สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การตรวจสอบคุณภาพระหว่างกระบวนการสุกของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ด้วยเทคนิคไมโครเวฟ

(Determination quality of Mango fruits cv. Nam Dok Mai during ripening process by microwave technique)

จัดทำโดย

1. นางสาวกัญญามาศ ขจรศักดิ์วรกุล รหัสนักศึกษา 47040187
2. นางสาวญดา ชินารักษ์ รหัสนักศึกษา 47040196
3. นายบุริมภัทร สุขโชคพานิช รหัสนักศึกษา 47041096

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

ระจิตร สุวพานิช ..... 24 / มีค / 2551

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

(ดร. ระจิตร สุวพานิช)

ก 3847 ก
2550
เลขหมู่ 85423
เลขทะเบียน
วัน,เดือน,ปี 11 พ.ย. 2551
b 12010108
i

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กัญญามาศ ขจรศักดิ์วรกุล, ญดา ชินารักษ์ และบุริมภัทร สุขโชคพานิช. 2550 : การตรวจสอบคุณภาพระหว่างกระบวนการสุกของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ด้วยเทคนิคไมโครเวฟ Determination quality of Mango fruits cv. Nam Dok Mai during ripening process by microwave technique. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร.ระจิตร สุวพานิช

บทคัดย่อ

มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เป็นผลไม้ที่รับประทานสุก ซึ่งจะต้องเก็บเกี่ยวในขณะที่ผลดิบจนถึงระยะแก่จัดจึงจะได้คุณภาพหลังกระบวนการสุกที่ดี อย่างไรก็ตามปัญหาที่สำคัญในการบริโภคมะม่วงที่รับประทานสุก คือการแยกระดับความสุกของมะม่วงให้ได้ตามความต้องการของผู้บริโภค เนื่องจากสีของเปลือกมะม่วงไม่สามารถบอกระดับความสุกของมะม่วงได้ จึงทำให้ยากต่อการคัดแยกระดับความสุกของมะม่วงได้ ดังนั้นจึงได้มีการนำเทคนิคไมโครเวฟมาช่วยในการคัดแยกระดับความสุกของมะม่วงแบบไม่ทำลาย โดยเลือกความถี่ในการตรวจสอบที่ 2.00 – 3.00 GHz

ผลจากการวัดค่า ε' (ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก หรือ Dielectric Constant ของวัตถุ) และค่า ε'' (ค่าแฟ็คเตอร์การสูญเสีย (Loss factor) ของวัตถุ) การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางกายภาพและเคมีของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่มีอายุการเก็บเกี่ยวหลังดอกบาน 90 วัน) แล้วนำมาบ่มให้สุกที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 6 วัน และตรวจวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทุก ๆ 2 วัน พบว่าค่า ε', ε'' ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (TSS) และปริมาณความชื้นของเปลือกและเนื้อของมะม่วง มีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการสุกของผล ในขณะที่เปอร์เซ็นต์ของกรดที่ไตเตรตได้มีค่าลดลงตามระยะการสุก และจากการหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่า ε' , ค่า ε'' กับองค์ประกอบทางเคมี พบว่า สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่า ε' กับค่า TSS เป็นสมการที่ดีที่สุดในการตรวจสอบคุณภาพความสุกของมะม่วง โดยมีความสัมพันธ์แบบกราฟเส้นตรง มีค่าทางสมการ $y = 3.4214x - 64.111$ และมีค่า $R^2 = 0.9397$ เมื่อคำนวณหาค่าความผิดพลาดทางสมการ มีค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างเฉลี่ยน้อยกว่า 5 เปอร์เซ็นต์

ลายมือชื่อนักศึกษา	ลายมือชื่ออาจารย์	วัน/เดือน/ปี
		24/3/51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปัญหาพิเศษในหัวข้อเรื่อง การตรวจสอบคุณภาพระหว่างกระบวนการสุกของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ด้วยเทคนิคไมโครเวฟ ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีนั้น เนื่องจากมี ดร.ระจิตร สุวพานิช เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา คอยให้คำแนะนำ และข้อเสนอแนะต่างๆ ช่วยแก้ไขให้รายงานฉบับนี้ให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น และยังมี ศ.ดร.โมไนย ไกรฤกษ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา (พิเศษ) รวมทั้งคุณจิรัฏฐ์ เหมือนชู คอยให้คำแนะนำในขั้นตอนการทำการทดลอง และข้อเสนอแนะต่างๆ จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

สุดท้ายก็ต้องขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ให้กำลังใจและกำลังทรัพย์ในการทำงานนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และขอขอบคุณเพื่อนๆทุกคนที่คอยให้คำแนะนำ ตลอดจนความช่วยเหลือต่างๆที่ทำให้งานสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ญดา ชินารักษ์
บุริมภัทร สุขโชคพานิช
กัญญามาศ ขจรศักดิ์วรกุล
19 มีนาคม 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญภาพ	จ
สารบัญตาราง	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
วัตถุประสงค์	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	3
2.1 มะม่วงน้ำดอกไม้	4
2.2 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างกระบวนการสุกของมะม่วง	5
2.3 การตรวจสอบคุณภาพของผลิตผลทางการเกษตร	7
2.4 คลื่นไมโครเวฟ	7
2.5 เทคนิคการตรวจสอบคุณภาพแบบไม่ทำลายตัวอย่างวิธีอื่น ๆ	11
บทที่ 3 วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง	12
3.1 วัตถุดิบ และการเตรียมวัตถุดิบ	12
3.2 สารเคมี	12
3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือ	12
3.4 วิธีการทดลอง	13
บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง	15
4.1 การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ	15
4.1.1 การสูญเสียน้ำหนัก	15
4.1.2 การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก	16
4.1.3 การเปลี่ยนแปลงสีเนื้อ	17
4.1.4 การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเปลือกมะม่วง	19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

4.1.5 การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเนื้อมะม่วง 20

4.2 การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมี 21

4.2.1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 21
(Total Soluble Solid ; TSS)

4.2.2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ 22
(Titratable Acidity ; TA)

4.2.3 การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ 23
ได้ทั้งหมดกับปริมาณกรดที่ไทเทรตได้(TSS/TA)

4.3 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของมะม่วง 24

4.3.1 ค่า ε' ของมะม่วงทั้งผล 24

4.3.2 ค่า ε'' ของมะม่วงทั้งผล 25

4.3.3 ค่า ε' ของมะม่วงที่ปอกเปลือก 26

4.3.4 ค่า ε'' ของมะม่วงที่ปอกเปลือก 27

4.3.5 การหาความสัมพันธ์ระหว่าง ε' กับเปอร์เซ็นต์ 28
ความชื้นของเนื้อมะม่วง

4.3.6 การหาความสัมพันธ์ระหว่าง ε' กับเปอร์เซ็นต์ 29
ความชื้นของเปลือกมะม่วง

4.3.7 การหาความสัมพันธ์ระหว่าง ε' กับ %TSS ของมะม่วง 30

4.3.8 การหาความสัมพันธ์ระหว่าง ε' กับ %TA ของมะม่วง 31

4.3.9 การหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า ε' กับ TSS/TA ของมะม่วง 32

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง 33

ข้อเสนอแนะ 34

เอกสารอ้างอิง 35

ภาคผนวก 38

ประวัติผู้เขียน 40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 ลักษณะมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4	4
ภาพที่ 2 การหมุนของไดโพล เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของสนามไฟฟ้า	9
ภาพที่ 3 แสดงคลื่นสะท้อนและส่วนของคลื่นที่ส่งผ่าน ณ จุดรอยต่อของตัวกลางไดอิเล็กตริกต่างกัน	10
ภาพที่ 4 แสดงการสูญเสียน้ำหนักของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	15
ภาพที่ 5 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า a และ b สีเปลือกของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ เมื่อเก็บรักษาที่ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	17
ภาพที่ 6 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า a และ b สีเนื้อของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	18
ภาพที่ 7 แสดงการเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเปลือกมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	19
ภาพที่ 8 แสดงการเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเนื้อมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	20
ภาพที่ 9 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของมะม่วงพันธ์น้ำดอกไม้ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	21
ภาพที่ 10 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณ Titratable Acidity (TA) ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	22
ภาพที่ 11 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณ TSS/TA ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	23
ภาพที่ 12 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า ε' ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ทั้งผล เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศา เซลเซียส	24
ภาพที่ 13 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า ε'' ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ทั้งผล เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	25
ภาพที่ 14 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า ε' ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ ที่ปอกเปลือก เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ25 องศาเซลเซียส	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

หน้า

ภาพที่15 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า ε'' ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ ที่ปอกเปลือก เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส 27

ภาพที่ 16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าε' และเปอร์เซ็นต์ ความชื้นของเนื้อมะม่วงพันธ์น้ำดอกไม้เบอร์สี่ 28

ภาพที่ 17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าε' และเปอร์เซ็นต์ ความชื้นของเปลือกมะม่วงพันธ์น้ำดอกไม้เบอร์สี่ 29

ภาพที่ 18 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ε' กับ %TSS ของมะม่วงพันธ์ น้ำดอกไม้เบอร์สี่ 30

ภาพที่ 19 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า ε' และค่า %TA ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์สี่ 31

ภาพที่ 20 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าε' และค่า TSS/TA ของมะม่วงพันธ์น้ำดอกไม้เบอร์สี่ 32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 ค่าไดอิเล็กตริกของสารบางชนิด	8
ตารงผนวกที่ 1 ตารางผนวกที่ 1 ค่า ε′, ε″ของมะม่วงทั้งผล	39
ค่า ε′, ε″ของมะม่วงที่ปอกเปลือก, การสูญเสียน้ำหนัก	
ความชื้นเปลือกและเนื้อ, TSS, TA, TSS/TA	
สีผิวเปลือกและเนื้อของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4	
8	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

มะม่วงเป็นผลไม้เมืองร้อนที่รู้จักและปลูกกันทั่วทุกภูมิภาคของประเทศไทย สามารถแบ่งมะม่วงตามลักษณะการบริโภค เป็น 3 กลุ่ม คือ มะม่วงสำหรับรับประทานผลดิบ เช่น พิมเสนมัน แรด เขียวเสวย มันหนองแซง ฟ้าลั่น มะม่วงสำหรับรับประทานผลสุก เช่น อกร่อง น้ำดอกไม้ หนังกลางวัน ทองดำ และมะม่วงที่ปลูกเพื่อการอุตสาหกรรมแปรรูปผลไม้ เช่น มะม่วงแก้ว มะม่วงจัดเป็นผลไม้ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศ ในปี พ.ศ. 2549 มีปริมาณส่งออกในรูปผลสดและแช่แข็งเป็นอันดับที่ 4 รองจาก ทุเรียน ลำไย และสับปะรด (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2550) ตลาดที่ส่งออกมีทั้งตลาดเอเชีย เช่น มาเลเซีย ฮ่องกง สิงคโปร์ ญี่ปุ่น ไต้หวัน ตลาดยุโป เช่น ฝรั่งเศส อังกฤษ เยอรมัน สวีเดน และเนเธอร์แลนด์ และตลาดอื่นๆ เช่น ประเทศสหรัฐอเมริกา แคนาดา และออสเตรเลีย (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2537)แต่เนื่องจากในการส่งออกมะม่วงไปยังต่างประเทศนั้นยังพบปัญหาต่างๆ อยู่บ้าง เช่น แมลงวันผลไม้เจาะเข้าไปในผล จึงมักทำให้มะม่วงมีอายุการเก็บรักษาสั้น มักเน่าเสียก่อนนำไปจำหน่าย ตลอดจนคุณภาพระหว่างการสุกไม่มีความสม่ำเสมอ รวมทั้งผู้บริโภคมีความต้องการที่จะบริโภคมะม่วงที่มีคุณภาพและรสชาติ ตามความต้องการแตกต่างกันออกไป เช่น มะม่วงที่มีรสชาติหวาน มะม่วงทีมีรสชาติเปรี้ยว ซึ่งวิธีที่ใช้ในการตรวจวิเคราะห์คุณภาพของมะม่วงสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (Total Soluble Solids; TSS) และการวัดปริมาณกรดไตเตรทได้(Titratable Acidity; TA) เป็นต้น แต่วิธีการตรวจวิเคราะห์คุณภาพทั้ง 2 แบบนี้ จัดเป็นวิธีตรวจวิเคราะห์คุณภาพแบบทำลายตัวอย่าง ทำให้เกิดความสูญเสียแก่ผลผลิต

ปัจจุบันจึงได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีต่างๆขึ้นมาเพื่อนำมาใช้ในการตรวจวิเคราะห์คุณภาพของผลผลิต เช่น การใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโกปี (Near-infrared Spectroscopy, NIRS) ที่นำมาใช้ ใน การคัดแยกความอ่อนแก่ของผลไม้ การใช้เทคนิคไมโครเวฟที่นำมาใช้ในการคัดแยกมังคุดมังคุดเนื้อแก้ว เป็นต้น วิธีการตรวจวิเคราะห์คุณภาพทั้ง 2 แบบนี้นอกจากสามารถตรวจวิเคราะห์คุณภาพของผลผลิตได้แล้ว ยังเป็นวิธีการตรวจวิเคราะห์คุณภาพที่ไม่ทำลายตัวอย่างที่ใช้ในการตรวจวิเคราะห์อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาถึงความเป็นไปได้ของเทคนิคไมโครเวฟในการตรวจสอบคุณภาพระหว่างกระบวนการสุกของมะม่วง

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- **สามารถตรวจสอบระดับความสุกของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ได้**
- **เป็นการลดการสูญเสียตัวอย่างโดยไม่จำเป็นเนื่องจากเป็นวิธีการตรวจวิเคราะห์คุณภาพแบบไม่ทำลายตัวอย่าง**
- **สามารถนำไปพัฒนาการประยุกต์ใช้เทคนิคไมโครเวฟในการตรวจวัดผลิตผลทางการเกษตรชนิดอื่นๆ**
- **เป็นแหล่งข้อมูลสำหรับงานวิจัยในอนาคต**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

มะม่วง เป็นผลไม้ในเขตร้อน อยู่ในวงศ์ Anacardiaceae มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ (*Manaifera indica* Linn.) ชื่อสามัญ Mango, Mango tree (วิจิตร, 2529) มีแหล่งกำเนิดในประเทศอินเดีย และประเทศในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ได้แก่ ไทย พม่า และมาเลเซีย (Salunkhe and Desai, 1984)ประกอบด้วยหลายสายพันธุ์ มะม่วงเป็นไม้ผลยืนต้นไม่ผลัดใบ ลำต้นขนาดกลางถึงใหญ่ สูงประมาณ 10- 40 เมตร ใบเป็นรูปหอก หนา ผิวใบด้านบนเรียบเป็นมัน สีเขียวเข้ม ด้านล่างไม่เป็นมันสีอ่อนกว่าด้านบน ใบอ่อนมีสีม่วงถึงสีม่วงเข้ม มะม่วงเป็นพืชที่ปลูกเพื่อรับประทานผลและผลที่ได้นั้น สามารถรับประทานได้ทั้งดิบและสุก มะม่วงสามารถปลูก และผลิดอกออกผลได้ดีในพื้นที่ทุกจังหวัด และทุกภาคของประเทศ แต่จะให้ผลแตกต่างกันไปตามสภาพของท้องที่ สำหรับประเทศไทยในปี 2544 มีพื้นที่เพาะปลูกรวม 2,184,518 ไร่ คิดเป็นพื้นที่เก็บเกี่ยวทั้งหมด 1,718,217 ไร่ โดยพันธุ์ที่มีพื้นที่เก็บเกี่ยวมากที่สุด ได้แก่ พันธุ์เขียวเสวย 453,160 ไร่ รองลงมาเป็นพันธุ์แก้ว 394,537 ไร่ พันธุ์น้ำดอกไม้ 285,724 ไร่ พันธุ์อกร่อง 132,971 ไร่ และพันธุ์โชคอนันต์ 25,565 ไร่ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2547) มะม่วงหลายพันธุ์ยังเป็นผลไม้ที่ตลาดต่างประเทศต้องการอีกด้วย อย่างไรก็ตาม การปลูกมะม่วงแบบเป็นการค้านั้น จะต้องศึกษาถึงสภาพความเหมาะสมต่าง ๆ หลายประการด้วยกัน ผู้ปลูกจะต้องเลือกพื้นที่ให้เหมาะสมด้วย เพื่อให้ประหยัดต้นทุนในการผลิต ตลอดจนสามารถผลิตผลมะม่วงที่มีคุณภาพออกสู่ตลาดได้

สามารถแบ่งมะม่วงตามลักษณะการบริโภค เป็น 3 กลุ่ม คือ

(1) มะม่วงสำหรับรับประทานผลดิบ เช่น พิมเสนมัน แรด เขียวเสวย มันหนองแซง ฟ้าลั่น เป็นต้น

(2) มะม่วงสำหรับรับประทานผลสุก เช่น อกร่อง น้ำดอกไม้ หนังกลางวัน ทองดำ เป็นต้น

(3) มะม่วงที่ปลูกเพื่อการอุตสาหกรรมแปรรูปผลไม้

- มะม่วงสำหรับดอง เช่น มะม่วงแก้ว เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1 มะม่วงน้ำดอกไม้

มะม่วงน้ำดอกไม้เป็นมะม่วงประเภทรับประทานสุก มีการเจริญเติบโตรวดเร็ว ติดผลปานกลาง ให้ผลทุกปี มีลักษณะผลขนาดโตปานกลาง น้ำหนักผลประมาณ 200- 500 กรัม ทรงผลเป็นรูปไข่ค่อนข้างยาว ด้านขั้วอวบอูม ส่วนปลายผลจะแหลม ด้านท้องผลกลม นูนออกเล็กน้อย ด้านหลังผลลาดลง ผิวเรียบ มีสีผิวเป็นสีเหลืองอ่อนคล้ายมะม่วงสุก ทั้งที่ผลยังอ่อนอยู่ (อายุประมาณ 2-3 เดือน ซึ่งมะม่วงทั่วไปจะยังมีสีผิวเป็นสีเขียว) ผลแก่ผิวผลมีสีเหลืองอมส้ม เมล็ดบาง ปริมาณเนื้อมาก ผลอ่อนจะมีรสเปรี้ยว ผลแก่มีรสมันอมเปรี้ยว ผลสุกเนื้อมีสีเหลืองทอง มีกลิ่นหอม เนื้อละเอียดมีเสี้ยนน้อย มีรสหวาน

มะม่วงน้ำดอกไม้มีเปลือกบางจึงช้ำได้ง่าย และไม่ค่อยต้านทานต่อโรคแอนแทรกโนส มีอายุการเก็บเกี่ยวที่ 115 วันนับตั้งแต่ออกดอก พันธุ์ที่ได้รับความนิยมมากในปัจจุบันคือ พันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 และพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง (สถานวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว, 2550)

ภาพที่ 1 ลักษณะมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างกระบวนการสุกของมะม่วง

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างกระบวนการสุกของมะม่วงแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ

2.2.1 การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ

ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของสีของมะม่วงที่เก็บที่อุณหภูมิห้องจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างช้าๆ สีบริเวณหัวจะเปลี่ยนสีจากเขียวมาเป็นสีเหลือง หรือส้ม ก่อนบริเวณอื่น ผิวเปลือกของมะม่วงจะเริ่มเปลี่ยนจากสีเขียวสด ไปเป็นสีเหลืองขึ้นเล็กน้อย และจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองจัดเมื่อมะม่วงสุก ส่วนสีของเนื้อจะเริ่มเปลี่ยนจากสีเหลืองอ่อนเป็นสีเหลืองแกมส้ม ในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง สีผิวและเนื้อมะม่วงจะเปลี่ยนแปลงรวดเร็วมาก โดยสีของเนื้อจะเปลี่ยนแปลงได้เร็วกว่าสีของเปลือก (วสันต์, 2532)

2.2.2 การเปลี่ยนแปลงทางเคมี

1. การเปลี่ยนแปลงของปริมาณแป้ง

ปริมาณของแป้งในมะม่วงจะแตกต่างกันไปตามพันธุ์และความแก่ของมะม่วง มะม่วงดิบมีแป้งมากในขณะที่ผลแก่แป้งจะไฮโดรไลส์เป็นริดิวซิ่งชูการ์ และสารตัวหลังนี้จะถูกสังเคราะห์เป็นน้ำตาลซูโครส ในระยะหลังผลสุก น้ำตาลซูโครสจะสลายตัวเป็นรีดิวซิ่งชูการ์ และส่วนที่ติดกับเปลือกจะมีสูงกว่าปริมาณแป้งในเนื้อมะม่วง ซึ่งจะสังเกตได้เมื่อเรารับประทานมะม่วงมันส่วนที่เป็นเนื้อใกล้ๆ กับเมล็ดมักจะเปรี้ยวกว่าส่วนที่ติดกับเปลือก ดังนั้นจึงสามารถกล่าวได้ว่าปริมาณแป้งในมะม่วงจะลดลงตามระยะเวลาที่มะม่วงสุก และแป้งจะสลายตัวกลายเป็นน้ำตาล (วสันต์, 2532)

2. การเปลี่ยนแปลงปริมาณของกรด

ปริมาณกรดในมะม่วงส่วนใหญ่จะแสดงอยู่ในรูปกรดซิตริก เมื่อมะม่วงเริ่มสุก ปริมาณกรดจะค่อยๆ ลดลงจนกระทั่งมีเหลือน้อยที่สุดเมื่อมะม่วงสุกเต็มที่ (วสันต์, 2532)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำตาลระหว่างกระบวนการสุกของมะม่วง

-การเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำตาลอินเวอร์ท

เมื่อเก็บรักษามะม่วงไว้ที่อุณหภูมิห้อง จะกระทั่งมะม่วงสุก ปริมาณน้ำตาลอินเวอร์ทจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงแรกของการสุกหลังจากนั้นจะคงที่ (วสันต์, 2532)

- การเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์

การเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในมะม่วงจะคงที่ในระยะแรกจนถึงจุดที่มะม่วงเริ่มจะมีกิจกรรมภายในสูงสุด ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์จึงเพิ่มขึ้นเล็กน้อย (วสันต์, 2532)

- การเปลี่ยนแปลงค่าบริกซ์

การเปลี่ยนแปลงค่าของบริกซ์ของมะม่วงจะสูงขึ้นเล็กน้อย ระยะเวลาในการเปลี่ยนแปลงก็ใกล้เคียงกันทั้งนี้ เนื่องจากการเพิ่มและลดของปริมาณน้ำตาลและกรด (วสันต์, 2532)

4. การเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรดด่าง (pH)

ในมะม่วงดิบ ปริมาณกรดจะค่อยๆเพิ่มขึ้นในระยะแรกและจะค่อยๆลดลง จนเมื่อผลสุกปริมาณกรดจะค่อยๆเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเทียบกับมะม่วงดิบ (วสันต์, 2532)

5. การเปลี่ยนแปลงของโปรตีน

ปริมาณโปรตีนในมะม่วงมีไม่มากนัก กรดอะมิโนที่พบในผลมะม่วงมีกรดแอสปาร์ติก กรดกลูตามิค อะลามิน ไกลซีน เมธิโอนิน ลูซินส์ และอาจมีกรดอื่นๆ อีก เช่น ซิสตินและบิวทายริค โดยทั่วไปแล้วมะม่วงเป็นแหล่งของคาร์โบไฮเดรตไม่ใช่โปรตีน โปรตีนในมะม่วงยังมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและเมตาโบลิค การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้มีผลต่อการเกิดสีน้ำตาลของผลิตภัณฑ์ในระหว่างเก็บรักษา ทั้งนี้ปริมาณโปรตีนเฉลี่ยในมะม่วง จะมีค่าเฉลี่ยประมาณ 0.51 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งถือว่าต่ำเกินกว่าที่จะเป็นสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษา การเปลี่ยนแปลงของโปรตีนในมะม่วงมีทั้งเพิ่มขึ้นและลดลงเมื่อมะม่วงสุกทั้งนี้ขึ้นกับพันธุ์มะม่วง (วสันต์, 2532)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การตรวจสอบคุณภาพของผลิตผลทางการเกษตร

การตรวจสอบคุณภาพของผลิตผลเกษตร คือ การสุ่มตัวอย่างเพื่อนำมาตรวจสอบ การตรวจสอบคุณภาพของผลิตผลทางการเกษตรทำได้หลายวิธี ทั้งการตรวจสอบแบบทำลายตัวอย่าง ซึ่งได้แก่ การวัดค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้น การวัดปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ การวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ แต่วิธีการเหล่านี้ทำให้เกิดการสูญเสียตัวอย่างผลผลิตไป ดังนั้นจึงได้มีการคิดค้นการตรวจสอบคุณภาพของผลิตผลทางการเกษตรแบบไม่ทำลายตัวอย่างซึ่งได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก เนื่องจากสามารถตรวจวัดถึงองค์ประกอบเคมีภายในได้อย่างแม่นยำ เทคนิคที่นิยมใช้ได้แก่ การใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโกปี (Near-infrared Spectroscopy, NIRS) ที่นำมาใช้ ในการคัดแยกความอ่อนแก่ของผลไม้ การตรวจสอบคุณภาพข้าว เป็นต้น แต่ข้อเสียของเทคนิคดังกล่าว คือ เครื่องมือมีราคาแพง การตรวจสอบคุณภาพต้องมีการควบคุมอุณหภูมิของตัวอย่างที่จะทำการตรวจสอบ เช่น มะม่วงจะต้องควบคุมอุณหภูมิของผลให้ได้ 25 องศาเซลเซียส ก่อนที่จะนำผลมาตรวจสอบและต้องอาศัยผู้ที่มีความชำนาญในการใช้เครื่องมือ ปัจจุบันมีการประยุกต์ใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงความถี่ย่านไมโครเวฟตรวจสอบคุณภาพแบบไม่ทำลายผลิตผล เช่น การหาปริมาณความชื้นในเมล็ดธัญพืช การคัดแยกมังคุดมังคุดเนื้อแก้ว การแพร่ผ่านด้วยคลื่นไมโครเวฟนั้นมีข้อดีหลายประการที่ทำให้เกิดประโยชน์ในการใช้งานทางอุตสาหกรรมและทางเกษตร โดยมีข้อดี คือ เป็นการตรวจวิเคราะห์ที่ไม่ทำลายตัวอย่าง การใช้คลื่นไมโครเวฟเป็นวิธีการวัดที่รวดเร็วและไม่ทำให้วัตถุที่ทดสอบเกิดการเปลี่ยนแปลงทางฟิสิกส์และทางเคมี การวัดมีความถูกต้องและมีความไวสูง และราคาถูกเมื่อเปรียบเทียบกับราคาของเครื่อง NIR

2.4 คลื่นไมโครเวฟ

ไมโครเวฟเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นยาวกว่าความถี่ terahertz(THz) แต่มีความยาวคลื่นสั้นกว่าคลื่นวิทยุ ไมโครเวฟมีช่วงความยาวคลื่นประมาณ 30 cm – 1 mm หรือโดยทั่วไปมีช่วงความถี่ระหว่าง 300 MHz – 300 GHz ซึ่งโดยปกติสเปกตรัมของคลื่นไมโครเวฟจะมีพลังงานของสนามแม่เหล็กที่ชัดเจนอยู่ในช่วงความถี่ประมาณ 1 GHz– 1000 GHz ส่วนใหญ่คลื่นไมโครเวฟที่นำไปใช้ประโยชน์จะมีช่วงความถี่ภายใน 1-40 GHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.ทฤษฎีไดอิเล็กตริก (Dielectric Theory)

สารที่สามารถดูดกลืนคลื่นไมโครเวฟได้ เรียกว่า สารไดอิเล็กตริก ซึ่งความสามารถในการดูดกลืนไมโครเวฟนี้จะบอกค่าโดยค่าไดอิเล็กตริก ค่าคงที่ไดอิเล็กตริกสูงแสดงว่าสามารถดูดกลืนคลื่นไมโครเวฟได้ดี โดยสารแต่ละชนิดนั้นก็จะมีค่าการดูดกลืนได้แตกต่างกันตาม ชนิดของสาร สถานะ และประจุของสาร เป็นต้น สมบัติไดอิเล็กตริกของวัตถุที่เป็นพืชทางการเกษตร ซึ่งเป็นชนิด Hygroscopic ทั่วไป จะเปลี่ยนแปลงตามปริมาณความชื้นของวัตถุ ดังนั้นน้ำ สารละลายต่างๆ ที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบ จึงสามารถดูดกลืนพลังงานของคลื่นไมโครเวฟได้ดี สารที่สามารถดูดกลืนคลื่นไมโครเวฟได้ เรียกว่า สารไดอิเล็กตริก ซึ่งความสามารถในการดูดกลืนไมโครเวฟนี้จะบอกโดยค่าไดอิเล็กตริก ค่าคงที่ไดอิเล็กตริกสูงแสดงว่าสามารถดูดกลืนคลื่นไมโครเวฟได้ดี โดยสารแต่ละชนิดนั้นก็จะมีค่าการดูดกลืนได้แตกต่างกันตามชนิดของสาร สถานะ และประจุของสาร ดังแสดงในตาราง

ตารางที่ 1 ค่าไดอิเล็กตริกของสารบางชนิด

วัสดุ	ค่าไดอิเล็กตริก
อากาศ	1.00
เทฟรอน	2.10
โพลีเอทิลีน	2.25
ไม้บัลซ่า	1.30
หิมะ	1.20
น้ำกลั่น	76.70
กรดอะซิติก	6.20
กลีเซอรีน	39.00
เมทานอล	30.68

2. กลไกลการให้ความร้อนของคลื่นไมโครเวฟ (Microwave heating mechanisms)

เมื่อคลื่นไมโครเวฟสัมผัสกับสารไดอิเล็กตริก เช่น สับปะรดที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบ จะทำให้

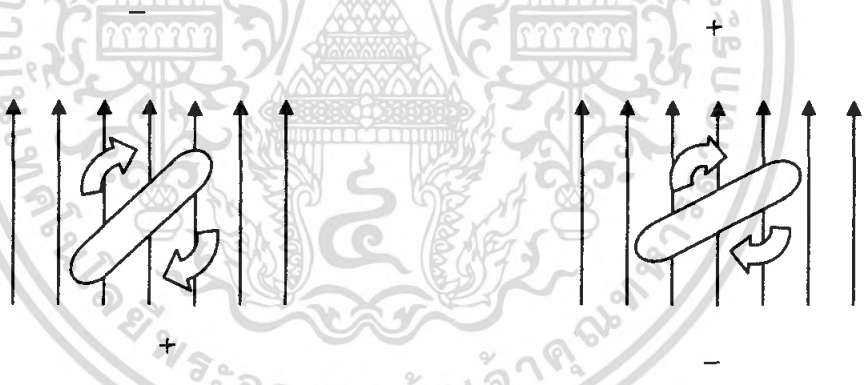
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คลื่นเกิดการกระทำระหว่างกันกับสารไดอิเล็กตริก ซึ่งจะทำให้ได้พลังงานออกมา มีผลทำให้อุณหภูมิในสารนั้นมีค่าสูงขึ้น ซึ่งมีกระบวนการใหญ่ๆ 2 กระบวนการ คือ

2.1 ไอออนิกโพลาไรเซชัน (Ionic polarization)

ไอออนิกโพลาไรเซชัน เกิดขึ้นเมื่อ ไอออนในสารละลายเคลื่อนที่เข้าไปในสนามไฟฟ้า ไอออนจะถูกเร่งด้วยสนามไฟฟ้า(electric field kinetic energy) ทำให้เกิดการเคลื่อนที่และมีพลังงานจลน์เพิ่มขึ้น ไอออนเคลื่อนที่ไปชนกับไอออนตัวอื่นเรื่อยๆ จนพลังงานจลน์เปลี่ยนไปเป็นพลังงานความร้อน ความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นของสารละลาย หรือความหนาแน่นที่เพิ่มขึ้น ก็จะทำให้ความถี่ของการชนกันกับไอออนมีค่าเพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าของพลังงานจลน์มีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งจะทำให้อุณหภูมิมีค่าสูงขึ้นด้วย (ความเข้มข้น ความถี่ในการชน จะเป็นตัวแปรที่ต้องคำนึงถึงในการเพิ่มอุณหภูมิในสารไดอิเล็กตริก

2.2 การหมุนของไดโพล (dipole rotation) วิธีการสร้างความร้อน ตามแบบการหมุนของไดโพลเป็นดังรูป



ภาพที่ 2 การหมุนของไดโพล เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของสนามไฟฟ้า

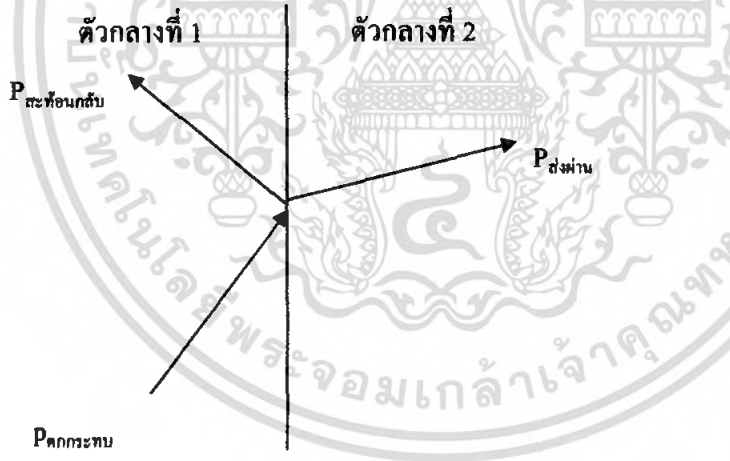
จากรูปจะแสดงให้เห็นว่ากระบวนการนี้ จะต้องสัมพันธ์กับการมีขั้วของโมเลกุล เพราะต้องอาศัยความเป็นขั้วบวกและลบ และแรงระหว่างขั้ว เพื่อให้เกิดการเคลื่อนที่ในส่วนของสนามไฟฟ้า โมเลกุล (เช่น น้ำ และสารละลายที่มีขั้ว) จะเกิดการหมุนตัวเกิดขึ้นเมื่อมีการกลับขั้ว เป็นผลให้เกิดความร้อนขึ้นเนื่องจากการหมุนตัวของโมเลกุล ความมีขั้วของสนามไฟฟ้าจะขึ้นอยู่กับความถี่ของไมโครเวฟ ถ้ามีค่ามากก็จะทำให้ความมีขั้วสูง ทำให้เกิดการหมุนตัวอย่างเร็วและแรงทำให้ค่าของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิสูงขึ้น การหมุนของไดโพลมีความสัมพันธ์กับความสามารถในการดูดซับคลื่นไมโครเวฟ หากสารใดมีการหมุนของไดโพลมาก สารนั้นจะสามารถดูดกลืนคลื่นไมโครเวฟได้ดี หรือ เรียกเป็นสารที่มีค่าไดอิเล็กตริกสูง ซึ่งสารแต่ละชนิดจะมีความสามารถในการหมุน ไดโพลได้แตกต่างกัน และขึ้นอยู่กับลักษณะทางกายภายของสารด้วย เช่น น้ำมีค่าไออิเล็กตริกสูง แต่ถ้าเกิดการเปลี่ยนแปลงทางกลายภาพไปเป็นน้ำแข็ง จะทำให้มีค่าไดอิเล็กตริกต่ำลงมาก จนถือว่าเป็นสารพวกที่ดูดซึมคลื่นไมโครเวฟได้ต่ำ (Poor Microwave Absorber) เนื่องจากว่าการเคลื่อนที่ของโมเลกุลน้ำแข็งในสนามไมโครเวฟ (Microwave Field) นั้นเป็นไปได้น้อยมาก

3. การสะท้อนและการส่งผ่านของคลื่นไมโครเวฟ

เมื่อไรก็ตามที่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเดินทางจากตัวกลางหนึ่งไปยังตัวกลางอีกแห่งหนึ่ง ซึ่งมีค่าเพอมิตติวิตี้ (permittivity) ที่แตกต่างกัน พลังงานบางส่วนจะถูกส่งผ่านไปยังตัวกลางใหม่ และพลังงานบางส่วนจะสะท้อนกลับมายังตัวกลางเดิม แสดงให้เห็นดังรูป พลังงานรวมทั้งหมดของคลื่นตกกระทบจะมีค่าเท่ากับ ผลรวมของพลังงานที่สะท้อนกลับและพลังงานส่วนที่ส่งผ่านไปยังตัวกลางใหม่



$$P_i = P_r + P_t$$

ภาพที่ 3 แสดงคลื่นสะท้อนและส่วนของคลื่นที่ส่งผ่าน ณ จุดรอยต่อของตัวกลางไดอิเล็กตริกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 เทคนิคการตรวจสอบคุณภาพแบบไม่ทำลายตัวอย่างวิธีอื่น ๆ

NIR Spectroscopy เป็นวิธีการวิเคราะห์โมเลกุลที่ไม่ทำลาย ตัวอย่าง โดยอาศัยการตรวจวัดปริมาณแสงที่ถูกดูดกลืนโดยตัวอย่างเป็นวิธีการที่ให้ผลที่ดีและรวดเร็ว ถูกนำมาใช้ในการตรวจวัดผลิตภัณฑ์ทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ ตั้งแต่การตรวจสอบวัตถุดิบไปจนถึงการตรวจสอบและปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้ (วารุณี, 2548)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบ และการเตรียมวัตถุดิบ

มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 จาก สวนแก้ววงศ์นุกูล อำเภอบางคล้า จังหวัดฉะเชิงเทรา มีอายุการเก็บเกี่ยว 90 วันหลังจากดอกบาน จำนวน 80 ลูก

นำมะม่วงที่ได้มาทำความสะอาด และนำไปเก็บรักษาในตู้ควบคุมอุณหภูมิ (Incubator) อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

3.2 สารเคมี

1. สารละลายด่างมาตรฐาน NaOH ความเข้มข้น 0.1 N
2. phenolphthalein 0.1 เปอร์เซ็นต์
3. น้ำกลั่น

3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. เครื่องวัดสี ยี่ห้อ Minolta รุ่น CR-300
2. Hand Refractometer ยี่ห้อ ATAGO (N1 Brix 0-32 เปอร์เซ็นต์)
3. เครื่องชั่งไฟฟ้าความละเอียด 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Sartorius รุ่น BP 3600S
4. เครื่องชั่งไฟฟ้าความละเอียด 2 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Sartorius รุ่น BP 3100S
5. Incubator ยี่ห้อ Sanyo รุ่น MIR 253
6. Hot air oven ยี่ห้อ Memmert รุ่น UM 400
7. เครื่องวัดค่าไมโครเวฟ (Vector Network Analyzer)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 วิธีการทดลอง

ตอนที่ 1 การทดสอบโดยใช้เทคนิคไมโครเวฟ

1. ทำการเปรียบเทียบ (Calibrate) เครื่องไมโครเวฟโดยใช้น้ำกลั่น ตั้งค่าความถี่ช่วง 2-3 GHz
2. นำมะม่วงมาวัดค่าทางไฟฟ้าด้วยเทคนิคไมโครเวฟ และบันทึกค่า ε' และ ε'' ที่ได้จากการวัดด้วยเทคนิคไมโครเวฟ ปอกเปลือกมะม่วง แล้วทำการทดลองซ้ำตามข้อ 2

ตอนที่ 2 การตรวจวิเคราะห์ทางกายภาพและทางเคมี

2.1 การ ตรวจวิเคราะห์ทางกายภาพ

1. การสูญเสียน้ำหนักผล ทำการทดลองโดยวิธีการชั่งน้ำหนักในแต่ละวันที่ทำการทดลองเปรียบเทียบกับน้ำหนักเริ่มต้น โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักตามสูตร

$$\% \text{ การสูญเสียน้ำหนัก} = \frac{(\text{น้ำหนักมะม่วงเริ่มต้น} - \text{น้ำหนักมะม่วงสุดท้าย})}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น}} \times 100$$

2. การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและสีเนื้อ ทำการตรวจสอบสีผิวเปลือกและสีเนื้อของผลมะม่วงบริเวณกลางแก้มผล ด้วยเครื่องวัดสี บันทึกค่าที่ได้เป็น L*,a*, และb*

3. การวัดปริมาณความชื้นของเปลือกและเนื้อมะม่วง

3.1 หั่นเปลือกมะม่วง (บริเวณที่วัดด้วยเทคนิคไมโครเวฟ) เป็นชิ้นเล็กๆ นำมาชั่งน้ำหนัก 5 กรัม ใส่ในถ้วยฟอยด์ที่ทราบน้ำหนัก แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 70 °C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง เมื่อครบ 48 ชั่วโมง นำออกมาชั่งน้ำหนัก แล้วทำการบันทึกผล

3.2 ทำการวัดปริมาณความชื้นของเนื้อมะม่วง โดยการใช้เนื้อแทนเปลือกมะม่วงแล้วทำตามขั้นตอนที่ได้กล่าวมา

$$\% \text{ ความชื้น} = \frac{(\text{น้ำหนักมะม่วงก่อนอบ} - \text{น้ำหนักมะม่วงหลังอบ})}{\text{น้ำหนักมะม่วงก่อนอบ}} \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การ ตรวจวิเคราะห์ทางเคมี

1. การวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (Total Soluble Solids;TSS) ทำการวัดปริมาณ TSS โดยใช้น้ำคั้นจากเนื้อมะม่วง ด้วยเครื่อง Hander Refractometer อ่านและบันทึกค่าที่ได้เป็นเปอร์เซ็นต์บริกซ์

2. การวัดปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (Titratable Acidity;TA) ทำการวัดปริมาณ TA โดยการนำน้ำคั้นจากเนื้อมะม่วงปริมาณ 5 มิลลิลิตร เติมสารละลาย phenolphthalein 0.1% 1-2 หยด เพื่อใช้เป็น indicator จากนั้น นำไปไทเทรตด้วยสารละลายด่างมาตรฐาน (NaOH) ความเข้มข้น 0.1 N จนกระทั่งถึงจุดยุติ (น้ำคั้นจะเปลี่ยนเป็นสีชมพูอ่อนอย่างถาวร) บันทึกปริมาณสารละลายด่างมาตรฐานที่ได้ เพื่อใช้ในการคำนวณเปอร์เซนต์กรดซิตริกตามสูตร

$$\% \text{ TA} = \frac{(\text{ความเข้มข้นของ NaOH 0.1 N} \times \text{ปริมาตร NaOH ที่ใช้} \times 0.064^{*}) \times 100}{\text{ปริมาตรน้ำมะม่วงคั้น}}$$

* milliequivalent of citric acid (anhydrous) = 0.064 (Pearson, 1971)

3. คำนวณหาอัตราส่วนระหว่าง TSS/TA

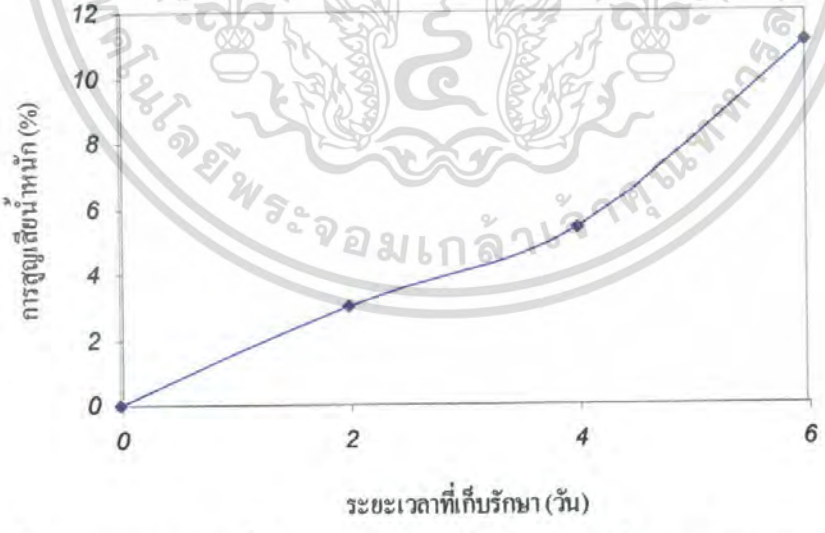
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ

4.1.1 การสูญเสียน้ำหนัก

การสูญเสียน้ำหนักของมะม่วงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา โดยมีการสูญเสียน้ำหนักในวันที่ 0, 2, 4 และ 6 เท่ากับ 0, 2.99, 5.37 และ 11.07 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 4) สอดคล้องกับ มะม่วงพันธุ์เขียวเสวย (คุณวุฒิ, 2540) และมะม่วงพันธุ์มหาชนก (กันยา, 2547) ที่กล่าวว่า มะม่วงมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามระยะการเก็บรักษา การสูญเสียน้ำหนักของมะม่วงเป็นผลที่เกิดจากการหายใจ ซึ่งเป็นกระบวนการเมตาบอลิกที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทำให้มะม่วงใช้พลังงานที่สะสมในรูปของสารประกอบอินทรีย์ เช่น คาร์โบไฮเดรต เพื่อใช้ในการเจริญเติบโต ทำให้เกิดการสูญเสียน้ำเป็นผลให้มะม่วงเกิดสูญเสียน้ำหนัก ในระหว่างการเก็บรักษา



ภาพที่ 4 แสดงการสูญเสียน้ำหนักของมะม่วง เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

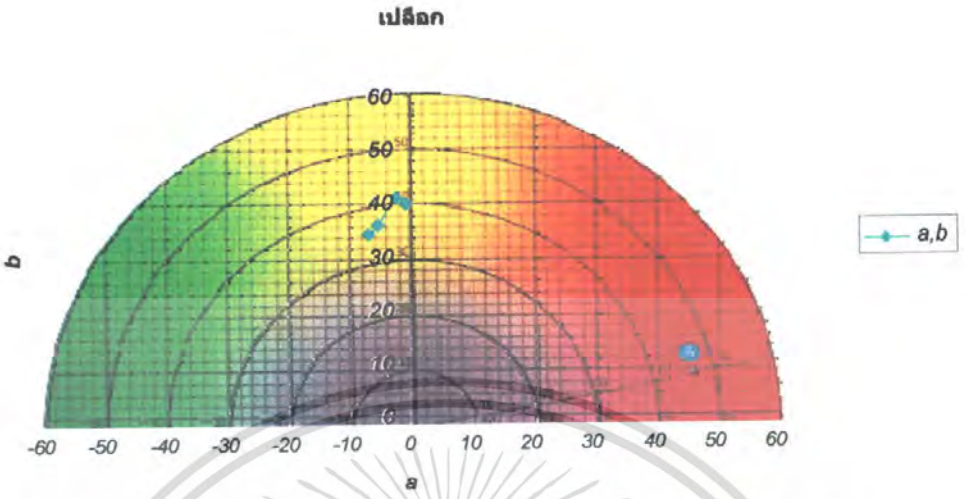
4.1.2 การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก

ค่า L หรือค่าความสว่างของสีเปลือก จากการศึกษาพบว่าค่าความสว่างมีแนวโน้มลดลงตามอายุการเก็บรักษา โดยมีค่าเฉลี่ยความสว่างของสีเปลือก วันแรกเท่ากับ 72.30 และลดลงเหลือ 67.75 ในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางผนวกที่ 1) การที่ค่า L หรือค่าความสว่างของสีเปลือกมีแนวโน้มลดลง เป็นผลเนื่องจากการเสื่อมสลายของเซลล์เมมเบรน (จริงแท้, 2542) และการเกิดโรคที่ผิวผลมะม่วงทำให้เปลือกมะม่วงมีสีเปลือกคล้ำขึ้น ทำให้ค่าความสว่างที่วัดได้มีค่าลดลง

ค่า a (ค่าสีเขียว-แดง) ของสีเปลือก มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา โดยมีค่าเฉลี่ย a ของสีเปลือก วันแรกมีค่าเท่ากับ -6.61 เป็น -0.41 ในวันที่ 6 ของการเก็บรักษาและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ เปลือกมะม่วงจึงมีสีเขียวลดลง สอดคล้องกับค่า b (ค่าสีน้ำเงิน-สีเหลือง) ที่มีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะการเก็บรักษา โดยที่สีเปลือกมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจากวันแรกเท่ากับ 34.16 เป็น 42.18 ในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา (ตารางผนวกที่ 1) มีค่าแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 5) เนื่องจากผลมะม่วงเข้าสู่กระบวนการสุก สีเปลือกมีการเปลี่ยนแปลงจากสีเขียวเหลืองเป็นสีเหลืองมากขึ้น เนื่องจากเกิดการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ และ แคโรทีนอยด์ ซึ่งเป็นรงควัตถุสีเหลืองถูกสร้างขึ้น สอดคล้องกับ Tucker (1993) และ Ketsa และคณะ (1999) พบว่าในระหว่างการสุกของผลมะม่วงน้ำดอกไม้แอคติวิตี้ของแอนไซม์คลอโรฟิลเลส (Chlorophyllase) จะเพิ่มสูงขึ้น นอกจากนี้ยังมีการสังเคราะห์ เบตา-แคโรทีนเพิ่มขึ้นอีกด้วย จึงมีผลทำให้เปลือกและเนื้อเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลืองเพิ่มมากขึ้น และสอดคล้องกับการศึกษาของ (สมภพ, 2546) พบว่า ค่า a (ค่าสีเขียว – แดง) และ b (ค่าสีน้ำเงิน – เหลือง) ของเปลือกมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



ภาพที่ 5 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า a และ b สีเปลือกของมะม่วง เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

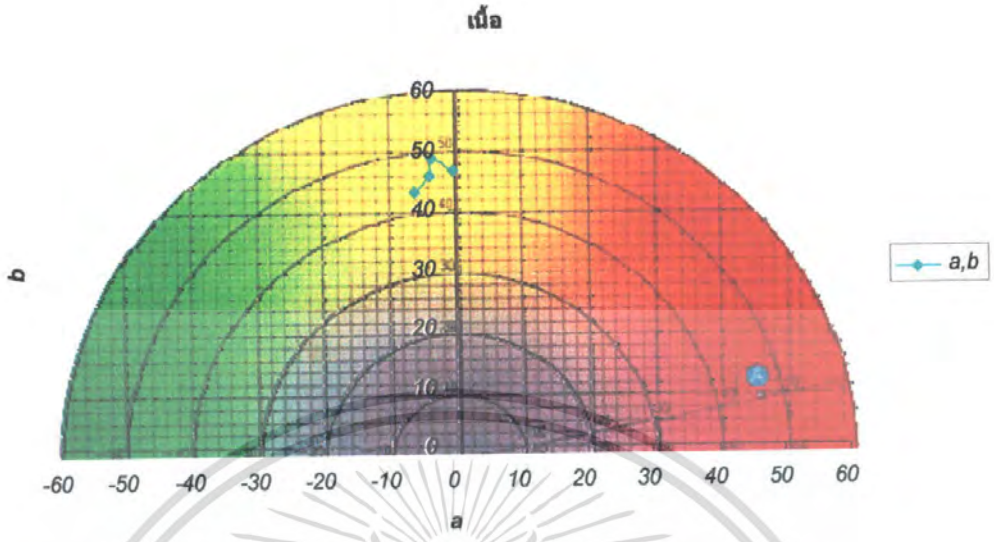
4.1.3 การเปลี่ยนแปลงสีเนื้อ

ค่า L หรือค่าความสว่างของสีเนื้อมีแนวโน้มลดลงตามอายุการเก็บรักษา โดยมีค่าเฉลี่ยลดลงอย่างมีนัยสำคัญ จากวันแรกที่มีค่าเท่ากับ 82.37 ลดลงเหลือ 71.15 ในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา (ตารางผนวกที่ 1) การที่ค่า L หรือค่าความสว่างของสีเนื้อมีแนวโน้มลดลง เป็นผลเนื่องจากการเสื่อมสลายของเซลล์เมมเบรน (จริงแท้, 2542)

ค่า a (ค่าสีเขียว-แดง) ของสีเนื้อ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญตามอายุการเก็บรักษา โดยมีค่า a ของเปลือกในวันแรกมีค่าเท่ากับ -5.45 เป็น -0.86 ในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา (ตารางผนวกที่ 1) เนื่องจากมีการออกซิไดซ์คลอโรฟิลล์โดยออกซิเจน ทำให้คลอโรฟิลล์เสื่อมสลายไป แล้วสารสีเหลืองที่ถูกบดบังไว้จึงปรากฏให้เห็น (ทุมพรและคณะ,2542)

ค่า b (ค่าสีน้ำเงิน-สีเหลือง) ที่มีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่สีเนื้อมีค่าเพิ่มขึ้นจากวันแรกเท่ากับ 43.11 เป็น 49.12 ในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา มะม่วงเปลี่ยนเป็นสีเหลือง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ สมภพ (2546) พบว่า ค่า a (ค่าสีเขียว – แดง) และ b (ค่าสีน้ำเงิน – เหลือง) ของเปลือกมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา จึงทำให้เห็นว่าสีเนื้อมีสีเหลืองเพิ่มขึ้นเมื่อผลสุก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
85423

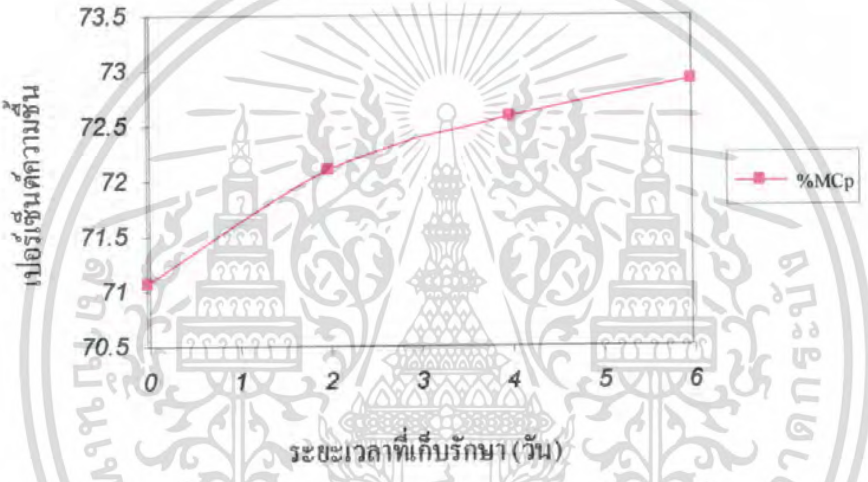


ภาพที่ 6 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า a และ b สีเนื้อของมะม่วง เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.4 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของเปลือกมะม่วง

ปริมาณความชื้นของเปลือกมะม่วงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา (ภาพที่ 7) สอดคล้องกับมะม่วงพันธุ์มหาชนก (สรรพงคล, 2545) พบว่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเปลือกมะม่วงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยการเก็บรักษาในวันที่ 0, 2, 4 และ 6 มีค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นเท่ากับ 71.07, 72.11, 72.59 และ 72.91 ตามลำดับ มีค่าแตกต่างทางสถิติในวันที่เก็บรักษาวันที่ 0, 4 และ 6 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (ตารางผนวกที่ 1)

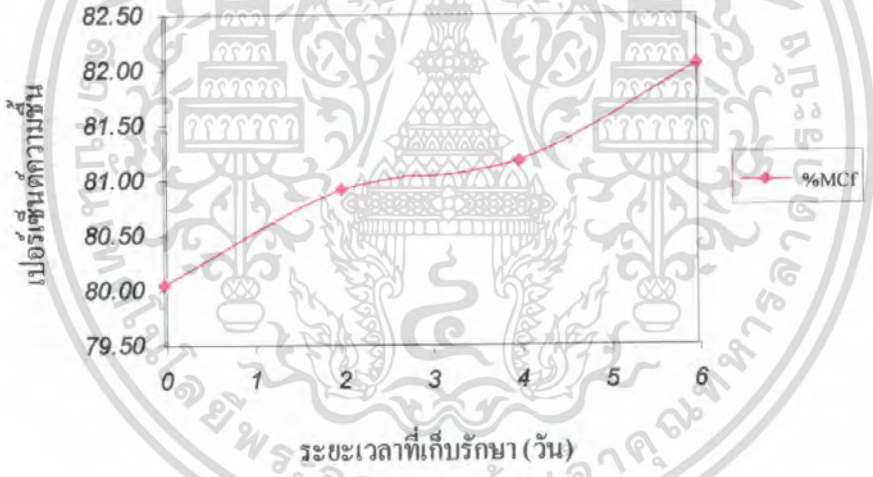


ภาพที่ 7 แสดงการเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเปลือกมะม่วง เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.5 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของเนื้อมะม่วง

ปริมาณความชื้นของเนื้อมะม่วงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา(ภาพที่ 8) สอดคล้องกับมะม่วงพันธุ์มหาชนก (สรรพงคล, 2545) พบว่าปริมาณความชื้นของเนื้อมะม่วงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยในการเก็บรักษาวันที่ 0, 2, 4 และ 6 มีค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นเท่ากับ 80.06, 80.90, 81.18 และ 82.05 ตามลำดับ มีค่าแตกต่างทางสถิติในวันที่เก็บรักษาที่ 0, 2 และ 6 แต่ในวันเก็บรักษาที่ 4 ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับวันที่ 2 และ 6 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (ตารางผนวกที่ 1)



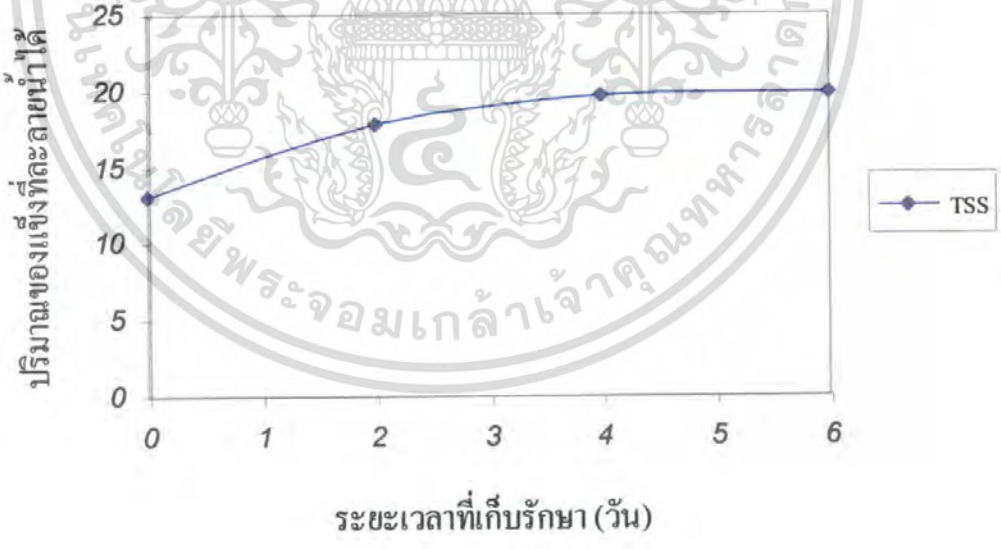
ภาพที่ 8 แสดงการเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเนื้อมะม่วง เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมี

4.2.1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble Solid ; TSS)

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ในมะม่วงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางผนวกที่ 1) มีค่าโดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจากวันแรกของการเก็บรักษา (ภาพที่ 9)ที่มีค่าเท่ากับ 13.11 เปอร์เซ็นต์ เป็น 19.84 เปอร์เซ็นต์ ในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา ยกเว้นในวันที่ 2 กับวันที่ 4 ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ การเพิ่มขึ้นของปริมาณ TSS เป็นผลจากมะม่วงเกิดการสุก แป้งภายในผลถูกไฮโดรไลซ์เปลี่ยนเป็นน้ำตาล ทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มสูงขึ้น (Preiss, 1982) และจากการศึกษาของ (วุฒิคุณ, 2532) พบว่ามะม่วงพันธุ์หนังกลางวัน มีปริมาณ TSS เพิ่มขึ้นเมื่อผลแก่ โดยการเปลี่ยนแปลงปริมาณ TSS ในช่วงแรกค่อนข้างน้อยเป็นเพราะมะม่วงมีการสะสมแป้งมากกว่าน้ำตาล แต่เมื่อผลแก่แป้งจะสลายไปเป็นน้ำตาลส่งผลให้มีปริมาณ TSS เพิ่มขึ้นส่วนการสะสมแป้งในช่วงแรกจะทำให้มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ลดลงเนื่องจากน้ำตาลกลูโคสจะถูกใช้เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์แป้ง

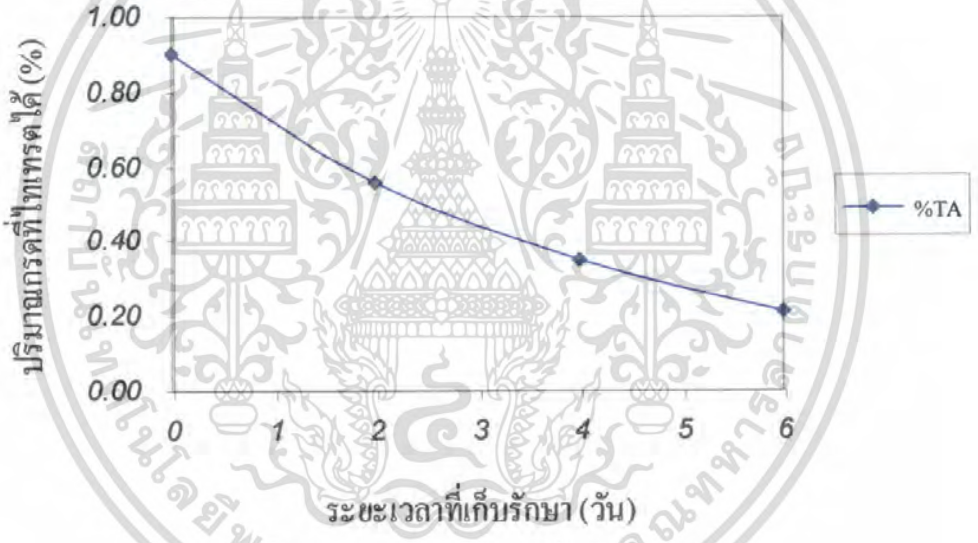


ภาพที่ 9 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของมะม่วง เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (Titratable Acidity; TA)

การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดที่ไทเทรตได้มีแนวโน้มลดลง จากวันแรกมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.90 เปอร์เซ็นต์ ลงลงเหลือ 0.21 เปอร์เซ็นต์ ในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา (ภาพที่ 10) โดยมีค่าแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ แต่ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ในวันที่ 6 ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ สอดคล้องกับการศึกษาของ Will และคณะ (1981) ที่พบว่าปริมาณกรดในผลไม้มีปริมาณลดลงเมื่ออายุของผลมากขึ้น เนื่องจากปริมาณกรดได้ถูกใช้ไปในวัฏจักรเครบส์ (Kreb's cycle)

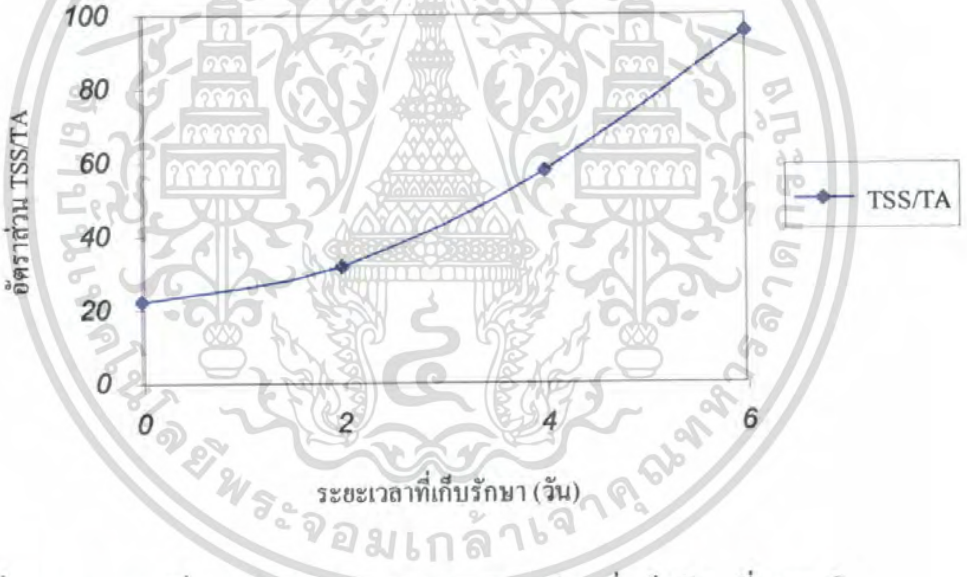


ภาพที่ 10 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณ Titratable Acidity (TA) ของมะม่วง เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้กับปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TSS/TA)

อัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้กับปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา มีค่าโดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจากวันที่ 0 ถึงวันที่วันที่ 6 พบว่ามีค่าแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ การเพิ่มขึ้นของอัตราส่วน TSS/TA แสดงถึงการสุกของมะม่วง ซึ่งอัตราระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้กับปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TSS/TA) ส่วนจะเพิ่มขึ้นตามระยะการสุกของมะม่วง



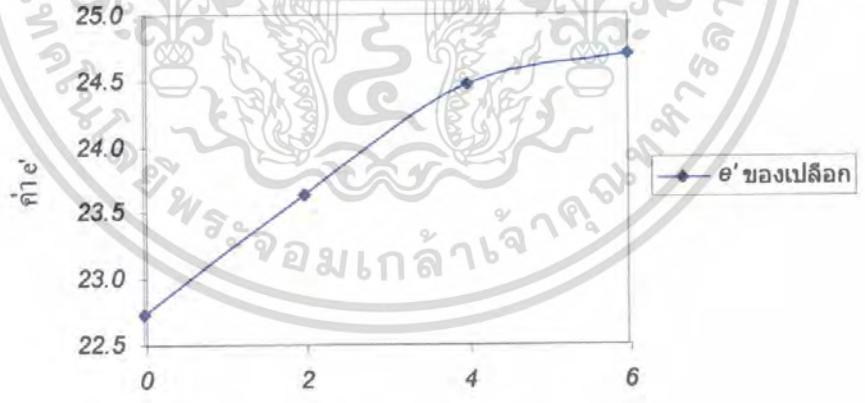
ภาพที่ 11 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณ TSS/TA ของมะม่วง เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของมะม่วง

4.3.1 ค่า ε′ ของมะม่วงทั้งผล

จากการทดลองพบว่า ค่า ε′ ของมะม่วงทั้งผลมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา (ภาพที่ 12) โดยในการเก็บรักษาวันที่ 0, 2, 4 และ 6 มีค่า ε′เท่ากับ 62.46, 63.84, 64.01 และ 64.78 ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่า ในวันที่เก็บรักษาที่ 0 กับวันที่ 6 มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (ตารางผนวกที่ 1) เนื่องจาก เมื่อระยะการสุกเพิ่มขึ้น มะม่วงมีการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางกายภาพและทางเคมี เช่น มีปริมาณความชื้นเพิ่มมากขึ้น มีผลทำให้ค่าความ สามารถในการดูดกลืนคลื่นไมโครเวฟ (ค่า ε′) เปลี่ยนแปลงไป สมบัติไดอิเล็กตริกของวัตถุที่เป็นพืชทางการเกษตร จะเปลี่ยนแปลงตามปริมาณความชื้นของวัตถุ ดังนั้นน้ำ สารละลายต่างๆ ที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบจึงสามารถดูดกลืนพลังงานของคลื่นไมโครเวฟได้ดี (ดิเรก, 2546) ดังนั้น ค่า ε′จะเพิ่มขึ้นตามปริมาณความชื้นในระหว่างกระบวนการสุกของมะม่วง

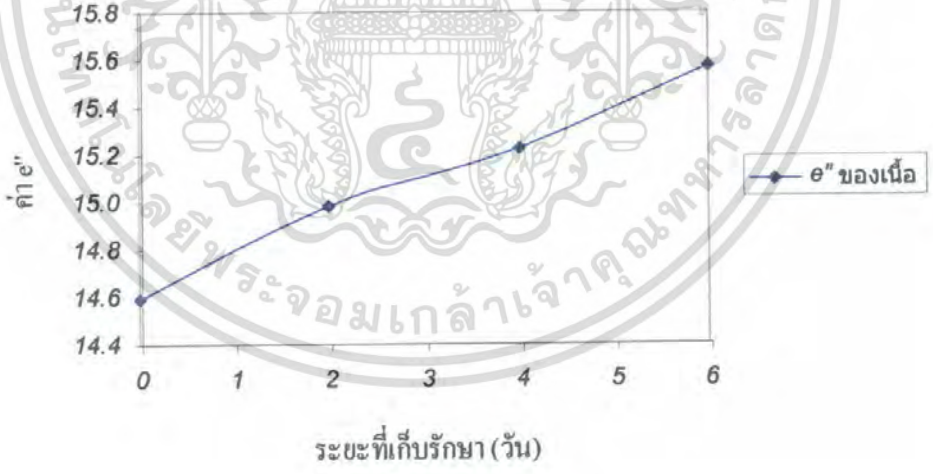


ภาพที่ 12 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า ε′ ของมะม่วงทั้งผล เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศา เซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 ค่า ε'' ของมะม่วงทั้งผล

จากการทดลองพบว่า ค่า ε'' ของมะม่วงทั้งผลมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา (ภาพที่ 13) โดยในการเก็บรักษาวันที่ 0, 2, 4 และ 6 มีค่า ε'' เท่ากับ 14.59, 14.99, 15.23 และ 15.57 ตามลำดับ โดยในวันที่ 0 กับวันที่ 6 มีค่าแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (ตารางผนวกที่ 1) เนื่องจาก เมื่อระยะการสุกเพิ่มขึ้น มะม่วงมีการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางกายภาพและทางเคมี เช่น มีปริมาณความชื้นเพิ่มมากขึ้น มีผลทำให้ค่าความสามารถในการดูดกลืนคลื่นไมโครเวฟ (ค่า ε'') เปลี่ยนแปลงไป สมบัติไดอิเล็กตริกของวัตถุที่เป็นพืชทางการเกษตร จะเปลี่ยนแปลงตามปริมาณความชื้นของวัตถุ ดังนั้นน้ำ สารละลายต่างๆ ที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบจึงสามารถดูดกลืนพลังงานของคลื่นไมโครเวฟได้ดี (ดิเรก, 2546) ดังนั้น ค่า ε'' จะเพิ่มขึ้นตามปริมาณความชื้นในระหว่างกระบวนการสุกของมะม่วง

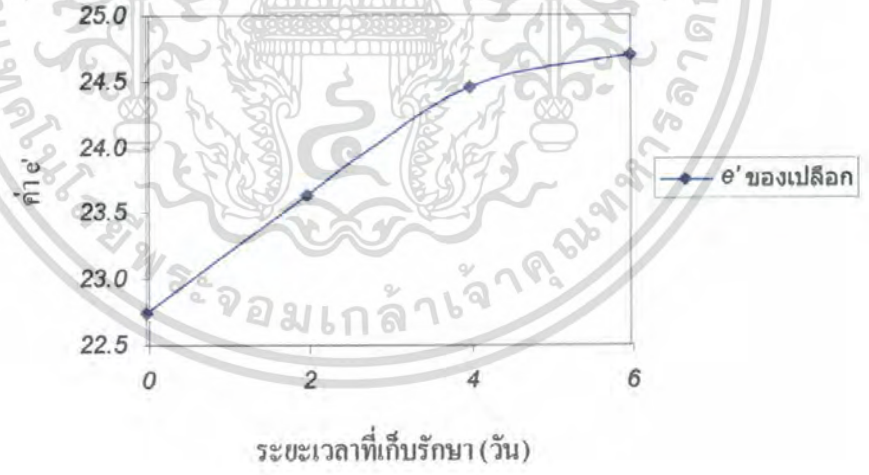


ภาพที่ 13 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า ε'' ของมะม่วงทั้งผล เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3 ค่า ε′ ของมะม่วงที่ปอกเปลือก

จากการทดลองพบว่า ค่า ε′ ของมะม่วงที่ปอกเปลือกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา(ภาพที่ 14) โดยในการเก็บรักษาวันที่ 0, 2, 4 และ 6 มีค่า ε′ เท่ากับ 22.74, 23.64, 24.46 และ 24.70 ตามลำดับ พบว่าในวันที่ 0 กับวันที่ 6 มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (ตารางผนวกที่ 1) เนื่องจาก เมื่อระยะการสุกเพิ่มขึ้น มะม่วงมีการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางกายภาพและทางเคมี เช่น มีปริมาณความชื้นเพิ่มมากขึ้น มีผลทำให้ค่าความ สามารถในการดูดกลืนคลื่นไมโครเวฟ (ค่า ε′) เปลี่ยนแปลงไป สมบัติไดอิเล็กตริกของวัตถุที่เป็นพืชทางการเกษตร จะเปลี่ยนแปลงตามปริมาณความชื้นของวัตถุ ดังนั้นน้ำ สารละลายต่างๆ ที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบจึงสามารถดูดกลืนพลังงานของคลื่นไมโครเวฟได้ดี (ดิเรก, 2546) ดังนั้น ค่า ε′ จะเพิ่มขึ้นตามปริมาณความชื้นในระหว่างกระบวนการสุกของมะม่วง

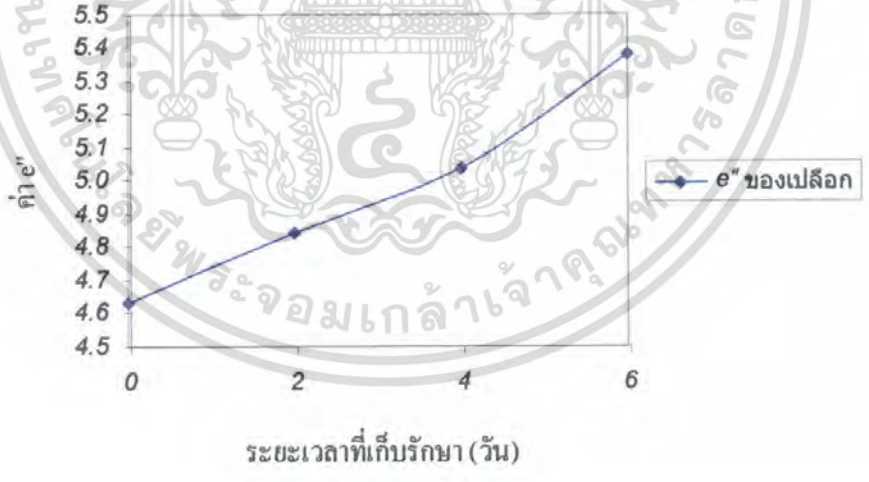


ภาพที่ 14 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า ε′ ของมะม่วงที่ปอกเปลือก เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3 ค่า ε'' ของมะม่วงที่ปอกเปลือก

จากการทดลองพบว่า ค่า ε'' ของมะม่วงที่ปอกเปลือกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา(ภาพที่ 15) โดยในการเก็บรักษาวันที่ 0, 2, 4 และ 6 มีค่า ε'' เท่ากับ 4.63, 4.84, 5.04 และ 5.04 ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่า ในวันที่ 0 กับวันที่ 6 มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (ตารางผนวกที่ 1)เนื่องจาก เมื่อระยะการสุกเพิ่มขึ้น มะม่วงมีการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางกายภาพและทางเคมี เช่น มีปริมาณความชื้นเพิ่มมากขึ้น มีผลทำให้ค่าความ สามารถในการดูดกลืนคลื่นไมโครเวฟ (ค่า ε'') เปลี่ยนแปลงไป สมบัติไดอิเล็กตริกของวัตถุที่เป็นพืชทางการเกษตร จะเปลี่ยนแปลงตามปริมาณความชื้นของวัตถุ ดังนั้น น้ำ สารละลายต่างๆ ที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบจึงสามารถดูดกลืนพลังงานของคลื่นไมโครเวฟได้ดี (ดิเรก, 2546) ดังนั้น ค่า ε'' จะเพิ่มขึ้นตามปริมาณความชื้นในระหว่างกระบวนการสุกของมะม่วง

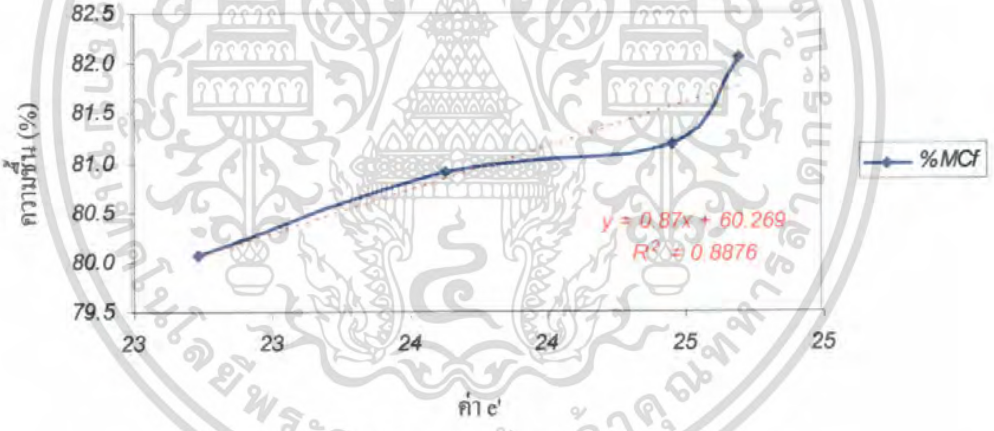


ภาพที่15 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า ε'' ของมะม่วงที่ปอกเปลือก เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.5 การหาความสัมพันธ์ระหว่าง ε' กับเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเนื้อมะม่วง

จากการหาความสัมพันธ์ระหว่าง ε' กับเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเนื้อมะม่วง(ภาพที่ 16) พบว่า ค่า ε' มีความสัมพันธ์แบบแปรผันตรงกับเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเนื้อมะม่วง เมื่อระยะเวลาผ่านไป ปริมาณความชื้นในเนื้อมะม่วงมีค่าเพิ่มขึ้นและค่า ε' ที่วัดด้วยเทคนิคไมโครเวฟมีค่าเพิ่มขึ้นเช่นกัน และเมื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า ε' กับเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเนื้อมะม่วง จะได้ความสัมพันธ์ดังสมการ $y = 0.87x + 60.269$ และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) = 0.8876 สอดคล้องกับ(ดิเรก, 2546) พบว่า สมบัติไดอิเล็กตริกของวัตถุที่เป็นพืชทางการเกษตร จะเปลี่ยนแปลงตามปริมาณความชื้นของวัตถุ ดังนั้นน้ำ สารละลายต่างๆ ที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบ จึงสามารถดูดกลืนพลังงานของคลื่นไมโครเวฟได้ดีขึ้น

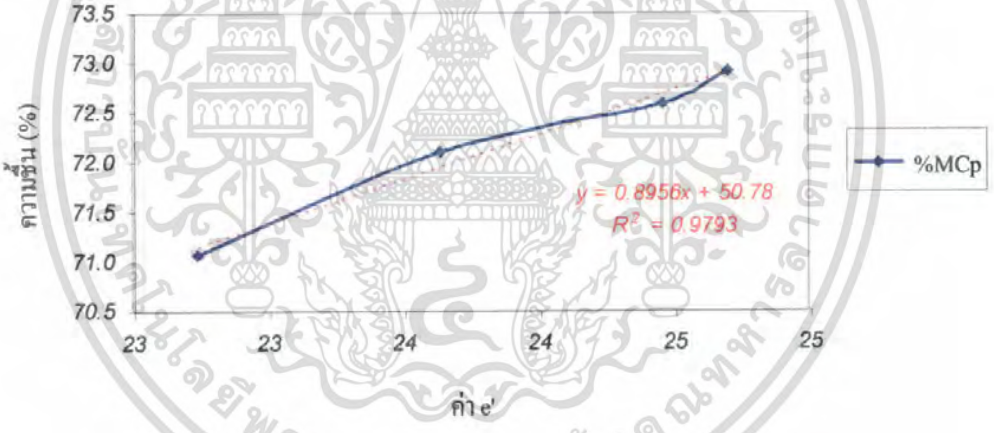


ภาพที่ 16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าε' และเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเนื้อมะม่วง เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.6 การหาความสัมพันธ์ระหว่าง ε' กับเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเปลือกมะม่วง

จากการหาความสัมพันธ์ระหว่าง ε' กับเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเปลือกมะม่วง(ภาพที่ 17) พบว่า ค่า ε' มีความสัมพันธ์แบบแปรผันตรงกับเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเปลือกมะม่วง เมื่อระยะเวลาผ่านไป ปริมาณความชื้นในเปลือกมะม่วงมีค่าเพิ่มขึ้นและค่า ε' ที่วัดด้วยเทคนิคไมโครเวฟมีค่าเพิ่มขึ้นเช่นกัน และเมื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า ε' กับเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเปลือกมะม่วง จะได้ความสัมพันธ์ดังสมการ $y = 0.08956x + 50.78$ และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) = 0.9793 สอดคล้องกับ (ดิเรก, 2546) พบว่า สมบัติไดอิเล็กตริกของวัตถุที่เป็นพืชทางการเกษตร จะเปลี่ยนแปลงตามปริมาณความชื้นของวัตถุ ดังนั้นน้ำ สารละลายต่างๆ ที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบ จึงสามารถดูดกลืนพลังงานของคลื่นไมโครเวฟได้ดีขึ้น

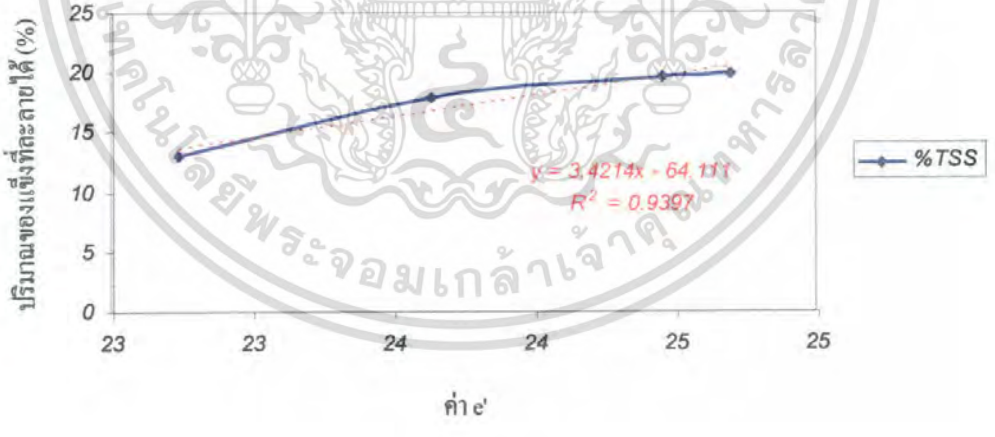


ภาพที่ 17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าε' และเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเปลือกมะม่วง เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.7 การหาความสัมพันธ์ระหว่าง ε' กับ %TSS ของมะม่วง

จากการหาความสัมพันธ์ระหว่าง ε' กับ %TSS ของมะม่วง(ภาพที่ 18) พบว่า ค่า ε' มีความสัมพันธ์แบบแปรผันตรงกับ %TSS คือ เมื่อระยะเวลาผ่านไป ปริมาณ %TSS ของมะม่วงและค่า ε' ที่วัดด้วยเทคนิคไมโครเวฟจะมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อนำไปหาความสัมพันธ์ทางสมการระหว่างค่า ε' กับ %TSS ของมะม่วง จะได้ค่าความชันเป็นบวกและสมการเส้นตรงเท่ากับ $y = 3.4214x - 64.111$ และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) = 0.9397 เนื่องจาก การเพิ่มขึ้นของปริมาณ TSS เป็นผลจากมะม่วงเกิดการสุก แป้งภายในผลถูกไฮโดรไลซ์เปลี่ยนเป็นน้ำตาล ทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มสูงขึ้น (Preiss, 1982) และจากการศึกษาของ (วุฒิคุณ, 2532) พบว่ามะม่วงพันธุ์หนังกลางวัน มีปริมาณ TSS เพิ่มขึ้นเมื่อผลแก่ โดยการเปลี่ยนแปลงปริมาณ TSS ในช่วงแรกค่อนข้างน้อยเป็นเพราะมะม่วงมีการสะสมแป้งมากกว่าน้ำตาล แต่เมื่อผลแก่แป้งจะสลายไปเป็นน้ำตาล ส่งผลให้มีปริมาณ TSS เพิ่มขึ้นส่วนการสะสมแป้งในช่วงแรกจะทำให้มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ลดลง เนื่องจากน้ำตาลกลูโคสจะถูกใช้เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์แป้ง ดังนั้นเมื่อ %TSS มีปริมาณเพิ่มขึ้น ค่า ε' จึงมีค่าเพิ่มขึ้น

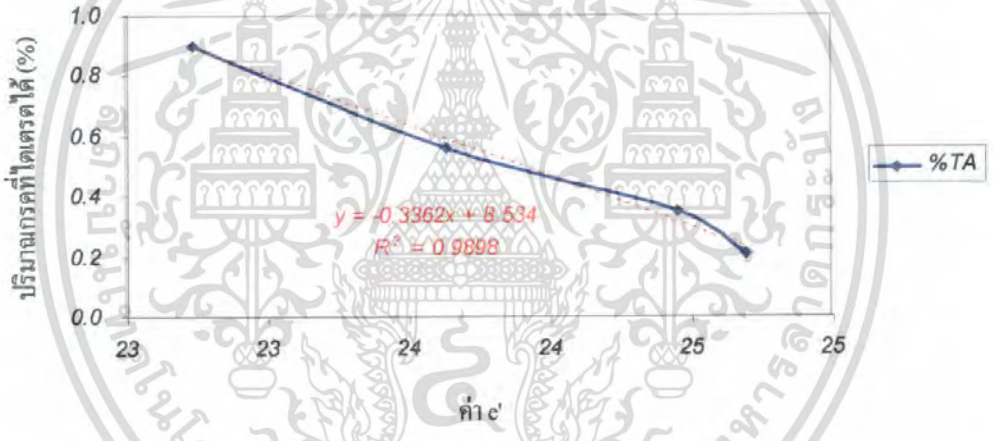


ภาพที่ 18 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ε' กับ %TSS ของมะม่วงสี่ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.8 การหาความสัมพันธ์ระหว่าง ε' กับ %TA ของมะม่วง

จากการหาความสัมพันธ์ระหว่าง ε' กับ %TA ของมะม่วง(ภาพที่ 19) พบว่า ค่า ε' มีความสัมพันธ์แบบแปรผกผันกับ %TA คือ เมื่อระยะเวลาผ่านไป ปริมาณ %TA ของมะม่วงมีค่าลดลงและค่า ε' ที่วัดด้วยเทคนิคไมโครเวฟจะมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อนำไปหาความสัมพันธ์ทางสมการระหว่างค่า ε' กับ %TA ของมะม่วง จะได้ค่าความชันเป็นลบและสมการเส้นตรงเท่ากับ $y = -0.3362x + 8.534$ และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) = 0.9898 เนื่องจากปริมาณกรดได้ถูกใช้ไปในวัฏจักรเครบส์ (Kreb's cycle) ค่าไดอิเล็คตริกจึงมีการเปลี่ยนแปลงไป ทำให้มีความสามารถในการดูดคลื่นไมโครเวฟเพิ่มขึ้น ดังนั้นเมื่อกรดมีปริมาณลดลง ค่า ε' จึงมีค่าเพิ่มขึ้น

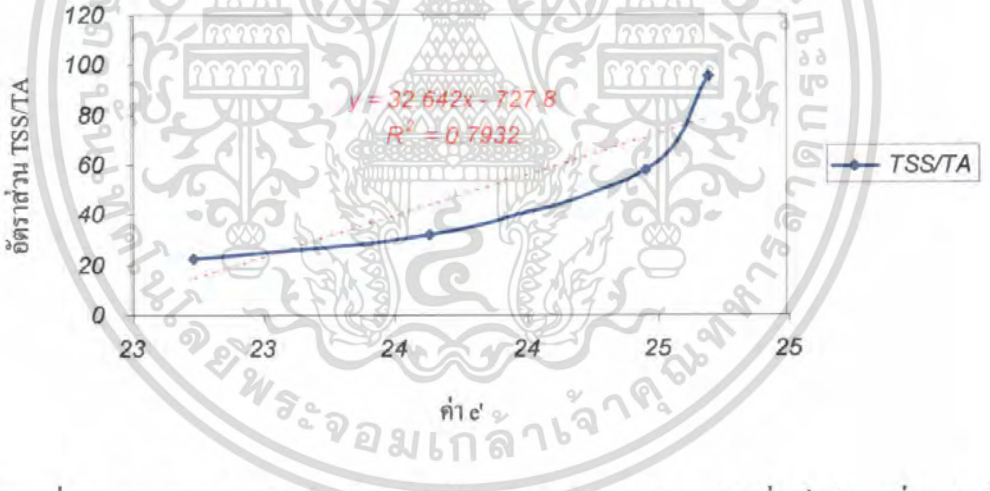


ภาพที่ 19 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าε' และค่า %TA ของมะม่วง เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.9 จากการหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า ε' กับ TSS/TA ของมะม่วง

จากการหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า ε' กับ TSS/TA ของมะม่วง(ภาพที่ 20) พบว่า ค่า ε' มีความสัมพันธ์แบบแปรผกผันกับ TSS/TA คือ เมื่อระยะเวลาผ่านไป ปริมาณ TSS/TA ของมะม่วงมีค่าเพิ่มขึ้นและค่า ε' ที่วัดด้วยเทคนิคไมโครเวฟมีค่าเพิ่มขึ้นเช่นกัน ปริมาณ TSS/TA เป็นปริมาณแสดงรสชาติของมะม่วง การที่ปริมาณ TSS/TA มีค่ามากขึ้น แสดงว่ามะมะม่วงมีความหวานเพิ่มขึ้น เมื่อนำไปหาความสัมพันธ์ทางสมการระหว่างค่า ε' กับ TSS/TA ของมะม่วง จะได้ค่าความชันเป็นบวกและสมการเส้นตรงเท่ากับ $y = 32.642x - 727.8$ และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) = 0.7932 เนื่องจากค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้นและปริมาณกรดมีค่าลดลง ทำให้ค่าไดอิเล็คตริกมีค่าเพิ่มขึ้นดังที่ได้กล่าวมา อัตราส่วนระหว่างค่าของแข็งที่ละลายต่อปริมาณกรดเมื่อมีค่าเพิ่มขึ้น ค่า ε' จึงเพิ่มขึ้นตาม



ภาพที่ 20 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าε' และค่า TSS/TA ของมะม่วงเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

1. มีความเป็นไปได้ในการใช้เทคนิคไมโครเวฟในการตรวจสอบคุณภาพระหว่างกระบวนการสุกของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้
2. ค่าที่เหมาะสมที่สุดในการบอกถึงระดับความสุกของมะม่วงคือค่า %TSS เนื่องจากค่า %TSS เป็นค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ ส่วนใหญ่เป็นปริมาณน้ำตาล ซึ่งเป็นค่าที่ผู้บริโภคมีความเข้าใจได้มากที่สุด
3. สมการที่เหมาะสมที่สุดในการใช้หาความสัมพันธ์ระหว่างค่าทางไฟฟ้าที่ได้จากเทคนิคไมโครเวฟกับค่าทางเคมีของมะม่วงคือ สมการความสัมพันธ์ระหว่างค่า ε' กับ %TSS มีความสัมพันธ์แบบกราฟเส้นตรง สมการที่ได้คือ $y = 3.4214x - 64.111$ และมีค่า $R2 = 0.9397$ เมื่อคำนวณหาค่าความผิดพลาดทางสมการ ได้ค่า % ความแตกต่างอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสนอแนะ

1. ค่าทางไฟฟ้าที่ได้จากเทคนิคไมโครเวฟจะแปรผันตามอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ดังนั้นจึงควรทำการทดลองในวันเดียวกัน หรือทำการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศให้มีค่าใกล้เคียงกันในการทำการทดลอง
2. ควรใช้มะม่วงที่ทราบอายุแน่นอน และมะม่วงที่มีอายุที่แตกต่างกันเพื่อทำให้ทราบถึงค่าที่เปลี่ยนแปลงจากการใช้เทคนิคไมโครเวฟ
3. ควรใช้จำนวนตัวอย่างในการทดลองมากขึ้นเพื่อเพิ่มความถูกต้องของการทดลอง
4. ควรเลือกมะม่วงที่มีขนาดของผลใกล้เคียงกันเพื่อเพิ่มความถูกต้องของการทดลอง
5. ควรใช้หัววัดที่มีลักษณะเหมาะสมกับผลมะม่วง เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสของมะม่วง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กันยา แอ่นกาศ, 2547. การควบคุมการสุกของมะม่วงพันธ์มหาชนกในระหว่างการเก็บรักษาด้วยสาร 1-เมธิลไซโคลโพรพีน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. สาขาวิชาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 132 หน้า.

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2537. สถิติการปลูกไม้ผล – ไม้ยืนต้น ปี 2544. ฝ่ายข้อมูลส่งเสริมการเกษตร กองแผนงาน กรมส่งเสริมการเกษตร. กรุงเทพฯ

คุณวุฒิ สุวพานิช. 2540. ผลของการเก็บรักษาในสภาพควบคุมบรรยากาศที่มีต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของผลมะม่วงพันธุ์เขียวเสวยและน้ำดอกไม้. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. สาขาวิชาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 184 หน้า.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2542. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

ดิเรก เพ็ชรจินดา. 2546 . การตรวจวัดปริมาณความชื้นในเมล็ดพืชแบบไม่ทำลาย โดยใช้เทคนิคไมโครเวฟ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ. 69 หน้า

ทุมพร สุวรรณโคตร และนัฐกีรตา ขอดวงกลาง. 2542. ผลของสารเคลือบผิวที่บริโภคได้ต่อคุณภาพกล้วยหอมหลังการเก็บเกี่ยว. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ. 69 หน้า

วสันต์ เชาว์สมภพ . 2532. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและกายภาพของมะม่วงระหว่างการเก็บรักษา. ปัญหาพิเศษระดับปริญญาตรี. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

วารุณี ธนะแพสย์. 2548. สถานการณ์ปัจจุบันของงานวิจัยและพัฒนาและการใช้ประโยชน์จากเทคนิค NIR Spectroscopy ในประเทศไทย. เอกสารการอบรมเชิงปฏิบัติการการควบคุมคุณภาพสินค้าด้วยเทคนิค Near Infrared Spectroscopy เพื่อการแข่งขันในเวทีการค้าโลก. ณ. อาคารวิทยบริการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 27-28 พฤศจิกายน 2545. กรุงเทพฯ. หน้า 25-36.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิจิตร วังใน. 2529. มะม่วง. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 301 หน้า.

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

สถานวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว.2550 [สืบค้น] เข้าถึงได้จาก: http://www.phtnet.org/potash/web/mango. [15 สิงหาคม. 2550]

สมภพ อยู่เอ. 2546. ผลของการใช้อุณหภูมิสลับและน้ำร้อนต่อการลดอาการสะท้านหนาวของผลมะม่วงน้ำดอกไม้. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. สาขาวิชาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ. 117 หน้า

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

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2550. ปริมาณและมูลค่าสินค้าขาออกเกษตรกรรม. [สืบค้น] เข้าถึงได้จาก : http/www.oae.go.th/oae_go_th/statIm_Ex.php. [6 July 2007]

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.

Ketsa,S.,W. Phakawatmongkol,and S. Subhadrahandhu.1999.Peel enzymatic activity and colour change in ripening mango fruit. Journal of Plant Physiology 154 : 363-336

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

Preiss, J. 1982. Regulation of the biosynthesis and degradation of starch. Plant Physiology. Vol.33: 431-454p.

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Salunkhe, D.K. and Desai, B.B. 1984. Postharvest biotechnology of fruits. Vol.10. CRC Press, Frorida. 208 p

Tucker,G.A.1993.Introduction.pp.1-43.*In*:B.G.Seymour,J.E.Taylor,andG.A.tucker.(eds.). Biochemistry of fruit Ripening. Chapman and hall,London.

Will, R.H.H., Lee, T.H., Graham, D., Meglarson, W.B. and Hall, E.G. 1981. Postharvest: An introduction to Physiology and handling of fruit and vegetables. New South Wales Univ. Press, New South Wales, Australia. 161 p.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 1 ค่า ε′, ε″ ของมะม่วงทั้งผล, ค่า ε′, ε″ ของมะม่วงที่ปอกเปลือก, การสูญเสียน้ำหนัก, ความชื้นเปลือกและเนื้อ, TSS, TA, TSS/TA, สีผิวเปลือกและเนื้อของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4

วันที่	มะม่วงทั้งผล		มะม่วงที่ปอกเปลือก		การสูญเสียน้ำหนัก	ความชื้นเปลือก	ความชื้นเนื้อ	TSS	TA	TSS/TA	สีผิวเปลือก			สีเนื้อ		
เก็บรักษา	ε′	ε″	ε′	ε″	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	L	a	b	L	a	b
0	22.74^{a}	4.63^{a}	62.46^{a}	14.59^{a}	0.00^{a}	71.07^{a}	80.06^{a}	13.11^{a}	0.90^{a}	22.57^{a}	72.30^{b}	-6.61^{a}	34.16^{a}	82.37^{d}	-5.45^{a}	43.11^{a}
2	23.64^{b}	4.84^{a}	63.84^{b}	14.99^{b}	2.99^{b}	72.11^{ab}	80.907^{b}	17.83^{b}	0.56^{b}	31.78^{b}	68.64^{a}	-5.04^{a}	35.69^{b}	78.71^{c}	-3.28^{b}	45.79^{b}
4	24.46^{bc}	5.04^{b}	64.01^{b}	15.23^{b}	5.37^{c}	72.59^{b}	81.18^{bc}	19.66^{c}	0.35^{c}	57.80^{c}	68.09^{a}	-1.92^{b}	41.01^{c}	74.70^{b}	-2.94^{b}	48.53^{c}
6	24.70^{c}	5.38^{b}	64.78^{b}	15.57^{c}	11.07^{d}	72.91^{b}	82.05^{c}	19.84^{c}	0.21^{c}	95.24^{d}	67.75^{a}	-0.41^{b}	42.18^{c}	71.15^{a}	-0.86^{c}	49.12^{c}

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – สกุล: นายบุริมภัทร สุขโชคพานิช
วัน เดือน ปีเกิด : 16 พฤศจิกายน พ.ศ. 2528
ภูมิลำเนา : 67/94 หมู่ 11 ตำบล ต้นโพธิ์ อำเภอ เมือง จังหวัด สิงห์บุรี
ประวัติการศึกษา : สำเร็จการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จาก
โรงเรียนสาธิตสถาบันราชภัฏเทพสตรี
สำเร็จการศึกษาปริญญาตรี จาก คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกลาเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ชื่อ – สกุล: นางสาวญดา ชินารักษ์
วัน เดือน ปีเกิด : 10 พฤษภาคม พ.ศ. 2528
ภูมิลำเนา : 26 ซอย ลาดกระบัง 9 แขวง ลาดกระบัง เขต ลาดกระบัง
กรุงเทพฯ
ประวัติการศึกษา : สำเร็จการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จาก
โรงเรียนศรีบุณยานนท์
สำเร็จการศึกษาปริญญาตรี จาก คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกลาเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ชื่อ – สกุล: นางสาวกัญญามาศ ขจรศักดิ์วรกุล
วัน เดือน ปีเกิด : 31 มกราคม พ.ศ. 2529
ภูมิลำเนา : 179/116 หมู่ 5 ตำบล บ้านสวน อำเภอ เมือง จังหวัด ชลบุรี
ประวัติการศึกษา : สำเร็จการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จาก
โรงเรียนชลราษฎรอำรุง
สำเร็จการศึกษาปริญญาตรี จาก คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกลาเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้