจำเพาะของมะม่วงมากกว่า 1.00 และมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงมีการนำค่าความถ่วงจำเพาะมาใช้เป็นดัชนีการเก็บเกี่ยว เช่น ดวงตรา (2526) พบว่ามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่มีอายุ 84 วันขึ้นไปหลังติดผล มีค่าความถ่วงจำเพาะอยู่ในช่วง 1.03- 1.04 และสามารถใช้เป็นดัชนีการเก็บเกี่ยวได้ ในขณะที่ อารี (2536) ศึกษามะม่วงพันธุ์หนังกลางวัน พบว่าผลที่อายุ 109 วันหลังติดผลขึ้นไปจะมีความถ่วงจำเพาะมากกว่า 1.00 สามารถเก็บเกี่ยวได้ นิพนธ์(2534)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ศึกษาการเจริญเติบโตของมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ พบว่าผลที่อายุ 91 วันหลังติดผลจะมีความถ่วงจำเพาะมากกว่า 1.00 สามารถเก็บเกี่ยวได้ อย่างไรก็ตาม จากการทดลองพบว่าความถ่วงจำเพาะของผลมะม่วงระหว่าง 70-85 วัน มีค่าความถ่วงจำเพาะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยและไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4) ทั้งนี้อาจเนื่องจากช่วงที่ผลมะม่วงมีอายุ 70-85 วัน เป็นช่วงที่มีการเปลี่ยนแปลงขนาดผลมะม่วงและปริมาณแป้งน้อย

4.2.2 <u>เปอร์เซ็นต์ความชื้นของเปลือกและเนื้อมะม่วง</u>

ปริมาณความชื้นของเปลือกมะม่วง จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (แตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%) ตามความแก่ของผล โดยมีค่าเพิ่มจาก 70.81 เปอร์เซ็นต์ เป็น 74.23 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่5) เมื่อมะม่วงมีอายุเพิ่มจาก 65 เป็น 90 วันหลังดอกบาน เช่นเดียวกับค่าความถ่วงจำเพาะ ในขณะที่ปริมาณความชื้นของเปลือกมะม่วงที่มีอายุ 70 และ 85 วันหลังดอกบานไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% การที่เปลือกมะม่วงมีความชื้นเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับสรรพมงคล (2545) พบว่า ปริมาณความชื้นของเปลือกมะม่วงพันธุ์มหาชนกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อความแก่เพิ่มขึ้น

ในขณะที่ปริมาณความชื้นของเนื้อมะม่วง กลับพบว่ามีค่าลดลง เมื่อผลมีความแก่เพิ่มขึ้น (ตารางที่5) สอดคล้องกับ Mendoza (1984) ที่รายงานผลว่าการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักแห้งและการลดลงของความชื้นจะเกี่ยวข้องกับการเพิ่มขึ้นของปริมาณแป้ง วุฒิคุณ (2530) อธิบายว่าแป้งในมะม่วงจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ในช่วงแรก เป็นช่วงที่แป้งบางส่วนถูกนำไปใช้ในการเจริญเติบโตของเอมบริโอ(Embryo) ในเมล็ด และจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อเมล็ดแข็งตัวในขณะที่ผลมีการเจริญเติบโตช้าลง ปริมาณแป้งจึงถูกใช้น้อย ดังนั้นปริมาณแป้งจึงมีการสะสมเพิ่มขึ้นเมื่อผลมะม่วงเริ่มแก่ขึ้นและมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ความชื้นในเนื้อมะม่วงมีปริมาณลดลง ดังนั้นจึงใช้เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งและเปอร์เซ็นต์ความชื้นเป็นดัชนีการเก็บเกี่ยว เช่น Lakshminarayana และคณะ (1970) ศึกษาในมะม่วงพันธุ์อัลฟองโซใช้น้ำหนักแห้ง 20 เปอร์เซ็นต์ และเปอร์เซ็นต์ความชื้น 80 เปอร์เซ็นต์เป็นดัชนีการเก็บเกี่ยว

4.2.3 <u>ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ (% TSS)</u> ปริมาณของแข็งในมะม่วงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (แตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%) ตามความแก่ของผล โดยมีค่าเพิ่มจาก 8.34 เป็น 15.51 (ตารางที่ 5) เมื่อมะม่วงมีอายุเพิ่มจาก 65 เป็น 90 วันหลังดอกบาน สอดคล้องกับวุฒิคุณ (2530) ที่ศึกษาในมะม่วงพันธุ์หนังกลางวันพบว่า มะม่วงพันธุ์หนังกลางวันมีปริมาณ%TSS เพิ่มขึ้นเมื่อผลแก่เพิ่มขึ้น โดยมีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ %TSS ในช่วงแรกค่อนข้างน้อย เป็นเพราะมะม่วงมีการสะสมแป้งมากกว่าน้ำตาล แต่เมื่อผลแก่เพิ่มขึ้นแป้งจะสลายไปเป็นน้ำตาลส่งผลให้มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณ %TSS เพิ่มขึ้นส่วนการสะสมแป้งในช่วงแรกจะทำให้มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ลดลงเนื่องจากน้ำตาลกลูโคสจะถูกใช้เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์แป้ง

4.2.4 ปริมาณกรดที่ไตเตรตได้ (%TA) พบว่า %TA มีแนวโน้มลดลง (แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%) ตามความแก่ของผล โดยมีค่าลดลงจาก 3.32 เป็น 0.90 เมื่อมะม่วงมีอายุเพิ่มจาก 65 เป็น 90 วันหลังดอกบาน โดย %TA สามารถแยกความอ่อนแก่ของมะม่วงออกจากกันได้อย่างชัดเจน คือ ระยะที่ 1 อายุ 65 วันหลังดอกบาน, ระยะที่ 2 อายุ 70 วันหลังดอกบาน, ระยะที่ 3 อายุ 85 วันหลังดอกบาน และระยะที่ 4 อายุ 90 วันหลังดอกบาน สอดคล้องกับ Kays (1991) ที่รายงานผลว่า กรดซิตริกซึ่งพบมากในผลมะม่วงเกิดจาก Co-enzyme A รวมกับกรดอ๊อกซะโลอะซิติก (oxaloacetic acid) ได้กรดซิตริก จากนั้นกรดซิตริกก็จะถูกเปลี่ยนเป็นสารตัวอื่นๆในวัฏจักรเครปส์ และสอดคล้องกับ Medlicott และ Thomson (1985) รายงานผลว่าในมะม่วงพันธุ์เคียทท์ (Keitt) จะมีกรดลดลงเมื่อผลมะม่วงมีความแก่เพิ่มขึ้น โดยกรดซิตริกเป็นกรดหลักที่มีปริมาณลดลงมากที่สุด ในขณะที่กรดมาลิกมีปริมาณน้อยในช่วงผลแก่ แต่จะลดลงมากในช่วงผลสุก เนื่องจากพบว่ากิจกรรมของเอนไซม์ malate dehydrogenase เพิ่มขึ้นระหว่างผลสุก โดยเฉพาะในช่วง Climacteric peak

4.2.5 TSS/TA เมื่อผลมะม่วงมีความแก่เพิ่มขึ้น ค่า TSS/TA มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ระหว่างผลที่อายุ 65 วันหลังดอกบานกับอายุ 90 วันหลังดอกบาน ในขณะที่มะม่วงที่มีอายุ 65, 70 และ 85 วันหลังดอกบานไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เมื่อวิเคราะห์โดยรวมจากองค์ประกอบทางกายภาพและทางเคมี สามารถแยกมะม่วงได้ออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ มะม่วงอ่อน กับ มะม่วงแก่ แต่มะม่วงที่อยู่ในช่วงมะม่วงที่กำลังพัฒนาผลเข้าสู่ระยะที่แก่ (อายุ 70 ถึง 85 วันหลังดอกบาน) ไม่สามารถแยกออกจากกันได้อย่างชัดเจน โดยจะเห็นได้ชัดในค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเนื้อมะม่วงและค่า %TSS ยกเว้น %TA ที่สามารถแยกกลุ่มมะม่วงออกจากกันได้อย่างชัดเจน คือ อ่อนมาก อ่อน เริ่มแก่ และแก่การค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

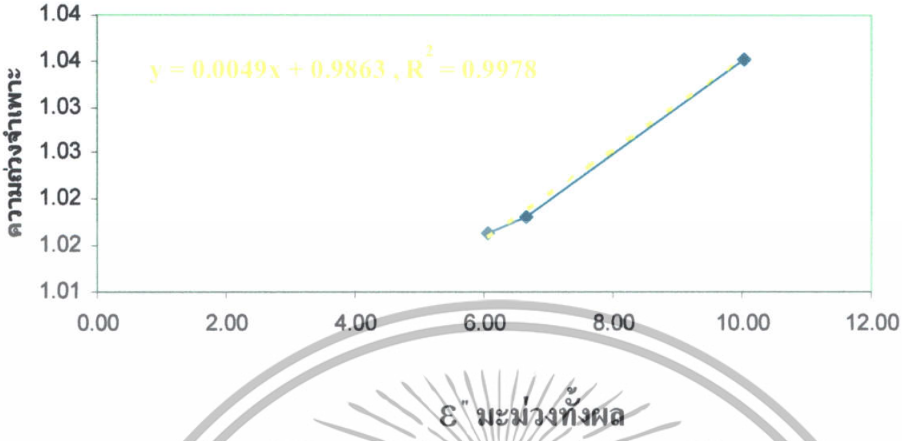
4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติทางไฟฟ้ากับองค์ประกอบทางกายภาพ และทางเคมีของมะม่วงพันธ์น้ำดอกไม้ ที่ระดับความแก่แตกต่างกัน

เนื่องจากคลื่นไมโครเวฟเป็นคลื่นที่ใช้เพื่อตรวจวัดคุณภาพของผลิตผลทางการเกษตรแบบไม่ทำลาย ดังนั้นจึงเลือกใช้ ค่า ε'' ของมะม่วงทั้งผลซึ่งเป็นค่าที่วัดได้จากส่วนที่เป็นทั้งเปลือกและเนื้อของมะม่วงโดยไม่ต้องทำลายผลมะม่วง

ภาพที่ 5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า ε'' มะม่วงทั้งผลกับ ค่าความถ่วงจำเพาะของผลมะม่วง

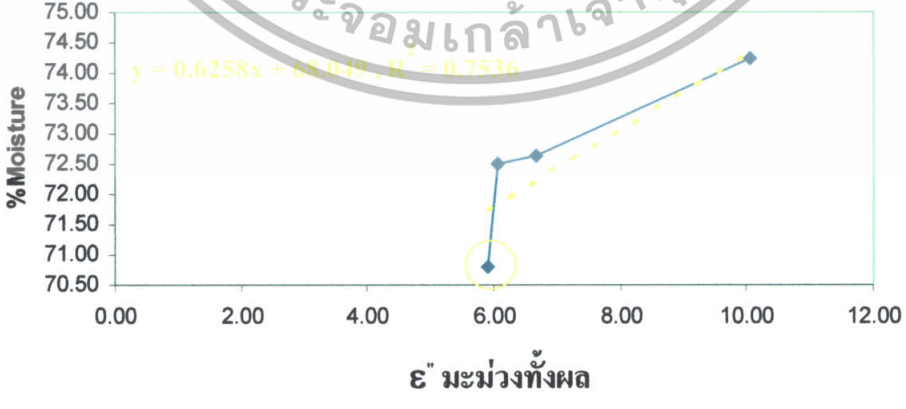
ภาพที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า ε'' มะม่วงทั้งผล กับค่าความถ่วงจำเพาะของผลมะม่วง พบว่า ค่า ε'' มะม่วงทั้งผลมีความสัมพันธ์เชิงเส้นแบบแปรผันตามกับค่าความถ่วงจำเพาะของผลมะม่วง กล่าวคือ เมื่อผลมะม่วงมีความแก่เพิ่มขึ้น ค่า ε'' ของมะม่วงทั้งผล และ ค่าความถ่วงจำเพาะของผลมะม่วง จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยค่า ε'' มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเนื่องจากองค์ประกอบทางกายภาพและทางเคมีภายในมะม่วงเป็นปัจจัยที่มีผลต่อค่า ε'' ดังนั้นเมื่อองค์ประกอบทางกายภาพและทางเคมีในมะม่วงมีค่าเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะการสะสมของแป้ง ทำให้ผลมีน้ำหนักและปริมาตรเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ความถ่วงจำเพาะของมะม่วงมากกว่า 1.00 และมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น(สายชล, 2533) ทำให้ค่า ε'' มีค่าเพิ่มขึ้น และความสัมพันธ์ดังแสดงในสมการ $Y = 0.0065X + 0.9705$ และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กำลังสอง (R^2) = 0.7798 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) เป็นค่าที่แสดงความสัมพันธ์ของชุดข้อมูล หาก R^2 มีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าชุดข้อมูลทั้ง 2 นี้มีความสัมพันธ์กันมาก แต่ค่า R^2 ของกราฟความสัมพันธ์นี้มีค่าไม่เข้าใกล้ 1 เพราะมีชุดข้อมูลของมะม่วง 65 วัน แตกกลุ่ม เมื่อตัดชุดข้อมูลของมะม่วงที่มีอายุ 65 วันหลังดอกบาน ได้กราฟความสัมพันธ์ดังภาพที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า ε" มะม่วงทั้งผลกับ ค่าความถ่วงจำเพาะของผลมะม่วง (เมื่อตัดข้อมูลที่อายุ 65 วันหลังดอกบาน)

ภาพที่ 6 พบว่า ค่า ε" มะม่วงทั้งผลมีความสัมพันธ์เชิงเส้นแบบแปรผันตามกันกับค่าความถ่วงจำเพาะของผลมะม่วง โดยเมื่อมะม่วงมีความแก่เพิ่มขึ้น ค่า ε" ของมะม่วงทั้งผลและค่าความถ่วงจำเพาะจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน เมื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า ε" ของมะม่วงทั้งผลกับค่าความถ่วงจำเพาะของผลมะม่วง จะได้ความสัมพันธ์ดังสมการ $Y = 0.0049X + 0.9863$ และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กำลังสอง (R^2) = 0.9978 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กำลังสอง (R^2) มีค่าเข้าใกล้ 1 มากยิ่งขึ้น จะเห็นได้ว่าข้อมูลมีความพันธ์กันมากขึ้น

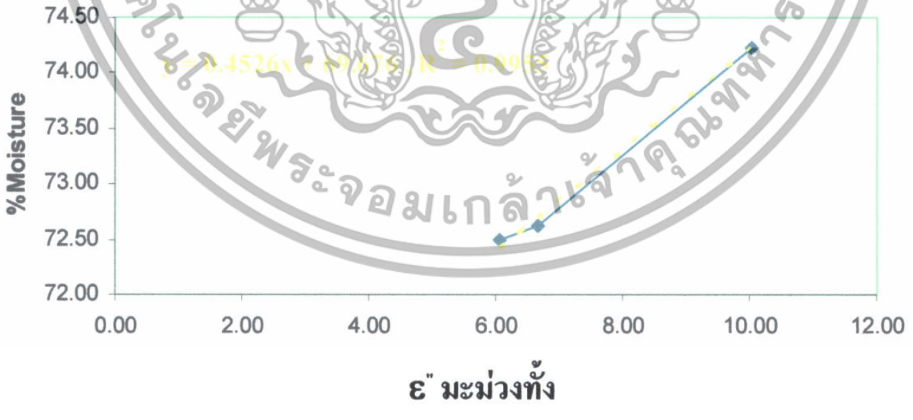


ภาพที่ 7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า ε" มะม่วงทั้งผลกับ เปอร์เซ็นต์ความชื้นเปลือกมะม่วง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 7 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า ε'' มะม่วงทั้งผล กับเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเปลือกมะม่วง ซึ่งมีความสัมพันธ์เชิงเส้นแบบแปรผันตามกัน กล่าวคือ เมื่อผลมะม่วงมีความแก่เพิ่มขึ้นปริมาณความชื้นของเปลือกมะม่วงและค่า ε'' ของมะม่วงทั้งผลจะมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากเมื่อมะม่วงมีความแก่เพิ่มขึ้น มะม่วงมีการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางกายภาพและทางเคมีมีผลทำให้ค่าความสามารถในการดูดกลืนคลื่นไมโครเวฟ (dielectric) เปลี่ยนแปลงไป สมบัติไดอิเล็กตริกจะเปลี่ยนแปลงตามปริมาณความชื้นของวัตถุ (ดิเรก, 2546) ดังนั้นเมื่อเปลือกมะม่วงมีความชื้นเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ค่า ε'' ของมะม่วงทั้งผลมีค่าลดลง แต่สาเหตุที่ค่า ε'' ของมะม่วงทั้งผลมีค่าเพิ่มขึ้น ทั้งที่ควรมีค่าลดลง อาจเนื่องมาจากปริมาณความชื้นของเปลือกมะม่วงมีปริมาณเล็กน้อยเมื่อเทียบกับปริมาณความชื้นทั้งหมดในผลมะม่วง ดังนั้นหากปริมาณความชื้นของเปลือกมะม่วงมีค่ามากขึ้น จึงไม่มีผลทำให้ค่า ε'' มีค่าลดลง

และเมื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า ε'' ของมะม่วงทั้งผลกับเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเปลือกมะม่วง จะได้ความสัมพันธ์ดังสมการ $Y = 0.6258X + 68.049$ และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กำลังสอง (R^2) = 0.7536 ค่า R^2 ของกราฟความสัมพันธ์นี้มีค่าไม่เข้าใกล้ 1 เพราะมีชุดข้อมูลของมะม่วง 65 วัน 1 เตกกลุ่ม เมื่อตัดชุดข้อมูลของมะม่วงที่มีอายุ 65 วันหลังดอกบาน ได้กราฟความสัมพันธ์ดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า ε'' มะม่วงทั้งผลกับ เปอร์เซ็นต์ความชื้นเปลือกมะม่วง

ภาพที่ 8 พบว่า ค่า ε'' มะม่วงทั้งผลมีความสัมพันธ์เชิงเส้นแบบแปรผันตามกันกับค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเปลือกมะม่วง โดยเมื่อมะม่วงมีความแก่เพิ่มขึ้น ค่า ε'' ของมะม่วงทั้งผลและค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเปลือกมะม่วงจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน เมื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า ε'' ของมะม่วงทั้งผลกับเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเปลือกมะม่วง จะได้ความสัมพันธ์ดัง

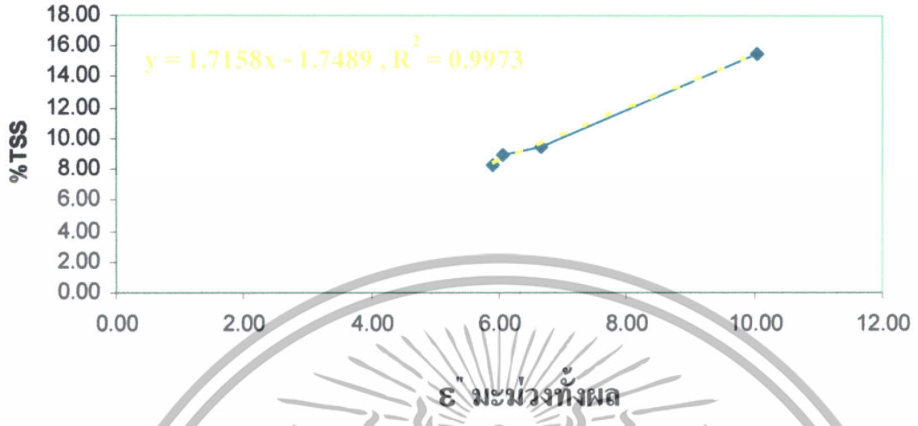
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการ $Y = 0.4526X + 69.676$ และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กำลังสอง (R^2) = 0.9955 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กำลังสอง (R^2) มีค่าเข้าใกล้ 1 มากยิ่งขึ้น นั่นคือ ข้อมูลมีความพันธ์กันมากขึ้น

ภาพที่ 9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า ε'' มะม่วงทั้งผลกับ เปอร์เซ็นต์ความชื้นเนื้อมะม่วง

จากภาพที่ 9 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า ε'' มะม่วงทั้งผล กับเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเนื้อมะม่วง พบว่า ค่า ε'' มะม่วงทั้งผลมีความสัมพันธ์เชิงเส้นแบบแปรผกผันกับเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเนื้อมะม่วง กล่าวคือ เมื่อผลมะม่วงมีความแก่เพิ่มขึ้นปริมาณความชื้นในเนื้อมะม่วงมีค่าลดลง เนื่องจากปริมาณแป้งมีการสะสมเพิ่มขึ้นเมื่อผลมะม่วงเริ่มแก่ขึ้น และมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ความชื้นในเนื้อมะม่วงมีปริมาณลดลง (วุฒิคุณ, 2530) ในขณะที่ค่า ε''มะม่วงทั้งผลจะมีค่าเพิ่มขึ้น โดยค่า ε'' คือ Dielectric loss factor วัดจากคลื่นที่ทะลุผ่านออกมา ซึ่งเป็นส่วนที่ไม่ถูกดูดซับจากองค์ประกอบทางเคมีและปริมาณความชื้นในมะม่วง กล่าวคือ ดังนั้นเมื่อปริมาณความชื้นลดลงทำให้คลื่นที่ทะลุผ่านออกมาจากผลมะม่วงมีปริมาณเพิ่มขึ้น เมื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า ε'' ของมะม่วงทั้งผลกับเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเนื้อมะม่วง จะได้ความสัมพันธ์ดังสมการ $Y = -1.2195X + 91.527$ และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กำลังสอง (R^2) = 0.9494 เข้าใกล้ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

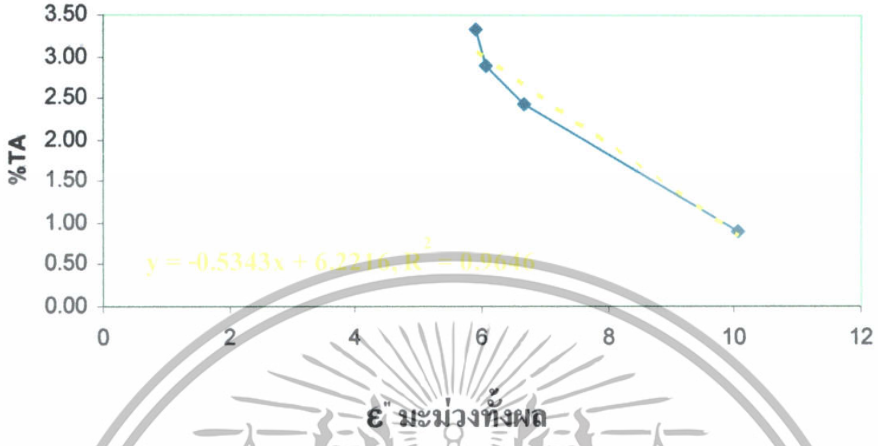


ภาพที่ 10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าε" มะม่วงทั้งผล กับ %TSS

ภาพที่ 10 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า ε" มะม่วงทั้งผล กับ %TSS ของเนื้อมะม่วง พบว่า ค่า ε" มะม่วงทั้งผลมีความสัมพันธ์เชิงเส้นแบบแปรผันตามกันกับ %TSS ในเนื้อมะม่วง กล่าวคือ เมื่อผลมะม่วงมีความแก่เพิ่มขึ้นปริมาณ %TSS ของเนื้อมะม่วงและค่า ε" มะม่วงทั้งผลจะมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากตลอดระยะการพัฒนาของผลมะม่วงมีการสะสมอาหารเพิ่มขึ้นจึงทำให้เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้น และอาหารสะสมที่สำคัญของผลมะม่วง คือ แป้ง(Mendoza, 1984) และมีการสะสมของแป้งอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่มีการเพิ่มขึ้นของขนาดผลรวมทั้งปรากฏว่ามีการสูญเสียความชื้นจากเนื้อเพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเพิ่มขึ้น (Litz, 1997) โดยค่า ε" มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเนื่องจากปริมาณ %TSS ภายในมะม่วงเป็นปัจจัยที่มีผลต่อค่า ε" ดังนั้นเมื่อปริมาณ %TSS ในมะม่วงมีค่าเพิ่มขึ้นจึงส่งผลให้ค่า ε" มีค่าเพิ่มขึ้นตามไปด้วย และเมื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า ε" ของมะม่วงทั้งผลกับ %TSSของเนื้อมะม่วง จะได้ความสัมพันธ์ดังสมการ

Y = 1.7158X - 1.7489 และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ กำลังสอง (R^2) = 0.9973

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า ε" มะม่วงทั้งผล กับ %TA

จากภาพที่ 11 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า ε" มะม่วงทั้งผล กับ %TAของเนื้อมะม่วง พบว่าค่า ε" มะม่วงทั้งผลมีความสัมพันธ์เชิงเส้นแบบแปรผกผันกับ %TA ในเนื้อมะม่วง กล่าวคือ เมื่อผลมะม่วงมีความแก่เพิ่มขึ้น ปริมาณ %TA ในเนื้อมะม่วงมีค่าลดลงเนื่องจากเมื่อผลมะม่วงแก่เพิ่มขึ้นปริมาณกรดลดลง เนื่องจากกรดจะถูกใช้ในการหายใจผ่านวัฏจักรเครปส์ (Mattoo และคณะ, 1975) ในขณะที่ค่า ε' มะม่วงทั้งผลจะมีค่าเพิ่มขึ้น และเมื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า ε" ของมะม่วงทั้งผล กับเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเนื้อมะม่วง จะได้ความสัมพันธ์ดังสมการ $Y = -0.5343X + 6.2216$ และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กำลังสอง (R^2) = 0.9646

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการตรวจสอบความถูกต้องของสมการที่ได้จากการหาความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติทางไฟฟ้ากับคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี (แสดงในตารางที่ 6 ถึง 10) จากสูตร

$$\% \text{ ค่าความแตกต่าง} = \frac{\left|\text{Data from equation - Data from experiment}\right|}{\text{Data from equation}} \times 100$$

ตารางที่ 6 ตารางการตรวจสอบความถูกต้องของสมการที่ได้กับค่าความถ่วงจำเพาะที่ได้จากการทดลอง

	จำนวนวันหลังดอกบาน			
	65	70	80	90
ค่าที่วัดได้จริง	1.0000 [a]	1.0163 [b]	1.0182 [b]	1.0352 [c]
ค่าจากสมการ	1.0088	1.0100	1.0138	1.0358
% ค่าความแตกต่าง	0.8723	0.6238	0.4340	0.0579

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ($P < 0.05$)

ตารางที่ 7 ตารางการตรวจสอบความถูกต้องของสมการที่ได้กับความชื้นของเปลือก (เปอร์เซ็นต์) ที่ได้จากการทดลอง

	จำนวนวันหลังดอกบาน			
	65	70	80	90
ค่าที่วัดได้จริง	70.8060 [a]	72.4860 [b]	72.6237 [b]	74.2313 [c]
ค่าจากสมการ	71.7405	71.8524	72.2203	74.3330
% ค่าความแตกต่าง	1.3026	0.8818	0.5586	0.1368

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ($P < 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8 ตารางการตรวจสอบความถูกต้องของสมการที่ได้กับความชื้นของเนื้อ (เปอร์เซ็นต์) ที่ได้จากการทดลอง

	จำนวนวันหลังดอกบาน			
	65	70	80	90
ค่าที่วัดได้จริง	85.0050 [a]	83.9547 [ab]	82.7620 [ab]	79.4055 [a]
ค่าจากสมการ	84.3334	84.1154	83.3984	79.2813
% ค่าความแตกต่าง	0.7964	0.1910	0.7631	0.1567

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ($P< 0.05$)

ตารางที่ 9 ตารางการตรวจสอบความถูกต้องของสมการที่ได้กับค่า %TSS ที่ได้จากการทดลอง

	จำนวนวันหลังดอกบาน			
	65	70	80	90
ค่าที่วัดได้จริง	8.34 [a]	8.89 [a]	9.48 [ab]	15.51 [b]
ค่าจากสมการ	8.37	8.68	9.69	15.48
% ค่าความแตกต่าง	0.36	2.42	2.17	0.19

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ($P< 0.05$)

ตารางที่ 6 ถึง 9 ค่าที่วัดได้จริงกับค่าที่ได้จากสมการมีความใกล้เคียงกัน เมื่อหาเปอร์เซ็นต์ค่าความแตกต่าง พบว่ามีความแตกต่างกันน้อย คือมีเปอร์เซ็นต์ค่าความแตกต่างไม่ถึง 5 แสดงว่าสมการที่ได้จากกราฟความสัมพันธ์ดังกล่าวสามารถนำมาใช้ในการทำนายผลได้

ตารางที่ 10 ตารางการตรวจสอบความถูกต้องของสมการที่ได้กับค่า %TA ที่ได้จากการทดลอง

	จำนวนวันหลังดอกบาน			
	65	70	80	90
ค่าที่วัดได้จริง	3.32 [a]	2.90 [b]	2.44 [c]	0.90 [d]
ค่าจากสมการ	3.07	2.97	2.66	0.86
% ค่าความแตกต่าง	8.14	2.36	8.27	4.65

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ($P< 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 10 เมื่อนำสมการความสัมพันธ์ระหว่างค่า ε'' มะม่วงทั้งผลกับค่า %TA มาตรวจสอบความถูกต้อง พบว่า ค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง มีค่าโดยเฉลี่ยประมาณ 5.855 แสดงว่าสมการที่ได้จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า ε'' มะม่วงทั้งผลกับค่า %TA อาจยังไม่สามารถนำมาใช้ในการทำนายผลได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาความเป็นไปได้ในการตรวจวัดความอ่อนแก่ของมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ที่มีอายุหลังดอกบาน 65, 70, 85 และ 90 วัน พบว่าค่า ε''มะม่วงทั้งผล ที่วัดด้วยเทคนิคไมโครเวฟสามารถแยกระดับความอ่อนแก่ของมะม่วงได้เป็น 3 ระดับ คือ

- ระดับที่ 1 มะม่วงอ่อน(65-70 วันหลังดอกบาน) มีค่า ε'' ที่วัดได้เท่ากับ 5.8988 ถึง 6.0776
- ระดับที่ 2 มะม่วงอายุหลังดอกบาน 85 วัน มีค่า ε'' ที่วัดได้เท่ากับ 6.6655
- ระดับที่ 3 มะม่วงที่มีความแก่ทางการค้า (90 วันหลังดอกบาน) มีค่า ε'' ที่วัดได้เท่ากับ 10.0416

เมื่อหาความสัมพันธ์ของค่า ε'' มะม่วงทั้งผล กับองค์ประกอบทางกายภาพและทางเคมี พบว่าค่า ε'' มะม่วงทั้งผล มีความสัมพันธ์กับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ดีกว่าองค์ประกอบอื่นๆ และมีสมการแสดงความสัมพันธ์ $Y = 1.7158X - 1.7489$, $R^2 = 0.9973$ และมีความแตกต่างระหว่างค่าจริงกับค่าที่ได้จากสมการโดยเฉลี่ยเท่ากับ 1.285 เปอร์เซ็นต์ จากการศึกษาในครั้งนี้การใช้เทคนิคไมโครเวฟยังไม่สามารถแยกระดับความอ่อนแก่ของมะม่วงได้อย่างชัดเจน

ข้อเสนอแนะ

1. ความแก่ของมะม่วง เนื่องจากไม่ได้นับจำนวนวันหลังดอกบานที่แน่นอน ทำให้ผลการทดลองที่ได้อาจจะบอกระดับความแก่ได้ไม่ชัดเจน
2. ค่าไดอิเล็กตริกมีการแปรผันตามอุณหภูมิ แต่เนื่องจากในการทดลอง ผู้ทำการทดลองไม่ได้ควบคุมอุณหภูมิ ทำให้ผลการทดลองที่ได้อาจเกิดความคลาดเคลื่อน
3. น่าจะมีการศึกษามะม่วงที่รู้จำนวนวันหลังดอกบานที่แน่นอน และมีความแตกต่างกันของชุดการทดลองมากกว่านี้
4. จำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองอาจไม่ใช่ตัวแทนที่ดีของมะม่วง
5. ในการหาความสัมพันธ์ของค่า ε'' กับองค์ประกอบทางกายภาพและทางเคมี อาจต้องพิจารณาหลายองค์ประกอบร่วมกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ควรมีการตรวจสอบความถูกต้องของสมการที่ใช้ในการทำนาย โดยใช้ตัวอย่างมะม่วงนอกเหนือจากตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตรการเกษตร. 25--. มะม่วง. [เข้าถึง] สืบค้นได้จาก: http://www.doa.go.th/pl_data /02_LOCAL/oard5/mango_eat/main.html. [20 มกราคม 2551]

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2547. สถิติการปลูกไม้ผล-ไม้ยืนต้น ปี 2544. ฝ่ายข้อมูลส่งเสริมการเกษตร กองแผนงาน กรมส่งเสริมการเกษตร. กรุงเทพฯ.

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2551. มะม่วง. [เข้าถึง] สืบค้นได้จาก:http://www.doae.go.th/plant/mango. html. [20 มกราคม 2551]

กฤษฎา วิรุณหะ, คณะธิป โข่ศรี และวิธิวัต วันไชสงค์. 2547. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติเนื้อสัมผัสกับความอ่อนแก่ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้. ปริญญานิพนธ์มหาบัณฑิต. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. หน้า 8-12.

ดนัย บุณยเกียรติ. 2540. สรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวพืชสวน. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 222 หน้า.

ดวงตรา กสานติกุล. 2526. การศึกษาการเจริญเติบโต การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี และดัชนีการเก็บเกี่ยวของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 56 หน้า.

ดิเรก เพ็ชรจินดา. 2546. การตรวจวัดปริมาณความชื้นในเมล็ดพืชแบบไม่ทำลายโดยใช้เทคนิคไมโครเวฟ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. กรุงเทพฯ. 69 หน้า.

นิพนธ์ ประพันธ์เทพากุล. 2534. การเจริญเติบโต และดัชนีการเก็บเกี่ยวของผลมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี สาขาไม้ผล ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่. 32 หน้า.

บัณฑิต โรจน์อารยานนท์. 2539. วิศวกรรมไมโครเวฟ. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

บ้านมะม่วง. 2549. มะม่วง. [เข้าถึง] สืบค้นได้จาก:http://www.phtnet.org/postech/web/mango/ /pages/mango/Nam_doc_mai.htmal. [20 มกราคม 2551]

พิชัย ภักดีพานิชเจริญ. 2549. ไมโครเวฟ. กรุงเทพฯ : ฟิสิกส์เซ็นเตอร์.

โมไนย ไกรฤกษ์. 2549. รายงานความก้าวหน้าเครื่องทดสอบผลไม้แบบพกพา (Handheld fruit tester) สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ประจำปี 2549.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วุฒิคุณ กรรำ. 2530. การเติบโต และดัชนีการเก็บเกี่ยวของผลมะม่วงพันธุ์หนังกลางวัน.วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาสอนวิชาชีววิทยา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 95 หน้า

สรรพมงคล บุญกัน. 2545. การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและเคมีในระหว่างการเก็บรักษาผลมะม่วงพันธุ์มหาชนก. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. สาขาวิชาชีววิทยา. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 125 หน้า.

สายชล เกตุษา. 2533. การเก็บเกี่ยวและการปฏิบัติต่อผลมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยว. รวมยุทธ์มะม่วง. หน้าที่ 65-68.

สายชล เกตุษา, สมชาย รัตนมาลี และฉลองชัย แบบประเสริฐ. 2534. การเจริญเติบโต การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี และดัชนีการเก็บเกี่ยวของผลมะม่วงพันธุ์ทองดำ. ว. เกษตรศาสตร์. 25 : 391-399.

เสาวลักษณ์ กังวานตระกูล. 2530. การเติบโตและดัชนีการเก็บเกี่ยวของมะม่วงพันธุ์เขียวเสวย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาการสอนชีววิทยา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 72 หน้า.

อารี ใจเพ็ชร. 2536. การศึกษาการเจริญเติบโต และดัชนีการเก็บเกี่ยวของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 64 หน้า.

A.O.A.C 1990. Official Method of Analysis. Association of Official Analytical Chemists, Inc, Virginia. 1298 p. Gould, W.A. 1977. Food Quality Assurance. The Avl Publishing Company, Inc. Connecticut. 314.

Kays S. K. 1991. Postharvest Physiology of Perishable Plant Products. An AVI Book Published by Van Nostrand Reinhold, New York. 532p.

Lakshminarayana S., Subhadra N.V. and Subramanyam H. 1970. Some asects of developmental Physiology of mango fruit. J. Hort. Sci. 45:133-142

Litz R.E. 1997. The Mango : Botany, Production and Uses. The University Press., Cambridge. 587 p.

Mattoo A.K., Murata T., Pantastico Er. B., Chachin K., Ogata K. and Phan C.T. 1975. Chemical Changes during ripening and senescence. In Pentastico Er.B.(ed.). Postharvest Physiology, Handling and Utilization of Tropical and Subtorpical Fruits and Vegetables AVI Publishing Company, Westport, Connecticut. pp. 103-127.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Medlicott A.P. and Thompson A.K. 1985. Analysis of sugars and organic acid in ripening mango fruits (*Mangifera indica* L. var. Keitt) by high performance liquid chromatography. J. Sci. food agric. 36:561-566.

Mendoza D.B. 1984. Mango:Fruit development, postharvest physiology and marketing in ASEAN. ASEAN Postharvest Horticulture Training and Researh Centre, University of the Phillippines at Los Banos, Coleege, Laguna, Phillippines. 95 p.

Nelson, S. O. 2005. Dielectric spectroscopy of fresh fruit and vegetable tissues. [online] Available:http//www.asabe.org. [21 June 2007]

Nelson, S. O., Guo, W., Trabelsi, S and Kay, S. J. 2007. Spectroscopy of watermelon for sensing and technology. [online] Available:http//www.ars.usda.gov/pandp/people/people.htm? personid:4709. [26 July 2007].

Pantasico Er. B. 1975. Postharvest Physology, Handling and Utilization of Tropical and Subtropical Fruit and Vegetables. The AVI Publishing company, Westport, Connecticut. 560 p.

Rutparlom , T., Chmnongthai , K., Kumhom , P. and Krairikjh, M. 2006. Non-destructive durian maturity determination by using microwave free space measurement. [online] Available:http//ieeexplore.iee.org/xls/abs_all.jsp?arunumber=1692844. [26 July 2007].

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

1. วิธีการเตรียมสารเคมี

1.1 <u>การเตรียมสารละลายด่างมาตรฐาน NaOH 0.1 N</u>

อุปกรณ์

- NaOH
- ช้อนตักสาร
- เครื่องชั่งดิจิตอล 4 ตำแหน่ง
- น้ำกลั่น
- ขวดปรับปริมาตร 1000 มิลลิลิตร
- บีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร
- แท่งแก้ว
- ขวดสีชา

วิธีการ

1. ชั่ง NaOH 4 กรัม (4 ตำแหน่ง) ลงในบีกเกอร์ 250 มิลลิลิตร ละลาย NaOH ด้วยน้ำกลั่นจนสารละลายเป็นเนื้อเดียวกัน เทสารละลายลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 1000 มิลลิลิตร
2. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนครบ 1000 มิลลิลิตร เก็บสารละลายในขวดสีชา

1.2 <u>การเตรียม Phenolphthalein 1%</u>

อุปกรณ์

- Phenolphthalein
- น้ำกลั่น
- เครื่องชั่งดิจิตอล 4 ตำแหน่ง
- แท่งแก้ว
- แอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์
- บีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร
- ขวดปรับปริมาตร 100 มิลลิลิตร
- ขวด dropper

วิธีการ

1. ชั่ง Phenolphthalein 1 กรัม ลงในบีกเกอร์ ละลายด้วยน้ำกลั่นประมาณ 20 มิลลิลิตร ใส่สารละลายลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร
2. ปรับปริมาตรด้วยแอลกอฮอล์ 95 % จนครบ 100 มิลลิลิตร เก็บสารละลายในขวด dropper

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ขั้นตอนการทดลอง

โดยแบ่งชุดทดลองออกเป็น 4 ชุด ดังนี้

ชุดทดลอง ที่ 1 มะม่วง อายุ 65 วัน หลังดอกบาน 30 ผล

ชุดทดลอง ที่ 2 มะม่วง อายุ 70 วัน หลังดอกบาน 30 ผล

ชุดทดลอง ที่ 3 มะม่วง อายุ 85 วัน หลังดอกบาน 30 ผล

ชุดทดลอง ที่ 4 มะม่วง อายุ 90 วัน หลังดอกบาน 30 ผล

นำผลมะม่วงทั้งหมดในแต่ละชุดทดลอง มาทำการตรวจวิเคราะห์คุณภาพ ดังนี้

1. การทดสอบโดยใช้คลื่นไมโครเวฟ โดยทำการ calibrate เครื่องวัดไมโครเวฟด้วยน้ำกลั่น และ set ช่วงความถี่ให้อยู่ระหว่าง 2-3 GHz วัดผลมะม่วงทั้งหมด 2 ตำแหน่ง ได้แก่ เปลือก และเนื้อ บันทึกค่าไดอิเล็กตริก และทำการพล็อตกราฟ และนำตัวอย่างมะม่วงไปใช้ในการวิเคราะห์ทางเคมีต่อไป

ภาพที่ ก 1 เทคนิคการทดสอบโดยคลื่นไมโครเวฟ

2. ตรวจวัดองค์ประกอบทางกายภาพ และทางเคมี

นำผลมะม่วงทั้งหมดในแต่ละชุดทดลอง มาทำการตรวจวิเคราะห์คุณภาพ ดังนี้

2.1 ความถ่วงจำเพาะ โดยทำการชั่งน้ำหนักมะม่วงในอากาศ และน้ำหนักมะม่วงขณะที่แขวนอยู่ในน้ำ ทำการบันทึกค่าที่ได้ทั้ง 2 ค่า คำนวณหาค่าความถ่วงจำเพาะ ตามสูตร

$$V = \frac{W_1}{\rho_w}$$

เมื่อ ρ_w = ความหนาแน่นของน้ำ (Kg/m^3)

W_1 = น้ำหนักน้ำที่ถูกแทนที่ด้วยตัวอย่าง (Kg)

V = ปริมาตรของตัวอย่าง (m^3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$SG = \frac{Wa \times SG_W}{W_1}$$

เมื่อ SG = ความถ่วงจำเพาะของตัวอย่าง

SG_W = ความถ่วงจำเพาะของน้ำ

Wa = น้ำหนักตัวอย่างที่ชั่งในอากาศ (กิโลกรัม)

W_1 = น้ำหนักตัวอย่างที่ชั่งในน้ำ (กิโลกรัม)

โดยน้ำที่ 27 องศาเซลเซียส มีความถ่วงจำเพาะ 1.003

ภาพที่ ก 2 การชั่งน้ำหนักมะม่วงในอากาศ

ภาพที่ ก 3 การชั่งน้ำหนักมะม่วงในน้ำ

2.2 เปอร์เซ็นต์ความชื้น โดยทำการหั่นเนื้อมะม่วงด้าน A เป็นลูกบาศก์ขนาด 0.5 cm. ใส่เนื้อมะม่วงหนัก 5 g (4 ตำแหน่ง) ลงในถ้วยฟอยล์ และบันทึกน้ำหนักมะม่วงก่อนอบ นำไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง ทำให้เย็นใน desiccator เป็นเวลา 30 นาที พร้อมทั้งบันทึกน้ำหนักหลังอบ และทำการหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่เปลือกมะม่วงด้าน A ด้วยวิธีการเดียวกัน คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น ตามสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักมะม่วงก่อนอบ} - \text{น้ำหนักมะม่วงหลังอบ}}{\text{น้ำหนักมะม่วงก่อนอบ}} \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ ก 4 การหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นในมะม่วง

2.3 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (Total Soluble Solid; TSS) ทำการวัดปริมาณ TSS โดยใช้น้ำคั้นจากเนื้อมะม่วงด้วยเครื่อง Hander Refractometer ที่ทำการปรับด้วยน้ำกลั่นเป็นที่เรียบร้อยแล้ว อ่านค่าที่ได้เป็นเปอร์เซ็นต์ บริกซ์ พร้อมทั้งบันทึกผล

ภาพที่ ก 5 Hander Refractometer

2.4 ปริมาณกรดที่ไตเตรตได้ (Titratable Acidity; TA) ทำการวัดปริมาณ TA โดยนำน้ำคั้นจากเนื้อมะม่วงปริมาตร 1 ml เติมน้ำกลั่น 49 ml ทำการเติมสารละลาย Phenolphthalein 1 % 3-5 หยด เพื่อใช้เป็น indicator จากนั้นนำไปไทเทรตด้วยสารละลายด่างมาตรฐาน (NaOH) ความเข้มข้น 0.1 N จนกระทั่งถึงจุดยุติ (น้ำคั้นเปลี่ยนเป็นสีชมพูอย่างถาวร) บันทึกปริมาณด่างเพื่อใช้ในการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์กรดซิตริก คำนวณค่า %TA ตามสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์ TA} = \frac{\text{ความเข้มข้นของ NaOH (0.1)} \times \text{ปริมาณ NaOH ที่ใช้ (มิลลิลิตร)} \times 0.064^{*} \times 100}{\text{ปริมาณน้ำคั้นมะม่วง (มิลลิลิตร)}}$$

*** miliequivalent of citric acid (anhydrous) = 0.064**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ ก 6 การวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์ TA

2.5 อัตราส่วน TSS/TA โดยนำค่าระหว่าง TSS และ TA มาคำนวณหา อัตราส่วน TSS/TA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

ตารางผนวกที่ ข 1 แสดงผลการทดลองจากการวัดโดยใช้เทคนิคไมโครเวฟ ของมะม่วงอายุ 65 วัน หลังดอกบาน

ลูกที่	มะม่วงทั้งผล			เนื้อมะม่วง		
	ε' มะม่วง	ε"มะม่วง	Loss tangent	ε' มะม่วง	ε"มะม่วง	Loss tangent
1	26.8433	5.5899	0.2082	53.5824	12.9944	0.2425
2	26.2218	5.8577	0.2234	54.3988	13.6498	0.2509
3	25.5135	5.5274	0.2166	53.0233	14.0881	0.2657
4	25.0454	4.9523	0.1977	50.0669	11.8909	0.2375
5	26.9416	6.3716	0.2365	54.3702	13.5572	0.2493
6	30.3315	7.8630	0.2592	50.7965	14.4465	0.2844
7	28.1902	6.2792	0.2227	51.2613	13.5239	0.2638
8	25.5113	5.6610	0.2219	51.7903	13.8475	0.2674
9	26.6583	6.0235	0.2260	54.8454	13.7353	0.2504
10	27.2134	6.5999	0.2425	50.1075	13.3263	0.2660
11	26.3852	5.8660	0.2223	54.3532	13.8975	0.2557
12	26.8034	6.2307	0.2325	50.9625	13.5868	0.2666
13	24.9819	5.8333	0.2335	57.0067	15.0670	0.2643
14	24.4777	5.1579	0.2107	52.1642	14.2310	0.2728
15	25.2389	5.4243	0.2149	53.3089	13.9494	0.2617
16	25.5550	5.4336	0.2126	54.4940	14.5364	0.2668
17	26.4288	5.7549	0.2178	55.0421	13.8979	0.2525
18	26.8765	6.2090	0.2310	53.8778	13.4223	0.2491
19	25.6147	5.8505	0.2284	55.7770	14.0507	0.2519
20	28.5907	6.5777	0.2301	53.8091	14.3422	0.2665

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ข 1 (ต่อ)

21	26.0324	5.5302	0.2124	52.6038	13.7636	0.2616
22	28.8072	6.9892	0.2426	52.7699	14.6909	0.2784
23	29.1066	6.9471	0.2387	52.2751	12.7510	0.2439
24	23.0556	5.0914	0.2208	51.6439	14.6131	0.2830
25	23.6062	5.0317	0.2132	51.4900	13.8488	0.2690
26	23.8748	4.5285	0.1897	56.3230	14.0554	0.2495
27	27.2190	6.0367	0.2218	50.1033	13.3171	0.2658
28	25.9512	5.9545	0.2294	49.7616	14.6408	0.2942
29	25.8744	5.5248	0.2135	53.5263	14.5992	0.2727
30	27.2413	6.2671	0.2301	50.2967	13.4961	0.2683
เฉลี่ย	**26.3397**	**5.8988**	**0.2234**	**52.8611**	**13.8606**	**0.2624**

ตารางผนวกที่ ข 2 แสดงผลการทดลองจากการวัดโดยใช้เทคนิคไมโครเวฟ ของมะม่วงอายุ 70 วัน หลังดอกบาน

ลูกที่	**มะม่วงทั้งผล**			**เนื้อมะม่วง**		
	ε' มะม่วง	**ε"มะม่วง**	**Loss tangent**	**ε' มะม่วง**	**ε"มะม่วง**	**Loss tangent**
1	24.9910	6.3769	0.2552	51.6756	13.5500	0.2622
2	22.4206	5.9095	0.2636	52.5771	13.6878	0.2603
3	21.9520	5.7682	0.2628	49.8939	13.9373	0.2793
4	22.7936	6.4090	0.2812	50.1075	14.8473	0.2963
5	22.3928	5.7491	0.2567	55.4979	14.8416	0.2674
6	23.3555	5.5661	0.2383	59.5954	15.0378	0.2523
7	20.8146	5.4131	0.2601	50.1394	14.2041	0.2833
8	22.5198	6.1038	0.2710	48.3892	14.6081	0.3019
9	21.0453	5.6382	0.2679	47.1873	13.9849	0.2964
10	23.9858	6.2300	0.2597	46.4948	13.4983	0.2903

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ข 2 (ต่อ)

11	21.2162	5.6862	0.2680	47.1925	13.8622	0.2937
12	26.8199	7.7195	0.2878	42.2513	13.5183	0.3199
13	23.2828	6.3143	0.2712	55.8092	15.5741	0.2791
14	18.5627	4.6147	0.2486	49.2802	14.6876	0.2980
15	24.0955	6.7075	0.2784	49.3094	14.9223	0.3026
16	24.1826	6.7504	0.2791	45.1702	13.1374	0.2908
17	22.7083	5.9396	0.2616	50.0898	14.3391	0.2863
18	24.9494	6.4526	0.2586	49.1650	14.3078	0.2910
19	22.9582	5.6587	0.2465	53.4872	14.8362	0.2774
20	20.1453	5.1553	0.2559	56.0602	14.7008	0.2622
21	23.5961	5.9347	0.2515	46.4175	13.0930	0.2821
22	25.2919	7.2734	0.2876	52.3106	14.1296	0.2701
23	23.4335	6.4312	0.2744	49.0734	13.7536	0.2803
24	24.5790	7.3658	0.2997	43.6198	13.0652	0.2995
25	20.7056	5.7842	0.2794	42.7261	13.4644	0.3151
26	24.2160	5.9524	0.2458	51.1555	13.9031	0.2718
27	21.4132	5.7787	0.2699	47.6193	14.7369	0.3095
28	22.6784	5.8849	0.2595	52.2448	13.8469	0.2650
29	21.2846	5.3903	0.2532	60.0661	14.8555	0.2473
30	22.7264	6.3695	0.2803	51.5025	15.5657	0.3022
เฉลี่ย	**22.8372**	**6.0776**	**0.2658**	**50.2036**	**14.2166**	**0.2845**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ข 3 แสดงผลการทดลองจากการวัดโดยใช้เทคนิคไมโครเวฟ ของมะม่วงอายุ 85 วัน หลังดอกบาน

ลูกที่	มะม่วงทั้งผล			เนื้อมะม่วง		
	ε' มะม่วง	ε"มะม่วง	Loss tangent	ε' มะม่วง	ε"มะม่วง	Loss tangent
1	21.5656	6.1941	0.2872	46.8218	13.1909	0.2817
2	23.1700	6.7472	0.2912	51.7792	14.6340	0.2826
3	23.3134	6.2896	0.2698	50.6467	14.0208	0.2768
4	23.6592	6.6464	0.2809	41.8395	13.3567	0.3192
5	25.5648	6.9287	0.2710	52.5297	14.1809	0.2699
6	25.0794	7.1050	0.2833	51.5958	15.1230	0.2931
7	24.4727	6.6435	0.2715	46.6929	13.4304	0.2876
8	22.4389	6.6655	0.2971	52.5438	14.9716	0.2849
9	24.2952	6.6296	0.2729	56.3953	14.6771	0.2603
10	22.7966	6.2859	0.2757	43.5610	12.2439	0.2811
11	26.8605	7.6734	0.2857	54.9868	14.9544	0.2720
12	24.7642	6.8448	0.2764	57.4084	15.2576	0.2658
13	24.2820	6.3915	0.2632	58.7146	15.8633	0.2702
14	26.1001	6.8022	0.2606	60.1343	15.5796	0.2591
15	22.9311	5.9440	0.2592	48.1623	12.9182	0.2682
16	21.8078	6.3932	0.2932	51.6549	15.4032	0.2982
17	23.6069	7.1908	0.3046	49.8990	14.2665	0.2859
18	26.1705	7.6568	0.2926	53.2874	15.7173	0.2949
19	24.8863	7.1440	0.2871	52.0921	14.8005	0.2841
20	23.0400	5.9029	0.2562	51.7292	14.6331	0.2829
21	22.9958	5.7285	0.2491	56.4631	15.1171	0.2687
22	25.2946	6.8578	0.2711	45.4600	12.9064	0.2839
23	24.8381	7.0286	0.2829	48.2516	14.3437	0.2973

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ข 3 (ต่อ)

24	24.6207	6.3668	0.2586	56.7129	16.0000	0.2821
25	24.7174	6.8393	0.2767	53.6337	14.9492	0.2787
26	22.8949	6.5116	0.2844	54.5363	16.1848	0.3023
27	23.4483	6.3187	0.2695	56.3983	15.0400	0.2667
28	24.1638	6.4262	0.2659	55.6033	14.4584	0.2600
29	25.1760	7.2842	0.2877	57.5530	15.9750	0.2776
30	24.3493	6.5228	0.2679	51.5073	14.6830	0.2851
เฉลี่ย	**24.1101**	**6.6655**	**0.2764**	**52.2865**	**14.6294**	**0.2807**

ตารางผนวกที่ ข 4 แสดงผลการทดลองจากการวัดโดยใช้เทคนิคไมโครเวฟ ของมะม่วงอายุ 90 วัน หลังดอกบาน

ลูกที่	มะม่วงทั้งผล			เนื้อมะม่วง		
	ε' มะม่วง	ε" มะม่วง	Loss tangent	ε' มะม่วง	ε" มะม่วง	Loss tangent
1	25.3486	10.8328	0.2301	61.4306	15.5178	0.2526
2	26.1393	10.9390	0.2272	60.7069	14.6868	0.2419
3	23.7419	9.7363	0.1995	61.9173	15.5318	0.2508
4	24.3268	9.7697	0.1961	66.2711	14.7609	0.2227
5	21.7237	9.1556	0.1913	64.6155	15.4183	0.2386
6	23.9699	9.8811	0.2036	64.1858	15.0092	0.2338
7	23.1278	9.9354	0.2134	60.5281	14.6926	0.2427
8	24.3478	10.1280	0.2106	59.6669	14.3283	0.2401
9	25.5382	10.2061	0.2039	63.1185	14.9740	0.2372
10	26.6446	10.4205	0.2034	59.8238	14.6705	0.2452
11	26.3935	9.7703	0.1807	61.9974	13.8311	0.2231
12	26.4095	10.2073	0.1972	64.4144	14.2287	0.2209
13	24.1265	9.9856	0.2066	62.3768	14.6304	0.2345

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ข 4 (ต่อ)

14	23.2427	9.4391	0.1910	62.1297	14.2634	0.2296
15	24.2001	9.4698	0.1847	64.0405	13.8243	0.2159
16	24.4954	9.7713	0.1948	62.4757	14.4606	0.2315
17	25.1876	10.2238	0.2074	65.4523	13.9199	0.2127
18	25.5505	10.3196	0.2082	61.7237	14.0484	0.2276
19	25.2331	10.2123	0.2066	58.8143	14.9861	0.2548
20	24.2685	10.4279	0.2237	63.4369	14.0377	0.2213
21	25.9059	10.0287	0.2548	62.4744	15.0353	0.1795
22	25.1449	10.0416	0.2040	60.9563	14.5781	0.1762
23	24.2565	11.3327	0.1816	65.7896	14.6039	0.3140
24	23.2000	8.7634	0.2027	62.4580	14.0016	0.2228
25	23.9418	10.5638	0.2151	61.2512	14.1467	0.2352
26	23.4957	10.6310	0.2053	59.1230	15.1804	0.2450
27	26.2010	10.0424	0.2151	60.4546	14.5809	0.2326
28	24.7189	9.5194	0.2841	63.9563	14.6019	0.2115
29	24.6823	9.4522	0.1463	62.4382	14.5910	0.2339
30	25.4602	10.0408	0.1496	63.6614	14.5902	0.2883
เฉลี่ย	**24.7008**	**10.0416**	**0.2040**	**62.4563**	**14.5910**	**0.2339**

ตารางผนวกที่ ข 5 แสดงค่า ε^{*} มะม่วงทั้งผล องค์ประกอบทางกายภาพ และทางเคมี ของมะม่วง อายุ 65 วัน หลังดอกบาน

ลูกที่	ε^{*} มะม่วงทั้งผล	ความถ่วงจำเพาะ	%Moisture (peel)	%Moisture (flesh)	TSS	%TA	TSS/TA
1	5.5899	1.0039	66.8700	84.76	8.60	3.26	2.6348
2	5.5877	1.0036	70.5500	85.18	8.50	3.36	2.5298
3	5.5274	1.0618	68.4600	86.34	8.40	2.75	3.0523
4	4.9523	1.0036	73.9400	86.31	8.40	2.82	2.9830

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ข 5 (ต่อ)

5	6.3716	0.7317	71.6300	83.48	9.00	3.58	2.5112
6	7.8630	1.0129	73.1200	83.68	9.00	4.19	2.1469
7	6.2792	1.0111	66.5600	73.98	8.50	2.75	3.0887
8	5.6610	1.0148	67.8900	84.17	8.00	3.36	2.3810
9	6.0235	1.0116	70.7600	83.99	8.00	3.07	2.6042
10	6.5999	1.0038	71.0100	85.77	8.00	3.36	2.3810
11	5.8660	1.0052	74.5800	85.46	7.70	3.68	2.0924
12	6.2307	1.0039	75.1300	82.27	8.00	3.30	2.4272
13	5.8333	1.0282	68.7500	82.70	9.00	3.20	2.8125
14	5.1579	1.0104	69.4500	84.19	9.00	3.14	2.8699
15	5.4243	1.0056	74.0600	84.22	8.00	2.69	2.9762
16	5.4336	1.0046	70.2300	84.89	8.00	3.42	2.3364
17	5.7549	1.0100	69.2800	85.05	9.00	3.42	2.6285
18	6.2090	1.0034	74.3900	87.11	7.40	3.55	2.0833
19	5.8505	1.0063	70.8100	86.45	8.40	3.23	2.5990
20	6.5777	1.0034	68.6500	87.54	8.00	3.26	2.4510
21	5.5302	1.0014	70.8100	86.72	9.40	3.62	2.5996
22	6.9892	1.0124	69.3000	86.89	9.20	3.84	2.3958
23	6.9471	1.0156	74.1300	84.34	8.00	3.49	2.2936
24	5.0914	1.0004	72.8000	87.98	7.70	3.39	2.2700
25	5.0317	1.0145	69.6000	84.50	7.20	2.62	2.7439
26	4.5285	1.0030	67.4700	85.50	8.00	4.58	1.7483
27	6.3067	1.0045	68.8000	87.02	9.00	3.39	2.6533
28	5.9545	1.0030	72.3000	86.17	8.40	3.20	2.6250
29	5.5248	1.0019	70.7800	86.57	8.20	4.26	1.9267
30	6.2671	1.0023	72.0100	86.92	8.30	1.92	4.3229

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ข 5 (ต่อ)

เฉลี่ย	**5.8988**	**1.0000**	**70.8060**	**85.0050**	**8.34**	**3.32**	**2.5723**

ตารางผนวกที่ ข 6 แสดงค่า ε˚ มะม่วงทั้งผล องค์ประกอบทางกายภาพ และทางเคมี ของมะม่วง อายุ 70 วัน หลังดอกบาน

ลูกที่	ε˚มะม่วงทั้งผล	ความถ่วงจำเพาะ	%Moisture (peel)	%Moisture (flesh)	TSS	%TA	TSS/TA
1	6.3769	1.0198	76.0700	86.4700	7.40	3.49	2.1203
2	5.9095	1.0194	72.7400	83.5000	8.40	4.16	2.0192
3	5.7682	1.0166	71.9000	84.3600	9.00	2.72	3.3088
4	6.4090	1.0164	68.5200	79.5300	10.30	2.88	3.5764
5	5.7491	1.0293	73.0400	84.1100	7.60	2.53	3.0040
6	5.5661	1.0288	75.4600	89.2000	8.40	2.76	3.0490
7	5.4131	1.0277	69.9500	80.6500	9.80	2.82	3.4752
8	6.1038	1.0241	70.6700	87.0000	9.10	2.66	3.4275
9	5.6382	1.0331	68.4500	80.4100	10.20	2.40	4.2500
10	6.2300	1.0231	75.0700	86.3500	7.50	2.56	2.9297
11	5.6862	1.0214	69.3900	83.1200	9.00	2.72	3.3088
12	7.7195	1.0174	73.1300	82.2400	9.00	2.43	3.7037
13	6.3143	1.0129	72.3100	83.5000	9.00	2.56	3.5156
14	4.6147	1.0129	70.1700	79.5700	9.00	2.63	3.4286
15	6.7075	1.0127	72.6400	83.7500	7.80	2.85	2.7368
16	6.7504	1.0181	73.1800	84.4000	9.00	2.91	3.0928
17	5.9396	1.0210	72.6100	84.8400	8.40	3.27	2.5727
18	6.4526	1.0207	75.6600	88.1100	6.90	2.94	2.3469
19	5.6585	1.0268	76.0700	88.3800	6.90	2.88	2.3958
20	5.1553	0.9977	75.8200	8.7300	7.50	2.95	2.5467
21	5.9347	1.0188	75.7500	86.6300	9.00	2.69	3.3520

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ข 6 (ต่อ)

22	7.2734	1.0186	73.9900	84.4900	7.90	2.69	2.9368
23	6.4312	1.0237	70.4000	80.8200	9.00	3.14	2.8708
24	7.3658	1.0153	72.1800	82.7600	9.10	3.04	2.9934
25	5.7842	1.0200	67.0400	77.7600	14.00	2.63	5.3333
26	5.9524	1.0235	74.6500	86.6300	7.00	3.46	2.0260
27	5.7787	1.0131	70.5900	78.8300	10.60	3.11	3.4138
28	5.8849	1.0152	74.8500	85.2100	7.00	2.82	2.4867
29	5.3903	0.9154	72.6900	87.5700	8.90	2.94	3.0272
30	6.3695	1.0252	69.5900	79.7100	14.00	3.36	4.1667
เฉลี่ย	**6.0776**	**1.01629**	**72.4860**	**83.9547**	**8.89**	**2.90**	**3.1138**

ตารางผนวกที่ ข 7 แสดงค่า E˝ มะม่วงทั้งผล องค์ประกอบทางกายภาพ และทางเคมี ของมะม่วง อายุ 85 วัน หลังดอกบาน

ลูกที่	**E˝มะม่วงทั้งผล**	**ความถ่วงจำเพาะ**	**%Moisture (peel)**	**%Moisture (flesh)**	**TSS**	**%TA**	**TSS/TA**
1	6.1941	1.0114	77.2100	80.6000	10.75	1.98	5.4180
2	6.7472	1.0286	67.4900	80.8400	8.45	2.14	3.9410
3	6.2896	1.0152	72.5600	84.4700	9.35	2.37	3.9480
4	6.6464	1.0247	71.6000	82.8200	9.25	2.59	3.5690
5	6.9287	1.0167	71.6600	82.2900	9.05	2.37	3.8220
6	7.1050	1.0033	70.3700	83.0200	10.00	2.69	3.7200
7	6.6435	1.0336	70.5700	82.3800	9.65	1.98	4.8640
8	6.6655	1.0260	71.1800	76.6300	9.15	2.98	3.0750
9	6.6296	1.0282	71.5000	80.4700	13.75	2.08	6.6110
10	6.2859	1.0111	75.2200	80.7600	11.00	2.46	4.4640
11	7.6734	1.0233	73.4300	81.8000	10.25	2.30	4.4490

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ข 7 (ต่อ)

12	6.8448	1.0191	75.6700	83.3200	8.90	2.43	3.6600
13	6.3915	1.0165	69.2600	84.4200	10.60	2.21	4.8010
14	6.8022	1.0397	68.5700	84.4800	89.00	2.43	3.6600
15	5.9440	1.0174	72.3000	85.0700	8.05	2.37	3.3990
16	6.3932	1.0101	73.6400	82.8300	8.00	3.20	2.5000
17	7.1908	1.0184	69.8300	81.0600	10.10	2.24	4.5090
18	7.6568	1.0048	75.3600	81.9500	9.95	2.43	4.0910
19	7.1440	1.0037	71.5300	81.6100	9.80	2.85	3.4410
20	5.9029	1.0049	74.5700	84.2700	8.00	2.62	3.3920
21	5.7285	1.0170	71.2700	85.9200	8.40	3.74	2.2440
22	6.8578	1.0176	74.7900	83.6700	8.00	2.40	3.3330
23	7.0286	1.0250	77.4000	82.4400	7.90	2.59	3.0480
24	6.3668	1.0124	72.3200	84.6600	10.10	2.66	3.8030
25	6.8393	1.0475	73.6700	82.4200	9.85	2.59	3.8000
26	6.5116	1.0094	73.2000	82.7600	10.20	2.30	4.4270
27	6.3187	1.0245	73.0200	86.0400	8.90	2.05	4.3460
28	6.4262	1.0054	72.5800	85.2900	9.80	2.11	4.6400
29	7.2842	1.0051	72.7400	82.0400	9.20	1.76	5.2270
30	6.5228	1.0254	74.2000	82.9700	8.30	2.40	3.4580
เฉลี่ย	**6.6655**	**1.0182**	**72.6237**	**82.7620**	**9.48**	**2.44**	**3.9064**

ตารางผนวกที่ ข 8 แสดงค่า Ɛ˝ มะม่วงทั้งผล องค์ประกอบทางกายภาพ และทางเคมี ของมะม่วง 90 วัน หลังดอกบาน

ลูกที่	Ɛ˝มะม่วงทั้งผล	ความถ่วงจำเพาะ	%Moisture (peel)	%Moisture (flesh)	TSS	%TA	TSS/TA
1	10.8328	1.0489	73.4000	74.8900	18.10	0.78	23.1835
2	10.9390	1.0457	72.9800	78.1500	15.10	0.89	16.9875

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ข 8 (ต่อ)

3	9.7363	1.0372	75.7000	78.2000	16.30	0.84	19.4418
4	9.7697	1.0281	72.6700	81.6900	12.30	0.96	12.8125
5	9.1556	1.0307	74.7300	80.0700	17.30	0.70	24.7993
6	9.8811	1.0287	73.3500	80.5700	16.20	0.60	26.9282
7	9.9354	1.0459	73.8500	74.9700	19.40	0.64	30.3125
8	10.1280	1.0434	68.9100	77.9500	14.20	0.63	20.4116
9	10.2061	1.0311	72.7100	80.9200	15.10	0.64	23.5938
10	10.4205	1.0335	70.9200	80.2700	11.40	0.90	12.6329
11	9.7703	1.0229	74.1600	81.2400	15.00	1.25	12.0912
12	10.2073	1.0198	73.7300	82.0000	16.10	0.65	24.9535
13	9.9856	1.0351	75.0000	77.8600	13.60	0.86	15.7407
14	9.4391	1.0397	77.3500	77.6100	17.10	0.88	19.5027
15	9.4698	1.0361	74.4200	83.9300	15.40	0.85	18.0921
16	9.7713	1.0506	75.9700	78.3500	16.20	0.92	17.5781
17	10.2238	1.0149	72.3900	81.9700	14.00	1.29	10.8831
18	10.3196	1.0264	78.7100	81.1000	16.20	1.04	15.5291
19	10.2123	1.0355	71.2100	78.8300	13.40	1.81	7.3984
20	10.4279	1.0497	75.0100	77.5400	17.80	0.90	19.8661
21	10.0416	1.0639	74.8800	81.6700	15.80	1.11	21.6219
22	10.0468	1.0154	76.1300	81.3800	13.40	0.73	18.6369
23	10.5591	0.7242	75.0600	79.4000	16.70	0.82	17.5255
24	10.1193	1.0550	75.9900	77.1600	15.90	1.06	16.0691
25	9.5718	1.0581	74.2500	78.4800	14.40	0.62	15.3807
26	10.5114	1.3471	73.7600	78.6800	18.20	0.91	20.8902
27	9.5242	1.0123	75.0800	78.5200	14.70	0.84	23.3486
28	10.0539	1.0065	77.1600	77.4200	14.90	1.11	21.6568

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ข 8 (ต่อ)

29	10.8119	1.0165	73.2000	78.7600	15.30	0.36	17.1927
30	9.2713	1.0539	74.2600	80.0400	15.70	1.44	20.0811
เฉลี่ย	**10.0416**	**1.0352**	**74.2313**	**79.4055**	**15.51**	**0.90**	**18.6369**

ตารางผนวกที่ ข 9 แสดงลักษณะปรากฏมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 อายุ 65 วันหลังดอกบาน

ตัวอย่างที่	ลักษณะปรากฏที่สังเกตได้
1	เปลือกมีสีเขียวอ่อน เนื้อมีสีขาว แข็งและเนียน
2	เปลือกมีสีเขียวอ่อน เนื้อมีสีขาว แข็งและเนียน
3	เปลือกมีสีเขียวอ่อน เนื้อมีสีขาว แข็ง เนียน และมีผลใหญ่
4	เปลือกมีสีเขียวอ่อน เนื้อมีสีขาว แข็งและเนียน
5	เปลือกมีสีเขียวอ่อน เนื้อมีสีขาวอมเหลือง แข็งเนียน และมีผลเล็ก
6	เปลือกมีสีเขียวอ่อน เนื้อมีสีขาว แข็งและขรุขระ
7	เปลือกมีสีเขียวอ่อน เนื้อมีสีขาว แข็งและขรุขระ
8	เปลือกมีสีเขียวอ่อน เนื้อมีสีขาว แข็งและขรุขระ
9	เปลือกมีสีเขียวอ่อน เนื้อมีสีขาว แข็งและขรุขระ
10	เปลือกมีสีเขียวอ่อน เนื้อมีสีขาว แข็งและเนียน
11	เปลือกมีสีเขียวอ่อน เนื้อมีสีขาว แข็งและเนียน
12	เปลือกมีสีเขียวอ่อน เนื้อมีสีขาว แข็งและเนียน
13	เปลือกมีสีเขียวอ่อน เนื้อมีสีขาว แข็งและเนียน
14	เปลือกมีสีเขียวอ่อน เนื้อมีสีขาว แข็งและเนียน
15	เปลือกมีสีเขียวอ่อน เนื้อมีสีขาว แข็งและเนียน ผลเล็ก
16	เปลือกมีสีเขียวอ่อน เนื้อมีสีขาว แข็งและเนียน
17	เปลือกมีสีเขียวอ่อน เนื้อมีสีขาว แข็งและเนียน
18	เปลือกมีสีเขียวอ่อน เนื้อมีสีขาว แข็งและเนียน
19	เปลือกมีสีเขียวอ่อน เนื้อมีสีขาวอมเหลือง แข็งและเนียน
20	เปลือกมีสีเขียวอ่อน เนื้อมีสีขาว แข็งและเนียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ข 9 (ต่อ)

ตัวอย่างที่	ลักษณะปรากฏที่สังเกตได้
21	เปลือกมีสีเขียวอ่อนอมเหลือง เนื้อมีสีขาวอมเหลือง แข็งและเนียน
22	เปลือกมีสีเขียวอ่อน เนื้อมีสีขาว แข็งและเนียน
24	เปลือกมีสีเขียวอ่อนอมเหลือง เนื้อมีสีขาว แข็งและเนียน
25	เปลือกมีสีเขียวอ่อน เนื้อมีสีขาว แข็งและเนียน
26	เปลือกมีสีเขียวอ่อน เนื้อมีสีขาว แข็งและเนียน
27	เปลือกมีสีเขียวอ่อน เนื้อมีสีขาว แข็งและเนียน
28	เปลือกมีสีเขียวอ่อน เนื้อมีสีขาว แข็งและเนียน
29	เปลือกมีสีเขียวอ่อน เนื้อมีสีขาว แข็งและเนียน
30	เปลือกมีสีเขียวอ่อน เนื้อมีสีขาว แข็งและเนียน

ตารางผนวกที่ ข 10 แสดงลักษณะปรากฏมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 อายุ 70 วันหลังดอกบาน

ตัวอย่างที่	ลักษณะปรากฏที่สังเกตได้
1	เปลือกมีสีเขียวปนเหลือง เนื้อมีสีขาว และแข็ง
2	เปลือกมีสีเขียวปนเหลือง เนื้อมีสีขาว และแข็ง
3	เปลือกมีสีเขียวปนเหลือง เนื้อมีสีขาว และแข็ง
4	เปลือกมีสีเขียวปนเหลือง เนื้อมีสีขาว และแข็ง
5	เปลือกมีสีเขียวปนเหลือง เนื้อมีสีขาว และแข็ง
6	เปลือกมีสีเขียวเข้ม เนื้อมีสีเขียว และ แข็ง
7	เปลือกมีสีเขียวปนเหลือง เนื้อมีสีเหลืองเล็กน้อย และแข็ง
8	เปลือกมีสีเขียว เนื้อมีสีขาว และแข็ง
9	เปลือกมีสีเขียวปนเหลือง เนื้อมีสีเหลืองเล็กน้อย และแข็ง
10	เปลือกมีสีเหลืองอ่อน เนื้อมีสีขาว และแข็ง
11	เปลือกมีสีเขียว เนื้อมีสีขาว และแข็ง
12	เปลือกมีสีเขียว เนื้อมีสีขาว และแข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ข 10 (ต่อ)

ตัวอย่างที่	ลักษณะปรากฏที่สังเกตได้
13	เปลือกมีสีเขียว เนื้อมีสีขาว และแข็ง
14	เปลือกมีสีเขียว เนื้อมีสีเหลืองเล็กน้อย และแข็ง
15	เปลือกมีสีเขียวปนเหลือง เนื้อมีสีขาวปนเหลือง และแข็ง
16	เปลือกมีสีเขียว เนื้อมีสีขาว และแข็ง
17	เปลือกมีสีเขียว เนื้อมีสีขาว และแข็ง
18	เปลือกมีสีเขียวปนเหลือง เนื้อมีสีขาว และแข็ง
19	เปลือกมีสีเหลืองอ่อน เนื้อมีสีขาว และแข็ง
20	เปลือกมีสีเขียวปนเหลือง เนื้อมีสีขาว และแข็ง
21	เปลือกมีสีเขียวปนเหลือง เนื้อมีสีขาว และแข็ง
22	เปลือกมีสีเหลืองอ่อน เนื้อมีสีขาว และแข็ง
23	เปลือกมีสีเขียวปนเหลือง เนื้อมีสีขาว และแข็ง
24	เปลือกมีสีเขียวปนเหลือง เนื้อมีสีขาวปนเหลือง และแข็ง
25	เปลือกมีสีเหลืองอ่อน เนื้อมีสีเหลือง และนิ่มเล็กน้อย
26	เปลือกมีสีเหลืองอ่อน เนื้อมีสีขาว และแข็ง
27	เปลือกมีสีเขียวปนเหลือง เนื้อมีสีขาวปนเหลือง และแข็ง
28	เปลือกมีสีเขียวปนเหลือง เนื้อมีสีขาว และแข็ง
29	เปลือกมีสีเขียวปนเหลือง เนื้อมีสีขาว และแข็ง
30	เปลือกมีสีเหลืองอ่อน เนื้อมีสีเหลือง และนิ่มเล็กน้อย

ตารางผนวกที่ ข 11 แสดงลักษณะปรากฏมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 อายุ 85 วันหลังดอกบาน

ตัวอย่างที่	ลักษณะปรากฏที่สังเกตได้
1	เปลือกมีสีเขียวปนเหลือง เนื้อมีสีขาว และแข็ง
2	เปลือกมีสีเหลืองปนเขียว เนื้อมีสีเหลืองเล็กน้อย และแข็ง
3	เปลือกมีสีเขียว เนื้อมีสีขาว และแข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ข 11 (ต่อ)

ตัวอย่างที่	ลักษณะปรากฏที่สังเกตได้
4	เปลือกมีสีเขียวปนเหลือง เนื้อมีสีขาว และแข็ง
5	เปลือกมีสีเหลืองปนเขียว เนื้อมีสีเหลืองเล็กน้อย และแข็ง
6	เปลือกมีสีเหลืองปนเขียว เนื้อมีสีเหลืองเล็กน้อย และนิ่มเล็กน้อย
7	เปลือกมีสีเหลืองปนเขียว เนื้อมีสีเหลืองเล็กน้อย และนิ่มเล็กน้อย
8	เปลือกมีสีเหลืองปนเขียว เนื้อมีสีเหลืองเล็กน้อย และนิ่มเล็กน้อย
9	เปลือกมีสีเขียว เนื้อมีสีขาว และแข็ง
10	เปลือกมีสีเหลืองปนเขียว เนื้อมีสีเหลืองเล็กน้อย และแข็ง
11	เปลือกมีสีเหลืองปนเขียว เนื้อมีสีเหลืองเล็กน้อย และแข็ง
12	เปลือกมีสีเหลืองปนเขียว เนื้อมีสีเหลืองเล็กน้อย และแข็ง
13	เปลือกมีสีเขียวปนเหลือง เนื้อมีสีขาว และแข็ง
14	เปลือกมีสีเขียวปนเหลือง เนื้อมีสีขาว และแข็ง
15	เปลือกมีสีเขียวปนเหลือง เนื้อมีสีขาว และแข็ง
16	เปลือกมีสีเขียวปนเหลือง เนื้อมีสีขาว และแข็ง
17	เปลือกมีสีเหลืองปนเขียว เนื้อมีสีเหลืองเล็กน้อย และแข็ง
18	เปลือกมีสีเขียวปนเหลือง เนื้อมีสีขาว และแข็ง
19	เปลือกมีสีเขียว เนื้อมีสีขาว และแข็ง
20	เปลือกมีสีเขียวปนเหลือง เนื้อมีสีขาว และแข็ง
21	เปลือกมีสีเขียวปนเหลือง เนื้อมีสีขาว และแข็ง
22	เปลือกมีสีเขียวปนเหลือง เนื้อมีสีขาว และแข็ง
23	เปลือกมีสีเขียวปนเหลือง เนื้อมีสีขาว และแข็ง
24	เปลือกมีสีเขียวปนเหลือง เนื้อมีสีขาว และแข็ง
25	เปลือกมีสีเขียวปนเหลือง เนื้อมีสีขาว และแข็ง
26	เปลือกมีสีเหลืองปนเขียว เนื้อมีสีเหลืองเล็กน้อย และแข็ง
27	เปลือกมีสีเขียวปนเหลือง เนื้อมีสีขาว และแข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ข 11 (ต่อ)

ตัวอย่างที่	ลักษณะปรากฏที่สังเกตได้
28	เปลือกมีสีเขียว เนื้อมีสีขาว และแข็ง
29	เปลือกมีสีเหลืองปนเขียว เนื้อมีสีเหลืองเล็กน้อย และแข็ง
30	เปลือกมีสีเขียว เนื้อมีสีขาว และแข็ง

ตารางผนวกที่ ข 12 แสดงลักษณะปรากฏมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 อายุ 90 วันหลังดอกบาน

ตัวอย่างที่	ลักษณะปรากฏที่สังเกตได้
1	เปลือกมีสีเหลืองอมเขียว เนื้อมีสีเหลือง แข็ง และเนียน
2	เปลือกมีสีเขียวอมเหลืองเล็กน้อย เนื้อมีสีเหลืองอ่อน และเนียน
3	เปลือกมีสีเขียวอมเหลืองเล็กน้อย เนื้อมีสีเหลืองอ่อน แข็งและเนียน
4	เปลือกมีสีเขียวอมเหลืองเล็กน้อย เนื้อมีสีเหลืองเข้ม และนิ่ม
5	เปลือกมีสีเขียวอมเหลืองเล็กน้อย เนื้อมีสีเหลืองเข้ม และเนียน
6	เปลือกมีสีเขียวอมเหลืองเล็กน้อย เนื้อมีสีเหลืองเข้ม และเนียน
7	เปลือกมีสีเหลืองอมเขียว เนื้อมีสีเหลือง แข็ง และเนียน
8	เปลือกมีสีเขียวอมเหลืองเล็กน้อย เนื้อมีสีเหลืองอ่อน แข็งและเนียน
9	เปลือกมีสีเขียวอมเหลือง เนื้อมีสีขาวอมเหลือง แข็ง และเนียน
10	เปลือกมีสีเขียวอมเหลือง เนื้อมีสีขาวอมเหลือง แข็ง และเนียน
11	เปลือกมีสีเขียวอมเหลือง เนื้อมีสีขาวอมเหลือง แข็งปานกลางและเนียน
12	เปลือกมีสีเขียวอมเหลืองเล็กน้อย เนื้อมีสีเหลืองอ่อน แข็งและเนียน
13	เปลือกมีสีเหลืองอมเขียว เนื้อมีสีเหลืองอ่อนๆ แข็ง และเนียน
14	เปลือกมีสีเหลืองอมเขียว เนื้อมีสีเหลืองอ่อนๆ แข็ง และเนียน
15	เปลือกมีสีเหลืองอมเขียว เนื้อมีสีเหลืองอ่อนๆ แข็งปานกลาง และเนียน
16	เปลือกมีสีเหลืองอมเขียว เนื้อมีสีเหลืองอ่อนๆ แข็ง และเนียน
17	เปลือกมีสีเขียวอมเหลืองเล็กน้อย เนื้อมีสีเหลืองเข้ม นิ่มและเนียน
18	เปลือกมีสีเขียวอมเหลืองเล็กน้อย เนื้อมีสีเหลืองเข้ม และเนียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ข 12 (ต่อ)

ตัวอย่างที่	ลักษณะปรากฏที่สังเกตได้
19	เปลือกมีสีเขียวอมเหลืองเล็กน้อย เนื้อมีสีเหลืองอ่อน แข็งและเนียน
20	เปลือกมีสีเขียวอมเหลืองเล็กน้อย เนื้อมีสีเหลืองอ่อน แข็งและเนียน
21	เปลือกมีสีเขียวอมเหลืองเล็กน้อย เนื้อมีสีเหลืองเข้ม นิ่มและเนียน
22	เปลือกมีสีเขียวอมเหลือง เนื้อมีสีขาวอมเหลือง แข็งปานกลางและเนียน
23	เปลือกมีสีเหลืองอมเขียว เนื้อมีสีเหลืองอ่อนๆ แข็ง และเนียน
24	เปลือกมีสีเขียวอมเหลืองเล็กน้อย เนื้อมีสีเหลืองเข้ม และเนียน
25	เปลือกมีสีเหลืองอมเขียว เนื้อมีสีเหลืองอ่อนๆ แข็ง และเนียน
26	เปลือกมีสีเขียวอมเหลือง เนื้อมีสีขาวอมเหลือง แข็งปานกลางและเนียน
27	เปลือกมีสีเขียวอมเหลืองเล็กน้อย เนื้อมีสีเหลืองอ่อน แข็งและเนียน
28	เปลือกมีสีเขียวอมเหลืองเล็กน้อย เนื้อมีสีเหลืองเข้ม นิ่มและเนียน
29	เปลือกมีสีเขียวอมเหลือง เนื้อมีสีขาวอมเหลือง แข็งปานกลางและเนียน
30	เปลือกมีสีเขียวอมเหลืองเล็กน้อย เนื้อมีสีเหลืองอ่อน แข็งและเนียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ข 13 ANOVA TABLE การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงค่า ε ของมะม่วงทั้งผลเมื่อผลมะม่วงแก่เพิ่มขึ้น

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: ε

Source	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	339.295(a)	3	113.098	360.276	.000
Intercept	6170.549	1	6170.549	19656.392	.000
Day	339.295	3	113.098	360.276	.000
Error	36.415	116	.314		
Total	6546.259	120			
Corrected Total	375.709	119			

a R Squared = .903 (Adjusted R Squared = .901)

ε

	Day	N	Subset		
		1	2	3	1
Duncan(a,b)	65.00	30	5.8988		
	70.00	30	6.0776		
	85.00	30		6.6655	
	90.00	30			10.0416
	Sig.		.219	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = .314.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 30.000.

b Alpha = .05.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ข 14 ANOVA TABLE การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity) เมื่อผลมะม่วงแก่เพิ่มขึ้น

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Specific gravity

Source	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.019(a)	3	.006	7.558	.000
Intercept	124.215	1	124.215	150774.582	.000
Day	.019	3	.006	7.558	.000
Error	.096	116	.001		
Total	124.329	120			
Corrected Total	.114	119			

a R Squared = .164 (Adjusted R Squared = .142)

Specific gravity

	Day	N	Subset		
		1	2	3	1
Duncan(a,b)	65.00	30	1.0000		
	70.00	30		1.0163	
	85.00	30		1.0182	
	90.00	30			1.0352
	Sig.		1.000	.797	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = .001.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 30.000.

b Alpha = .05.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ข 15 ANOVA TABLE การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเปลือกมะม่วงเมื่อผลมะม่วงแก่เพิ่มขึ้น

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: %moisture(peel)

Source	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	176.317(a)	3	58.772	11.372	.000
Intercept	631389.612	1	631389.612	122166.749	.000
Day	176.317	3	58.772	11.372	.000
Error	599.518	116	5.168		
Total	632165.447	120			
Corrected Total	775.835	119			

a R Squared = .227 (Adjusted R Squared = .207)

%moisture(peel)

	Day	N	Subset		
		1	2	3	1
Duncan(a,b)	65.00	30	70.8060		
	70.00	30		72.4860	
	85.00	30		72.6237	
	90.00	30			74.2313
	Sig.		1.000	.815	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 5.168.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 30.000.

b Alpha = .05.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ข 16 ANOVA TABLE การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเนื้อมะม่วงเมื่อผลมะม่วงแก่เพิ่มขึ้น

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: %moisture(flesh)

Source	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	504.472(a)	3	168.157	3.185	.026
Intercept	809217.871	1	809217.871	15326.834	.000
Day	504.472	3	168.157	3.185	.026
Error	6124.505	116	52.797		
Total	815846.848	120			
Corrected Total	6628.977	119			

a R Squared = .076 (Adjusted R Squared = .052)

%moisture(flesh)

	Day	N	Subset	
		1	2	1
Duncan(a,b)	90.00	30	79.4055	
	70.00	30	81.2877	81.2877
	85.00	30	82.7767	82.7767
	65.00	30		85.0050
	Sig.		.092	.063

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 52.797.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 30.000.

b Alpha = .05.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ข 17 ANOVA TABLE การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้(%TSS) ของเนื้อมะม่วงเมื่อผลมะม่วงแก่เพิ่มขึ้น

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: TSS

Source	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	987.725(a)	3	329.242	6.038	.001
Intercept	15097.633	1	15097.633	276.882	.000
Day	987.725	3	329.242	6.038	.001
Error	6325.172	116	54.527		
Total	22410.531	120			
Corrected Total	7312.898	119			

a R Squared = .135 (Adjusted R Squared = .113)

%TSS

	day	N	Subset	
		1	2	1
Duncan(a,b)	65.00	30	8.3433	
	70.00	30	8.8900	
	85.00	30	12.1233	12.1233
	90.00	30		15.5100
	Sig.		.062	.078

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 54.527.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 30.000.

b Alpha = .05.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ข 18 ANOVA TABLE การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์ความเป็นกรด(%TA) ของเนื้อมะม่วงเมื่อผลมะม่วงแก่เพิ่มขึ้น

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: %TA

Source	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	100.537(a)	3	33.512	219.036	.000
Intercept	686.648	1	686.648	4487.929	.000
Day	100.537	3	33.512	219.036	.000
Error	17.748	116	.153		
Total	804.932	120			
Corrected Total	118.285	119			

a R Squared = .850 (Adjusted R Squared = .846)

%TA

	day	N	Subset			
		1	2	3	4	1
Duncan(a,b)	90.00	30	.9010			
	85.00	30		2.4440		
	65.00	30			2.9000	
	70.00	30				3.3233
	Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = .153.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 30.000.

b Alpha = .05.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ข 19 ANOVA TABLE การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำได้กับเปอร์เซ็นต์ความเป็นกรด (TSS/TA)ของเนื้อมะม่วงเมื่อผลมะม่วงแก่เพิ่มขึ้น

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: TSS/TA

Source	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	5382.838(a)	3	1794.279	289.936	.000
Intercept	6042.565	1	6042.565	976.411	.000
Day	5382.838	3	1794.279	289.936	.000
Error	717.871	116	6.189		
Total	12143.274	120			
Corrected Total	6100.709	119			

a R Squared = .882 (Adjusted R Squared = .879)

TSS/TA

	Day	N	Subset			
		1	2	3	4	1
Duncan(a,b)	90.00	30	.9010			
	85.00	30		2.4440		
	65.00	30			2.9000	
	70.00	30				3.3233
	Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 6.189.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 30.000.

b Alpha = .05.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นางสาวฝนทิพย์ อภิบาลเกียรติกุล เกิดเมื่อวันที่ 9 ธันวาคม 2528 ภูมิลำเนาจังหวัดนราธิวาส สำเร็จการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนคณะราษฎรบำรุง จังหวัดยะลา ปีการศึกษา 2546 สำเร็จการศึกษาปริญญาตรี ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2550

นางสาวธนาพร ศิรินาวี เกิดเมื่อวันที่ 19 มกราคม 2529 ภูมิลำเนาจังหวัดราชบุรี สำเร็จการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนดรุณาราชบุรี จังหวัดราชบุรี ปีการศึกษา 2546 สำเร็จการศึกษาปริญญาตรี ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้