

การศึกษาการชะลอการสุกของมะม่วงน้ำดอกไม้ด้วยถ่านกัมมันต์

นายศักยะสมบัติไพรวาน

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตรและอาหาร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ปีการศึกษา 2555

**A STUDY ON RIPENING DELAY OF NAM DOKMAI
MANGO (*Mangifera indica* Linn.) BY
ACTIVATED CARBON**

Sakaya Sombatpraiwan

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Degree of Master of Engineering in Agricultural and Food Engineering**

Suranaree University of Technology

Academic Year 2012

การศึกษาการชะลอการสุกของมะม่วงน้ำดอกไม้ด้วยถ่านกัมมันต์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นักวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(ผศ. ดร. วีระศักดิ์ เลิศสิริโยธิน)

ประธานกรรมการ

(อ. ดร. เทวรัตน์ ตรีอำนรรค)

กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

(อ. ดร. สามารถ บุญอาจ)

กรรมการ

(ศ. ดร. ชูกิจ ลิ้มปิ๋จันงค์)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

(รศ. ร.อ. ดร. กนต์ธร ชำนิประศาสน์)

คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

ศักยะ สมบัติไพรวิน: การศึกษาการชะลอการสุกของมะม่วงน้ำดอกไม้ด้วยถ่านกัมมันต์
(A STUDY ON RIPENING DELAY OF NAM DOKMAI MANGO (*Mangifera indica*
Linn.) BY ACTIVATED CARBON) อาจารย์ที่ปรึกษา: อาจารย์ ดร. เทวรัตน์ ตรีอำนาจ,
181 หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาการชะลอการสุกของมะม่วงน้ำดอกไม้โดยใช้ถ่านกัมมันต์ดูดซับเอทิลีนเพื่อป้องกันการกระตุ้นตัวเอง (autocatalysis) การศึกษาแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ 1. ศึกษาพฤติกรรมการสุกของมะม่วงน้ำดอกไม้ 2. ศึกษาการชะลอการสุกของมะม่วงน้ำดอกไม้โดยใช้ถ่านกัมมันต์ปริมาณต่างๆ 3. ศึกษาเปรียบเทียบการชะลอการสุกของมะม่วงน้ำดอกไม้ด้วยถ่านกัมมันต์ สารดูดซับเอทิลีน ทางการค้า และ 1-Methylcyclopropene (1-MCP) การศึกษาพฤติกรรมการสุกของมะม่วงน้ำดอกไม้ ใช้มะม่วงอายุ 110 วันหลังดอกบาน (100% mature green) เก็บรักษาที่ $27 \pm 1^\circ\text{C}$, $65 \pm 5\%$ rh. เป็นเวลา 12 วัน ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีคือ ความถ่วงจำเพาะ ความแน่นเนื้อผ่านเปลือก ความแน่นเนื้อ ค่าสีเปลือกและเนื้อ (L^* , a^* , b^*) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS) ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA) ทุกวันวันละ 5 ผล พบว่าเมื่อผลมะม่วงมีการสุกเพิ่มขึ้นค่าความแน่นเนื้อและปริมาณกรดที่สามารถไทเทรตได้มีค่าลดลงส่วนปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ pH และความถ่วงจำเพาะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลงค่าสีทั้งเปลือกและเนื้อพบว่าทั้ง L^* , a^* และ b^* มีค่ามากขึ้นก่อนที่ผลจะเน่าเสีย ยกเว้นค่าสี L^* ของเนื้อจะมีค่าลดลง จากความสัมพันธ์ระหว่างความแน่นเนื้อและระยะเวลาในการเก็บรักษาสามารถแบ่งระยะการสุกของมะม่วงออกเป็น 3 ระยะคือ วันที่ 1-3 อยู่ในระยะเริ่มสุก วันที่ 4-7 อยู่ในระยะสุกและวันที่ 8-12 อยู่ในระยะสุกงอม; การศึกษาการชะลอการสุกของมะม่วงน้ำดอกไม้โดยใช้ถ่านกัมมันต์ปริมาณต่างๆ ทำการศึกษาโดยใช้มะม่วงอายุ 110 วันหลังดอกบาน ร่วมกับถ่านกัมมันต์ที่มีพื้นที่ผิวจำเพาะ $1,050 \text{ m}^2/\text{g}$ การศึกษาแบ่งออกเป็น ชุดควบคุม และชุดที่เก็บรักษาร่วมกับถ่านกัมมันต์ปริมาณ 50,000 150,000 250,000 และ 350,000 เท่าของพื้นที่ผิวมะม่วงทั้ง 3 ผล/กล่อง แต่ละทริตเมนต์บรรจุกล่องละ 3 ผล (ประมาณ 1.5 kg) ในกล่องกระดาษลูกฟูกขนาด $20 \times 30 \times 10 \text{ cm}$ ไม่ทำการเจาะรู เก็บรักษาที่ $13 \pm 1^\circ\text{C}$, $95 \pm 2\%$ rh. เป็นเวลา 45 วัน ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีทุกวัน พบว่าค่าความแน่นเนื้อผ่านเปลือก ค่าความแน่นเนื้อ ค่าสีเปลือกและเนื้อ pH TSS TA และอัตราส่วน TSS/TA ที่ได้จากชุดควบคุมและชุดที่เก็บรักษาร่วมกับถ่านกัมมันต์ทุกระดับปริมาณ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ ถ่านกัมมันต์ที่ใช้ในการศึกษาไม่สามารถชะลอรยะเวลาการสุกของมะม่วงน้ำดอกไม้ได้; การศึกษาเปรียบเทียบการชะลอการสุกของมะม่วงน้ำดอกไม้ด้วยวิธีการค้าและถ่านกัมมันต์ใช้มะม่วงน้ำดอกไม้อายุ 85 วันหลังดอกบาน (85% mature) ผ่านการ Heat treatment ด้วยน้ำร้อน 55°C 5 นาที

ทดสอบ 6 ตรีตเมนต์ ได้แก่ กลุ่มควบคุม กลุ่มบรรจุกล่องพร้อมถ่านกัมมันต์ชนิดผง แกรนูล และ
 เกล็ด อย่างละ 10 g/ซองถุงชา กลุ่มบรรจุกล่องพร้อม Ethylene absorber ที่ใช้ทางการค้า 10 g/ซอง
 สำเร็จรูป จำนวน 1 ซอง และกลุ่มรมด้วย 1-MCP 1,000 ppb 6 ชั่วโมง แต่ละตรีตเมนต์บรรจุกล่อง
 ละ 3 ผล (ประมาณ 1 kg) ในกล่องกระดาษลูกฟูกขนาด 17x25x9 cm ไม่ทำการเจาะรู เก็บรักษาที่
 อุณหภูมิ $13\pm 1^{\circ}\text{C}$, $95\pm 2\%\text{rh}$. 37 วัน ทำการตรวจสอบค่าทางกายภาพและเคมีทุกวัน ผลการศึกษา
 พบว่าค่าความแน่นเนื้อผ่านเปลือก ค่าความแน่นเนื้อ ค่าสีเปลือกและเนื้อ pH TSS TA และ
 อัตราส่วน TSS/TA ของกลุ่มควบคุมและกลุ่มบรรจุกล่องพร้อมถ่านกัมมันต์แบบต่าง ๆ ไม่มีความ
 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ตรีตเมนต์ Ethylene absorber และ 1-MCP ความเข้มข้น
 ดังกล่าวให้ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือกลุ่มของตรีตเมนต์ถ่านกัมมันต์ที่ใช้ใน
 การศึกษานี้ไม่สามารถชะลอการสุก แต่ Ethylene absorber ที่ใช้ทางการค้าและ 1-MCP สามารถ
 ชะลอการสุกของมะม่วงน้ำดอกไม้ได้



SAKAYA SOMBATPRAIWAN: A STUDY ON RIPENING DELAY
OF NAM DOKMAI MANGO (*Mangifera indica* Linn.) BY ACTIVATED
CARBON. THESIS ADVISOR: TAWARAT TREEAMNUK, D.Eng.,
181 PP.

RIPENING DELAY/NAM DOKMAI MANGO/ACTIVATED CARBON

This research aimed to study the ripening delay of Nam Dokmai mango by using activated carbon to adsorb their ethylene for preventing ethylene from stimulating themselves (autocatalysis). The study was divided into three parts: 1) The behavior of mango fruit ripening, 2) The ripening delay of mango using activated carbon adsorption for various amounts, and 3) The comparison of delayed mango ripening by activated carbon adsorption, Ethylene absorber and 1-Methylcyclopropene (1-MCP). For the ripening behavior, the samples of Nam Dokmai mango, aged 110 days after bloom, were stored at $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ $65\pm 5\%$ rh. On a daily basis, 5 fruits of mango were evaluated for physical and chemical quality, such as specific gravity, color of peel and flesh, firmness of peel and flesh, total soluble solids (TSS), pH and titratable acidity (TA). The result showed that there was a decrease in firmness and TA and an increase in specific gravity, TSS and pH during storage. For color change of the peel and flesh, the L^* , a^* and b^* values were increased before its deterioration, except that L^* of the flesh color was reduced. The relation of firmness and storage time can classify the postharvest change in three stages: At 1 – 3 days of storage, it was the pre-ripeness stage. At 4 – 7 days of storage, it was the ripeness stage, and at 8 – 12 days of storage, it was the over-ripeness stage. For the delayed ripening of mango using various amounts of activated carbon adsorption, the samples of Nam Dokmai mango

age 110 days after bloom were stored with charcoal adsorption that has specific surface area of $1,050 \text{ m}^2/\text{g}$ and divided into control and set of activated carbon amount of 50,000 150,000 250,000 and 350,000 times of the surface area of 3 mango fruits (about 1.5 kg)/a carton each treatment. A carton box with the size of 20x30x10 cm having no hole was stored at $13\pm 1^\circ\text{C}$ $95\pm 2\%$ rh. for 45 days of monitoring the physical and chemical changes. It was then found that the firmness and color of peel and flesh, pH TSS TA TSS/TA ratio from control and stored together with the activated carbon of all levels had no statistically significant differences. Activated carbon used in this study could not slow down the ripening period of Nam Dokmai mango. The comparative study of the delayed ripening of mango with a commercial and activated carbon showed that the mango age 85 days after blooming (85% mature) passed heat treatment with 55°C hot water 5 minutes, 6 by treatment such as control and being packed with powder, granules and flake activated carbon at each 10 g/sachet tea bags all packed and trade ethylene absorber using 10 g/pack 1 pack and fume with 1-MCP 1,000 ppb 6 hours. Each treatment group contained three fruits per box (about 1 kg) with carton box of 17x25x9 cm size, and no hole. They were stored at $13\pm 1^\circ\text{C}$ $95\pm 2\%$ rh. for 37 days to investigate the physical and chemical property everyday. The results showed that the firmness across the peel, the firmness and color of peel and flesh pH TSS TA TSS/TA ratio of the control group and the group packed with activated carbon had no statistically significant differences but the treatment using ethylene absorber and 1-MCP had statistically significant differences. So the groups of activated carbon treatment in this study were not able to slow down the ripening but ethylene absorber and 1-MCP could delay the ripening of Nam Dokmai mango.

School of Agricultural Engineering

Student's Signature_____

Academic Year 2012

Advisor's Signature_____

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.กรกช อินทราพิเชฐ ที่ได้เป็นแรงบันดาลใจให้ข้าพเจ้าเข้ามาศึกษาวิทยาศาสตร์บัณฑิตในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ในสมัยการเข้าโครงการ โอลิมปิกวิชาการ (ชีววิทยา) เมื่อตุลาคม 2546 และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พยุงศักดิ์ จุลยุเสนาที่ได้เปิดโอกาส แนะนำความเป็นไปได้ และให้กำลังใจเข้าสู่การศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาด้านสาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร อาจารย์ ดร.เทวรัตน์ และ อาจารย์ ดร.กระวี ตรีอำนรรค ที่ได้อนุเคราะห์ดูแล ไม่เพียงการเขียนวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จ แต่ได้ดูแลการศึกษาและสวัสดิภาพของข้าพเจ้าตลอดการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่ให้ทุนการศึกษาวิจัยภายใต้โครงการ OROG และเจ้าหน้าที่ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 3 คุณนวลปรางค์ อุทัยดา คุณสมยง พิมพ์พรม กับทั้งคณะเจ้าหน้าที่ที่ได้อุปการะโดยประการทั้งปวงตลอดที่ข้าพเจ้าทำการศึกษา ทั้งรุ่นพี่ร่วมเรียนที่โรงไฟฟ้าชีวมวลและจักรกลเกษตรทุกท่าน, เพื่อนที่ศูนย์เครื่องมือฯ

ขอขอบคุณคณาจารย์ในสาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร 2553-2555 ที่ได้รับเข้า เปิดโอกาสให้ข้าพเจ้าได้มาเรียนรู้สรรพวิทยาอย่างกว้างขวางด้วยสำนึกว่านักศึกษาปริญญาตรีมาจากต่างสำนักวิชา แต่นักศึกษาพึงศึกษาและเข้าใจในตัวบทวิชาได้ หากไม่แล้ว ข้าพเจ้าจะรู้เพียงกรอบความรู้หนึ่งเดียวในสาขาวิชาเดิม อนึ่ง องค์ความรู้ที่ได้จากการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษานี้ จะได้เพียงบทสรุปในบทคัดย่อก็หาไม่ แต่ทุกสิ่งที่ได้จากการศึกษาปริญญาตรี จะเป็นองค์ความรู้ที่ข้าพเจ้าจะใช้ไปตลอดชีวิต

ข้าพเจ้าจะใช้ความรู้ทั้งทางวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และองค์ความรู้ทั้งสิ้นโดยสุจริต เพื่อประโยชน์แก่สังคม ความดีของวิทยานิพนธ์นี้ ข้าพเจ้าจะจงใจมอบแด่ครูบาอาจารย์ผู้สั่งสอนและบิดามารดาเพียงเท่านี้ก็หามิได้ เพราะวิทยานิพนธ์นี้และอื่น ๆ ก็คือทรัพยากรทางวิทยาการที่บุคคลสอบทานวิจัยออกมา ย่อมเป็นทรัพย์สินประโยชน์ของโลกโดยมมมอมมหภาค

ศักยะ สมบัติไพรวิน

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย).....	ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ).....	ก
กิตติกรรมประกาศ.....	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญรูป.....	ฎ
บทที่	
1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย.....	3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
2 ปรัชญาบรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 มะม่วงน้ำดอกไม้.....	4
2.2 การสุก บทบาทของเอทิลีน และการชะลอการสุก.....	5
2.3 การดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์.....	14
2.4 มาตรฐานคุณภาพผลมะม่วง การส่งออก และวิธีการส่งออก.....	19
3 วิธีดำเนินการวิจัย	
3.1 การทดลองที่ 1 การศึกษาพฤติกรรมระหว่างการสุกของมะม่วงน้ำดอกไม้หลังการเก็บเกี่ยวที่สภาวะปกติ.....	24
3.1.1 วัสดุอุปกรณ์.....	24
3.1.2 สถานที่ทำการทดลอง.....	24
3.1.3 ระยะเวลาการทำทดลอง.....	24
3.1.4 วิธีการทดลอง.....	24
3.1.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	27

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.1.6	การวิเคราะห์ข้อมูล.....	27
3.2	การทดลองที่ 2 การศึกษาอิทธิพลของปริมาณถ่านกัมมันต์โดยเทียบอัตราส่วนพื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์ต่อพื้นที่ผิวผลมะม่วง 50,000 150,000 250,000 และ 350,000 เท่าในการชะลอการสุกของมะม่วงน้ำดอกไม้.....	27
3.2.1	วัสดุอุปกรณ์.....	27
3.2.2	สถานที่ทำการทดลอง.....	28
3.2.3	ระยะเวลาการทำทดลอง.....	28
3.2.4	วิธีการทดลอง.....	28
3.2.5	การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	30
3.2.6	การวิเคราะห์ข้อมูล.....	30
3.3	การทดลองที่ 3 การศึกษาอิทธิพลของถ่านกัมมันต์ชนิดต่าง ๆ เทียบกับการใช้สารชะลอการสุกทางการค้าและการรมด้วย 1-MCP.....	30
3.3.1	วัสดุอุปกรณ์.....	30
3.3.2	สถานที่ทำการทดลอง.....	31
3.3.3	ระยะเวลาการทำทดลอง.....	31
3.3.4	วิธีการทดลอง.....	31
3.3.5	การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	38
3.3.6	การวิเคราะห์ข้อมูล.....	38
4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผล	
4.1	ผลการทดลองที่ 1 การศึกษาพฤติกรรมระหว่างการสุกของมะม่วงน้ำดอกไม้หลังการเก็บเกี่ยวที่สภาวะปกติ.....	39
4.1.1	ความถ่วงจำเพาะ.....	39
4.1.2	การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและสีเนื้อมะม่วงที่ตำแหน่งใกล้ขั้วผล กลางผล และใกล้ปลายผล.....	40
4.1.3	ความแน่นเนื้อผ่านเปลือกและความแน่นเนื้อที่ตำแหน่งใกล้ขั้วผล กลางผล และใกล้ปลายผล.....	45
4.1.4	ค่าความเป็นกรดต่าง.....	47

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.1.5	การวัดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้.....	47
4.1.6	ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้.....	48
4.1.7	อัตราส่วนปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรด ที่ไทเทรตได้.....	49
4.2	ผลการทดลองที่ 2 การศึกษาการชะลอการสุกของมะม่วงน้ำดอกไม้ ในสถานะเก็บรักษาด้วยความเย็นและถ่านกัมมันต์	50
4.2.1	ความถ่วงจำเพาะ.....	50
4.2.2	การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและสีเนื้อมะม่วงที่ตำแหน่งใกล้ขั้วผล กลางผล และใกล้ปลายผล.....	50
4.2.3	ความแน่นเนื้อผ่านเปลือกและความแน่นเนื้อที่ตำแหน่งใกล้ขั้วผล กลางผล และใกล้ปลายผล.....	69
4.2.4	ค่าความเป็นกรดต่าง	75
4.2.5	การวัดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้.....	77
4.2.6	ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้.....	78
4.2.7	อัตราส่วนปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรด ที่ไทเทรตได้.....	79
4.3	ผลการทดลองที่ 3 การศึกษาการชะลอการสุกของมะม่วงน้ำดอกไม้ด้วยถ่าน กัมมันต์ โดยเทียบกับสารดูดซับเอทิลีนทางการค้า และ 1-Methylcyclopropene.....	84
4.3.1	การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและสีเนื้อมะม่วง	84
4.3.2	ความแน่นเนื้อผ่านเปลือกและความแน่นเนื้อ.....	91
4.3.3	ค่าความเป็นกรดต่าง	93
4.3.4	การวัดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้.....	94
4.3.5	ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้.....	95
4.3.6	อัตราส่วนปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรด ที่ไทเทรตได้.....	96
5	บทสรุป	99
5.1	ผลการทดลองที่1 การศึกษาพฤติกรรมระหว่างการสุกของมะม่วงน้ำดอกไม้หลังการ	

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

เก็บเกี่ยวที่สภาวะปกติ	99
5.2 การศึกษาการชะลอการสุกของมะม่วงน้ำดอกไม้ในสภาวะเก็บรักษาด้วยความเย็นและ ถ่านกัมมันต์	99
5.3 การศึกษาการชะลอการสุกของมะม่วงน้ำดอกไม้ด้วยถ่านกัมมันต์ โดยเทียบกับสารดูด ซับเอทิลีนทางการค้า และ 1-Methylcyclopropene	100
รายการอ้างอิง	102
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก คุณลักษณะถ่านกัมมันต์ สารดูดซับเอทิลีน และ 1- MCP ที่ใช้ในการทดลอง	111
ภาคผนวก ข แสดงค่าการจัดระดับทางสถิติ	114
ภาคผนวก ค รายชื่อบทความที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในระหว่างการศึกษา	168
ประวัติผู้เขียน	181



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ความเข้มข้นของก๊าซบางชนิดในการแสดงผลเทียบเท่าเอทิลีน	7
2.2 ข้อกำหนดเรื่องขนาดของผลมะม่วง	20
4.1 ค่าการทดสอบไฮโมจินิตีของวาเรียนซ์สี่เปลือกที่ตำแหน่งต่าง ๆ	43
4.2 ค่าการทดสอบไฮโมจินิตีของวาเรียนซ์สี่เนื้อที่ตำแหน่งต่าง ๆ	43
4.3 ค่าการทดสอบไฮโมจินิตีของความแน่นเนื้อผ่านเปลือกที่ตำแหน่งต่าง ๆ	46
4.4 การทดสอบไฮโมจินิตีของความแน่นเนื้อที่ตำแหน่งต่าง ๆ	47
4.5 ค่าการทดสอบไฮโมจินิตีของค่าลี L* เปลือกที่ตำแหน่งต่าง ๆ	52
4.6 ค่าการทดสอบไฮโมจินิตีของค่าลี a* เปลือกที่ตำแหน่งต่าง ๆ	55
4.7 ค่าการทดสอบไฮโมจินิตีของค่าลี b* เปลือกที่ตำแหน่งต่าง ๆ	58
4.8 ค่าการทดสอบไฮโมจินิตีของค่าลี L* เนื้อที่ตำแหน่งต่าง ๆ	61
4.9 ค่าการทดสอบไฮโมจินิตีของค่าลี a* เนื้อที่ตำแหน่งต่าง ๆ	64
4.10 ค่าการทดสอบไฮโมจินิตีของค่าลี b* เนื้อที่ตำแหน่งต่าง ๆ	67
4.11 ค่าการทดสอบไฮโมจินิตีของความแน่นเนื้อผ่านเปลือกที่ตำแหน่งต่าง ๆ	71
4.12 ค่าการทดสอบไฮโมจินิตีของความแน่นเนื้อที่ตำแหน่งต่าง ๆ	74

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1	การจำแนกไอโซเทอร์มการดูดซับตาม IUPAC16
2.2	อัตราการลดลงของปริมาณเอทิลีน โดยใช้สารดูดซับชนิดต่าง ๆ18
2.3	ปริมาณและมูลค่าส่งออกมะม่วงสดของประเทศไทย ระหว่างปี 2545-255421
2.4	แผนผังภาพแสดงขั้นตอนการส่งออกมะม่วงน้ำดอกไม้สู่ประเทศญี่ปุ่น22
2.5	แผนผังภาพแสดงระเบียบวิธีประกันคุณภาพมะม่วงน้ำดอกไม้ส่งออก23
3.1	การแทนที่น้ำโดยด้วยยูเรกาเพื่อหาปริมาณผลมะม่วง25
3.2	ชิ้นตัวอย่างมีเปลือกและเนื้อตำแหน่งบน กลาง และล่างของผลจำนวน 15 ผล , การกด penetrometer และ การแสดงค่าของเครื่อง26
3.3	ผังลำดับอธิบายวิธี การเตรียมสารละลาย27
3.4	การอบแห้งแบบชั้นบางเพื่อไล่ความชื้นและก๊าซที่ถูกจับไว้28
3.5	วิธีพิจารณาพื้นที่ผิวมะม่วงเพื่อคำนวณปริมาณถ่านกัมมันต์ที่นำมาใช้ในแต่ละกล่อง29
3.6	การคัดคุณภาพมะม่วงที่นำมาใช้ทดลอง32
3.7	การ heat treatment 55 °C 5 นาที32
3.8	อบแห้งแบบชั้นบางที่ 105 °C 2 ชั่วโมง เป็นครั้งที่ 233
3.9	บรรจุของถ่านกัมมันต์ลงกล่อง33
3.10	เลือก Image > เลือก Mode > เลือก Lab color35
3.11	เลือก Workspace > Image Analysis35
3.12	การแสดงผลค่าสีในระบบ (L*, a*, b*) ด้วยซอฟต์แวร์ Adobe Photoshop CS336
3.13	การใช้ texture analyzer และตำแหน่งกด36
3.14	การแสดงผลค่าความแน่นเนื้อของเครื่อง texture analyzer37
3.15	มะม่วงในการศึกษาอิทธิพลของประเภทถ่านกัมมันต์ชนิดต่าง ๆ เทียบกับการใช้สาร ชะลอการสุกทางการค้า และการรมด้วย 1-MCP38
4.1	การเปลี่ยนแปลงของค่าความถ่วงจำเพาะตามจำนวนวันหลังการเก็บเกี่ยว39
4.2	การเปลี่ยนแปลงสี (L*,a*,b*) ของเปลือกบริเวณใกล้ขั้วผล กลางผล และใกล้ปลายผล ตามจำนวนวันหลังการเก็บเกี่ยว41

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.3 การเปลี่ยนแปลงของสี (L^*, a^*, b^*) ของเนื้อบริเวณใกล้ขั้วผล กลางผล และใกล้ปลายผล ตามจำนวนวันหลังการเก็บเกี่ยว	41
4.4 สภาพผลวันที่ 5 และ 9 ของการเก็บรักษา	42
4.5 การเปลี่ยนแปลงของสีเปลือกและสีเนื้อตามจำนวนวันหลังการเก็บเกี่ยว	44
4.6 การเปลี่ยนแปลงของสีเปลือกและสีเนื้อเมื่อเทียบกับวันที่ 1 หลังการเก็บเกี่ยว (ΔE)	45
4.7 การลดลงของค่าความแน่นเนื้อผ่านเปลือกที่ตำแหน่งใกล้ขั้วผล กลางผล ใกล้ปลายผล และค่าเฉลี่ยตามจำนวนวันหลังการเก็บเกี่ยว	45
4.8 การลดลงของค่าความแน่นเนื้อที่ตำแหน่งใกล้ขั้วผล กลางผล ใกล้ปลายผล และค่าเฉลี่ยตามจำนวนวันหลังการเก็บเกี่ยว	46
4.9 การเพิ่มขึ้นของค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ตามจำนวนวันหลังการเก็บเกี่ยว	47
4.10 การเพิ่มขึ้นของปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ตามจำนวนวันหลังการเก็บเกี่ยว	48
4.11 การลดลงของปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ตามจำนวนวันหลังการเก็บเกี่ยว	49
4.12 อัตราส่วนปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ต่อ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ตามจำนวนวันหลังการเก็บเกี่ยว	49
4.13 การเปลี่ยนแปลงของค่าความถ่วงจำเพาะในทริตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา	50
4.14 การเปลี่ยนแปลงค่าสี L^* ที่เปลือกบริเวณใกล้ขั้วผลในทริตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา	51
4.15 การเปลี่ยนแปลงค่าสี L^* ที่เปลือกบริเวณกลางผลในทริตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา	51
4.16 การเปลี่ยนแปลงค่าสี L^* ที่เปลือกบริเวณใกล้ปลายผลในทริตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา	52
4.17 การเปลี่ยนแปลงค่าสี L^* ที่เปลือกเฉลี่ยทั้ง 3 ตำแหน่งในทริตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา	53
4.18 การเปลี่ยนแปลงค่าสี a^* ที่เปลือกบริเวณใกล้ขั้วผลในทริตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา	54

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.19 การเปลี่ยนแปลงค่าสี a^* ที่เลือกบริเวณกลางผลในทริตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา	54
4.20 การเปลี่ยนแปลงค่าสี a^* ที่เลือกบริเวณใกล้ปลายผลในทริตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา	55
4.21 การเปลี่ยนแปลงค่าสี a^* ที่เลือกเฉลี่ยทั้ง 3 ตำแหน่งในทริตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา	55
4.22 การเปลี่ยนแปลงค่าสี b^* ที่เลือกบริเวณใกล้ขั้วผลในทริตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา	56
4.23 การเปลี่ยนแปลงค่าสี b^* ที่เลือกบริเวณกลางผลในทริตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา	57
4.24 การเปลี่ยนแปลงค่าสี b^* ที่เลือกบริเวณใกล้ปลายผลในทริตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา	57
4.25 การเปลี่ยนแปลงค่าสี b^* ที่เลือกเฉลี่ยทั้ง 3 ตำแหน่งในทริตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา	58
4.26 การเปลี่ยนแปลงของค่าสี ΔE ที่เลือกเฉลี่ยทั้ง 3 ตำแหน่งในทริตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา	59
4.27 การเปลี่ยนแปลงค่าสี L^* ที่เนื้อบริเวณใกล้ขั้วผลในทริตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา	60
4.28 การเปลี่ยนแปลงค่าสี L^* ที่เนื้อบริเวณกลางผลในทริตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา	60
4.29 การเปลี่ยนแปลงค่าสี L^* ที่เนื้อบริเวณใกล้ปลายผลในทริตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา	61
4.30 การเปลี่ยนแปลงค่าสี L^* ที่เนื้อเฉลี่ยทั้ง 3 ตำแหน่งในทริตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา	62
4.31 การเปลี่ยนแปลงค่าสี a^* ที่เนื้อบริเวณใกล้ขั้วผลในทริตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา	63

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.32 การเปลี่ยนแปลงค่าสี a^* ที่เนื้อบริเวณกลางผลในทริตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวัน เก็บรักษา	63
4.33 การเปลี่ยนแปลงค่าสี a^* ที่เนื้อบริเวณใกล้ปลายผลในทริตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวัน เก็บรักษา	64
4.34 การเปลี่ยนแปลงค่าสี a^* ที่เนื้อเฉลี่ยทั้ง 3 ตำแหน่งในทริตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวัน เก็บรักษา	64
4.35 การเปลี่ยนแปลงค่าสี b^* ที่เนื้อบริเวณใกล้ขั้วผลในทริตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวัน เก็บรักษา	65
4.36 การเปลี่ยนแปลงค่าสี b^* ที่เนื้อบริเวณกลางผลในทริตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวัน เก็บรักษา	66
4.37 การเปลี่ยนแปลงค่าสี b^* ที่เนื้อบริเวณใกล้ปลายผลในทริตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวัน เก็บรักษา	66
4.38 การเปลี่ยนแปลงค่าสี b^* ที่เนื้อเฉลี่ยทั้ง 3 ตำแหน่งในทริตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวัน เก็บรักษา	67
4.39 การเปลี่ยนแปลงของค่าสี Delta E ที่เนื้อเฉลี่ยทั้ง 3 ตำแหน่งในทริตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา	68
4.40 การลดลงของค่าความแน่นเนื้อผ่านเปลือกบริเวณใกล้ขั้วผลในทริตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา	70
4.41 การลดลงของค่าความแน่นเนื้อผ่านเปลือกบริเวณกลางผลในทริตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา	70
4.42 การลดลงของค่าความแน่นเนื้อผ่านเปลือกบริเวณใกล้ปลายผลในทริตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา	71
4.43 การลดลงของค่าความแน่นเนื้อผ่านเปลือกเฉลี่ยทั้ง 3 ตำแหน่งในทริตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา	72
4.44 การลดลงของค่าความแน่นเนื้อบริเวณใกล้ขั้วผลในทริตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวัน เก็บรักษา	73

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.45 การลดลงของค่าความแน่นเนื้อบริเวณกลางผลในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวัน เก็บรักษา	73
4.46 การลดลงของค่าความแน่นเนื้อบริเวณใกล้ปลายผลในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวน วันเก็บรักษา.....	74
4.47 การลดลงของค่าความแน่นเนื้อเฉลี่ยทั้ง 3 ตำแหน่งในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวน วันเก็บรักษา.....	75
4.48 การเพิ่มขึ้นของค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวน วันเก็บรักษา.....	76
4.49 การเพิ่มขึ้นของปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวน วันเก็บรักษา.....	78
4.50 การลดลงของปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา	79
4.51 การเปลี่ยนแปลงของค่าอัตราส่วนปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ ไทเทรตได้ในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา	81
4.52 สภาพผลมะม่วงในวันที่ 16 ของการเก็บรักษา ผลที่ 1-3 เป็นหน่วยทดลองของกลุ่ม ควบคุม ผลที่ 4-6, 7-9, 10-12 และ 13-15 เป็นหน่วยทดลองในทรีตเมนต์ถ่านกัมมันต์ 50,000 150,000 250,000 และ 50,000 เท่าตามลำดับ	82
4.53 สภาพผลมะม่วงในวันที่ 21 ของการเก็บรักษา ผลที่ 1-3 เป็นหน่วยทดลองของกลุ่ม ควบคุม ผลที่ 4-6, 7-9, 10-12 และ 13-15 เป็นหน่วยทดลองในทรีตเมนต์ถ่านกัมมันต์ 50,000 150,000 250,000 และ 50,000 เท่าตามลำดับ	82
4.54 สภาพผลมะม่วงในวันที่ 33 ของการเก็บรักษา ผลที่ 1-3 เป็นหน่วยทดลองของกลุ่ม ควบคุม ผลที่ 4-6, 7-9, 10-12 และ 13-15 เป็นหน่วยทดลองในทรีตเมนต์ถ่านกัมมันต์ 50,000 150,000 250,000 และ 50,000 เท่าตามลำดับ	83
4.55 การเปลี่ยนแปลงค่าสี L* ที่เปลือกบริเวณกลางผลในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวัน เก็บรักษา	85
4.56 การเปลี่ยนแปลงค่าสี a* ที่เปลือกบริเวณกลางผลในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวัน เก็บรักษา	85

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.57 การเปลี่ยนแปลงค่าสี b^* ที่เปลือกบริเวณกลางผลในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา	86
4.58 การเปลี่ยนแปลงของค่าสี Delta E ที่เปลือกบริเวณกึ่งกลางผลในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา	87
4.59 การเปลี่ยนแปลงค่าสี L^* ที่เนื้อบริเวณกลางผลในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา	88
4.60 การเปลี่ยนแปลงค่าสี a^* ที่เนื้อบริเวณกลางผลในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา	89
4.61 การเปลี่ยนแปลงค่าสี b^* ที่เนื้อบริเวณกลางผลในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา	90
4.62 การเปลี่ยนแปลงของค่าสี Delta E ที่เนื้อบริเวณกึ่งกลางผลในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา	91
4.63 การลดลงของความแน่นเนื้อผ่านเปลือกบริเวณกึ่งกลางผลในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา	92
4.64 การลดลงของความแน่นเนื้อบริเวณกึ่งกลางผลในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา	93
4.65 การเพิ่มขึ้นของปริมาณของค่าความเป็นกรด-ด่างในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา	94
4.66 การเพิ่มขึ้นของปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา	95
4.67 การลดลงของปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา.....	96
4.68 การเปลี่ยนแปลงของค่าอัตราส่วนปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา.....	97
4.69 ภาพแสดงลักษณะผลมะม่วงในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา	98

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

สัตว์ต่าง ๆ และมนุษย์ไม่สามารถสร้างอาหารได้ด้วยตนเอง ต้องอาศัยอาหารจากพืชและสัตว์อื่น ๆ ในสมัยโบราณอาหารตามธรรมชาติมีอยู่อย่างเหลือเฟือ แม้กระนั้นก็ยังต้องมีการเก็บสะสมอาหารไว้บ้างในฤดูที่อาหารตามธรรมชาติไม่อุดมสมบูรณ์ ต่อมาประชากรเพิ่มมากขึ้น อาหารตามธรรมชาติไม่พอเพียง มนุษย์จึงมีการเพาะปลูกเพิ่มเติม ในระยะหลังมานี้เมื่อประชากรโลกเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว การผลิตอาหารไม่พอเพียงกับความต้องการของประชากรโลก จึงได้มีการพัฒนาการผลิตในด้านต่าง ๆ ทั้งขยายพื้นที่การเพาะปลูก การใช้ปุ๋ย การใช้สารเคมี ทำให้บรรเทาการขาดแคลนอาหารลงได้บ้าง เมื่อเมืองขยายตัวพร้อมกันกับพื้นที่การเพาะปลูกที่ลดน้อยลง เทคนิคในการผลิตเริ่มถึงจุดอิมตัว ทว่าในขณะที่เดียวกันยังมีอาหารอีกส่วนหนึ่งสูญหายไปโดยเปล่าประโยชน์ เพราะขาดการดูแลเอาใจใส่หลังการเก็บเกี่ยว การรณรงค์ให้เห็นความสำคัญของการปฏิบัติภายหลังการเก็บเกี่ยวเหล่านี้จึงเกิดขึ้นโดยองค์การอาหารและเกษตรแห่งชาติ (FAO) ในปี ค.ศ. 1975 โดยมีเป้าหมายเพื่อลดการสูญเสียผลิตผลภายหลังการเก็บเกี่ยวลง

ประเทศไทยเป็นประเทศที่สามารถผลิตอาหารได้อย่างมากมาย สามารถผลิตส่งออกได้ปีละหลายหมื่นล้านบาท แต่ยังคงต้องสนใจในด้านการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวด้วย โดยมูลค่าการส่งออกผลผลิตของพืชส่วนใหญ่เป็นธัญพืช ขณะที่ผักผลไม้และดอกไม้มีส่วนของการส่งออกนับว่าน้อยมากเมื่อเทียบกับธัญพืช สาเหตุสำคัญประการหนึ่งคือ เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวยังไม่ดีพอ ประกอบกับผลผลิตทางการเกษตรเหล่านี้มีการเสื่อมสภาพค่อนข้างเร็ว (เรณู จำเลิศ, 2549) หลายท่านอาจมองว่าผลิตผลเหล่านี้ไม่มีความสำคัญสำหรับชีวิตประจำวันนักเมื่อเทียบกับข้าวและธัญพืชอื่น ๆ ทว่าผักและผลไม้เหล่านี้ เป็นแหล่งสำคัญของสารอาหารประเภทวิตามิน สารพฤกษเคมี (phytonutrients) เกลือแร่ และเส้นใย (dietary fiber) ขณะที่ดอกไม้ก็ให้ความอภิรมย์แก่จิตใจมนุษย์ ไม่ว่าจะเป็นการแสดงความยินดี การประดับ แม้กระทั่งการแสดงความรัก โศก นอกจากนั้นประชาชนในประเทศที่มีมาตรฐานการครองชีพสูง มักสนใจในเรื่องของอาหาร สมดุลของปริมาณสารอาหาร มีการรับประทานผักและผลไม้มากขึ้น และมักนิยมบริโภคแต่ผลผลิตที่มีคุณภาพดีเท่านั้นด้วย

แม้ว่าประเทศไทยสามารถผลิตผักและผลไม้สดในแต่ละปีได้เป็นจำนวนมาก ทว่าการ

ขนส่งขายต่างประเทศต้องใช้ระยะเวลา กอปรกับผลผลิตมีการสุกและเสียหายไปเรื่อย ๆ การขนส่งด้วยเครื่องบินอาจเป็นวิธีที่ไม่เหมาะสมนักเนื่องจากค่าใช้จ่ายที่สูง ทำให้เฉพาะกับประเทศที่ให้ค่าตอบแทนสูง เช่น ญี่ปุ่น แม้กระนั้นญี่ปุ่นซึ่งเป็นตลาดมะม่วงน้ำดอกไม้อันดับ 1 ของไทย กลับไม่มีความจำเป็นในการชะลอการสุกเพราะต้องมีการบ่มระหว่างที่เก็บในห้องเย็นให้สุกทันทีที่ลงขาย การขยายตลาดในอนาคตสู่ประเทศที่อยู่ห่างไกลและมีค่าครองชีพต่ำเป็นสิ่งจำเป็นในการเลี้ยงประชากรโลกที่เพิ่มมากขึ้น ซึ่งการกระจายจำหน่ายผลิตผลในฐานะครัวของโลกของประเทศไทยพึงมองให้กว้างถึงประเทศเหล่านี้ หนึ่งในผลไม้สดที่เป็นชื่อเสียงของประเทศไทยคือมะม่วงน้ำดอกไม้ ซึ่งระหว่างที่เกิดการสุก มีการผลิตเอทิลีน 2 ระบบ ระบบที่ 1 เป็นการสร้างเอทิลีนในระดับต่ำ พบในเนื้อเยื่อพืชทุกชนิด ระบบที่สอง เป็นการสร้างเอทิลีนตอบสนองต่อเอทิลีนในผลไม้ประเภท climacteric ที่เอทิลีนกระตุ้นตัวเอง หรือ autocatalysis และยิ่งให้เอทิลีนจากภายนอก (หรือการที่ผลปลดปล่อยออกมาเอง) แก่ผลไม้ ประเภท climacteric การสุกก็เกิดได้เร็วขึ้น และตัวผลไม้เองก็จะสร้างเอทิลีนกระตุ้นกระบวนการสุกเพิ่มขึ้นไปอีก (จริงแท้ ศิริพานิช, 2549) จึงได้มีการหาทางชะลอการสุกด้วยปัจจัยภายใน เช่นการตัดแต่งพันธุกรรม และปัจจัยภายนอก เช่นการลดอุณหภูมิ การใช้บรรยากาศดัดแปลง การใช้ค้างทับทิมในวัสดุคลุมบรรจุในภาชนะเก็บผลผลิตเพื่อออกซิโคซ์เอทิลีน (มยุรี สักทอง, 2538; จริงแท้ ศิริพานิช และดารณี ศิริวงศ์ไพศาล, 2539) หรือการใช้สารที่เป็น competitive inhibitor (ยับยั้งแบบแย่งจับกับ ethylene receptor) เช่น ไอออนของเงินจาก silver nitrate (AgNO_3), silver thiosulfate (STS หรือ $\text{Ag}_2\text{H}_2\text{O}_3\text{S}_2^{+2}$) และการใช้ 1-methylcyclopropene (1-MCP) (จารุวัฒน์ โรจนภัทรากุล และศิริชัย กัลยาณรัตน์, 2545; เบญจมาศ รัตนชินกร และคณะ, 2548) นอกจากนี้ ยังมีความพยายามที่จะ ผลิตกระดาษฟางข้าวเป็นบรรจุภัณฑ์เพื่อดูดซับเอทิลีน (ชัยพร สามพุ่มพวง และรังสิณี โสธรวิทย์, 2550) บรรจุภัณฑ์แอกทีฟกล่องกระดาษลูกฟูกขึ้นรูปพร้อมผงถ่านกัมมันต์เพื่อดูดซับเอทิลีน (พรชัย ราชตะนะพันธุ์ และคณะ, 2553) ถ่านกัมมันต์ (activated carbon หรือ activated charcoal) (ปริญทร เต็มญารศิริปป์, 2551) เป็นถ่านที่อยู่ในรูปคาร์บอนอสัณฐาน (amorphous) ถูกผลิตขึ้นมาโดยกระบวนการก่อกัมมันต์ (activation) ซึ่งทำให้มีพื้นที่ผิวภายในเพิ่มขึ้นอันเนื่องมาจากโครงสร้างที่เป็นรูพรุนจำนวนมาก หากศึกษาด้วยเอ็กซ์เรย์ดิฟแฟรกชัน (X-ray diffraction) หรือศึกษาโครงสร้างจากการสะท้อนและเบี่ยงเบนของรังสีเอ็กซ์เมื่อตกกระทบวัตถุ โครงสร้างของถ่านกัมมันต์จะมีผลึกอยู่บ้าง แต่ไม่สมบูรณ์เหมือนกับแกรไฟต์ จากคุณสมบัติเหล่านี้จึงทำให้ถ่านกัมมันต์แตกต่างจากถ่านชนิดอื่น ๆ เช่น ถ่านลิกไนต์ ถ่านโค้ก ถ่านไม้ หรือแกรไฟต์ เป็นต้น ถ่านกัมมันต์มีความสามารถในการดูดซับสูงอันเนื่องมาจากมีพื้นที่ผิวมาก ความจุในการดูดซับสูง ผิวโครงสร้างเป็นแบบรูพรุนขนาดเล็กจำนวนมาก (microporous structure) และมีความว่องไวในการดูดซับสูง

ด้วยความสามารถในการดูดซับสารหลายชนิด จึงได้มีสมมติฐานที่จะนำถ่านกัมมันต์มาใช้ชะลอการสุกของมะม่วงน้ำดอกไม้ในสภาพการเก็บรักษาจริง ซึ่งในสภาพจริงมีก๊าซหลายชนิด และปริมาณต่าง ๆ (unknown gases - volume) ความชื้น ผลของอุณหภูมิ ปริมาณเวลา และการแสดงลักษณะการสุก ฉะนั้นหากทำการ ศึกษาเพียงค่า ความสามารถในการ การดูดซับเมื่อให้เอทิลีนผ่านชั้นถ่านกัมมันต์ จะไม่สามารถตอบปัญหาของวิทยานิพนธ์นี้ได้อย่างครอบคลุมปัจจัย จำจะต้องทดลองจริงเพื่อให้เห็นสภาพผลลัพธ์และอิทธิพลของปัจจัยอื่น ๆ ที่อาจให้ผลกระทบ

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลัก คือ ศึกษา ถึงศักยภาพของถ่านกัมมันต์ในการนำมาใช้ชะลอการสุกของมะม่วงน้ำดอกไม้ ซึ่งเกิดจาก autocatalysis ของเอทิลีนในสภาพเก็บรักษา

1.3 ขอบเขตการวิจัย

ศึกษาพฤติกรรมการสุกของมะม่วงน้ำดอกไม้ที่อุณหภูมิปกติ $27 \pm 1^{\circ}\text{C}$ $65 \pm 5\% \text{rh}$. เพื่อใช้เป็นเกณฑ์เปรียบเทียบกับ การเก็บรักษาด้วยความเย็นร่วมกับ ถ่านกัมมันต์ที่ $13 \pm 1^{\circ}\text{C}$ $95 \pm 2\% \text{rh}$. ในการชะลอการสุกของมะม่วงน้ำดอกไม้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) ได้ผลการศึกษาพฤติกรรมการสุกและการชะลอการสุกของผลมะม่วงน้ำดอกไม้ในสภาพเก็บรักษาที่แตกต่างกันไป
- 2) ได้ผลการศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการนำ ถ่านกัมมันต์ มาใช้เพื่อ ชะลอการสุกของมะม่วงน้ำดอกไม้และจะเป็นประโยชน์ต่อผลไม้อื่น ๆ
- 3) ได้ผลการเปรียบเทียบระหว่างการใช้ ถ่านกัมมันต์ และสารชะลอการสุก Ethylene absorber ที่ใช้ทางการค้า และการรมด้วย 1,000 ppb 25°C 6 ชั่วโมง 1-MCP

บทที่ 2

ปรีทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 มะม่วงน้ำดอกไม้

มะม่วง *Mangifera indica* Linn. เป็นไม้ผลยืนต้น ไม้ผลัด ใบอยู่ในวงศ์ ANACARDIACEAE มีถิ่นกำเนิดในอินเดียเรื่อยมาตลอดเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Salunkhe and Desai, 1984) และมีพื้นที่ปลูกมากที่สุดในกลุ่มไม้ผล (ภรณ์ ต่างวิวัฒน์, 2543) ถิ่นเกิดเกี่ยวแตกต่างกันไปตามภูมิภาค ในภาคกลางจะเกี่ยวเกี่ยวในเดือนมีนาคม-เมษายน ขณะที่ในภาคเหนือและตะวันออกเฉียงเหนือ มีการเกี่ยวเกี่ยวในเดือนพฤษภาคม-มิถุนายน (รยริน เพชรสลับแก้ว, 2547)

มะม่วงน้ำดอกไม้ *Mangifera indica* Linn. cv. 'Nam Dokmai' เป็นมะม่วงประเภทรับประทานสุก ออกดอกคก ติดผลปานกลาง ให้ผลทุกปี ผลมีน้ำหนักประมาณ 330 g ผลอ่อนรีปลายแหลม เมื่อดิบมีรสเปรี้ยว ผิวสีเขียวปนขาว เนื้อแน่น เมื่อผลสุกมีผิวสีเหลือง กลิ่นหอม เนื้อละเอียดมีเสี้ยนน้อย รสหวาน อายุตั้งแต่ออกดอกจนถึงผลแก่ประมาณ 115 วัน เนื่องจากมะม่วงน้ำดอกไม้ไม่มีเปลือกบาง จึงชำได้ง่ายและไม่ค่อยต้านทานต่อโรคแอนแทรกโนส (anthracnose, โรคเชื้อราทำลายผลไม้) ได้รับความนิยปลูกมากเพราะเป็นพันธุ์ที่ออกดอกง่าย สามารถตอบสนองต่อการบังคับให้ออกนอกฤดูได้ดี และตรงกับความต้องการของตลาดต่างประเทศ (วิชา จูติประเสริฐ, 2544)

ลักษณะประจำพันธุ์

ก) มะม่วงน้ำดอกไม้ ต้นมีทรงพุ่มปานกลาง เจริญเติบโตเร็ว เปลือกลำต้นเรียบ กิ่งไม้เลื้อย ใบรูปขอบขนาน ปลายเรียวแหลม ขอบ ใบเป็นคลื่น ฐานใบมน ออกดอก ทะวายบ้าง ออกดอกคก การติดผลปานกลาง ให้ผลทุกปี ผลผลิตต่อต้นเมื่ออายุ 10 ปี เป็น 300 ผล อายุการเกี่ยวเกี่ยว 100 วัน อายุตั้งแต่ออกดอกถึงผลแก่ประมาณ 115 วัน ฤดูกาลผลิตในฤดูกาลคือออกดอกและเกี่ยวเกี่ยวประมาณเดือนมกราคม-กุมภาพันธ์ และเดือนพฤษภาคม-มิถุนายนตามลำดับ ผลมีความยาว 15.25 cm กว้าง 7.27 cm หนา 6.59 cm มีน้ำหนักประมาณ 300-400 g สีเนื้อผลดิบ YG13B เนื้อมีกลิ่นอ่อน ความหนาเนื้อ 2.45 cm ไม่มีเส้นใยในเนื้อ ปริมาณเส้นใยในเนื้อน้อย ปริมาณน้ำในเนื้อปานกลาง ความหนาเปลือก 0.14 cm สีเปลือกผลดิบ YG114B สีเปลือกผลสุก YG11B ขนาดของเมล็ด กว้าง 4.03 cm ยาว 10.27 cm หนา 1.10 cm น้ำหนักเมล็ด 20 g ผลดิบรสชาติเปรี้ยว ผลสุกรสชาติหวาน ความหวานเนื้อ 17-19 brix

ข) มะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง ต้นมีทรงพุ่มปานกลาง เปลือกลำต้นเรียบ กิ่งไม่เลื้อย ใบรูปขอบขนาน ปลายใบแหลม ฐานใบแหลม ขอบใบเป็นคลื่น การออกดอกปานกลาง การติดผลปานกลาง ผลผลิตต่อต้นเมื่ออายุ 10 ปี เป็น 300 ผล อายุการเก็บเกี่ยว 100 วัน ฤดูกาลผลิตในฤดูกาล ผลมีความยาว 16.03 cm กว้าง 7.13 cm หนา 6.20 cm ผลมีน้ำหนัก 300-400 g สีเนื้อผลสุก YO17A เนื้อมีกลิ่นอ่อน ความหนาเนื้อ 2.24 cm ไม่มีเส้นใยในเนื้อ ปริมาณเส้นใยในเนื้อน้อย ปริมาณน้ำในเนื้อปานกลาง ความหนาเปลือก 0.1 cm สีเปลือกผลดิบ YG145B (เหลืองอ่อนแม้ว่ายังดิบ) สีเปลือกผลสุก YO15A ขนาดของเมล็ด กว้าง 4.3 cm ยาว 13.77 cm หนา 1.36 cm น้ำหนักเมล็ด 31 g ผลดิบรสชาติเปรี้ยว ผลสุกรสชาติหวาน ความหวานเนื้อ 17-18 brix

ค) มะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ต้นมีทรงพุ่มปานกลาง เปลือกลำต้นเรียบ กิ่งไม่เลื้อย ใบรูปป้อมกลางใบ ปลายใบเรียวแหลม ฐานใบมน ขอบใบเป็นคลื่น การออกดอกปานกลาง การติดผลปานกลาง ผลผลิตต่อต้นเมื่ออายุ 10 ปี เป็น 300 ผล อายุการเก็บเกี่ยว 100 วัน ฤดูกาลผลิตนอกฤดูกาล ผลมีความยาว 16.45 cm กว้าง 7.16 cm หนา 6.18 cm ผลมีน้ำหนัก 300-400 g สีเนื้อผลดิบ YO21A เนื้อมีกลิ่นอ่อน ความหนาเนื้อ 2.19 cm ไม่มีเส้นใยในเนื้อ ปริมาณเส้นใยในเนื้อน้อย ปริมาณน้ำในเนื้อปานกลาง ความหนาเปลือก 0.15 cm สีเปลือกผลดิบ YG144B (เหลืองอ่อนแม้ว่ายังดิบ) สีเปลือกผลสุก YO15B ขนาดของเมล็ด กว้าง 3.94 cm ยาว 13.49 cm หนา 1.52 cm น้ำหนักเมล็ด 30 g ผลดิบรสชาติเปรี้ยว ผลสุกรสชาติหวาน ความหวานเนื้อ 22 brix มะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 มีเปลือกบางกว่ามะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง ทำให้ช้าและอ่อนแอต่อโรคแอนแทรกโนส

2.2 การสุก บทบาทของเอทิลิน และการชะลอการสุก

มะม่วงเป็นผลไม้ประเภท drupe มีการเจริญของเนื้อผลและเมล็ดเป็นไปในลักษณะเดียวกัน (Chacko, 1970) หลังจากการปฏิสนธิของเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้และเซลล์สืบพันธุ์เพศเมียในรังไข่ภายในดอกแล้ว รังไข่จะพัฒนาและเจริญเป็นผล เนื่องจากจำนวนดอกสมบูรณ์เพศที่ทำหน้าที่เป็นดอกเพศเมียในช่อดอกมีมากแต่ติดผลเพียงเล็กน้อย มีเพียง 15-35% ของดอกที่ได้รับการปฏิสนธิ และจะมีเพียง 0.4% ของดอกที่ติดผลและ 0.25% ที่ผลจะเจริญเติบโตจนเก็บเกี่ยวได้ (นิพนธ์ สุขวิบูลย์, 2556) ผลมีการสร้างส่วนของเมล็ดและสะสมอาหารในเนื้อผลทั้งในรูปของแป้ง น้ำตาล กรดอินทรีย์ ฯลฯ จนกระทั่งผลพัฒนาและเจริญเต็มที่ (บริบูรณ์, mature) จึงเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและกายภาพในระยะเวลาสั้น ๆ ซึ่งสามารถเห็นได้จากการเปลี่ยนแปลงสี กลิ่น รส และเนื้อสัมผัสอย่างชัดเจน เรียกว่าการสุก (ripe) การเปลี่ยนแปลงระหว่างการสุกประกอบด้วย การเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาล การลดลงของปริมาณกรด การเปลี่ยนสีของผิวและเนื้อ การอ่อนนุ่มของเนื้อ การสังเคราะห์สารไฮโดรคาร์บอนต่าง ๆ ในกลุ่มของ monoterpene และ lactonase ทำให้เกิดกลิ่นและรสเฉพาะ

ของผลมะม่วงขณะสุก (Wilson et al., 1990) นอกจากนี้ยังมีการเปลี่ยนแปลงที่ไม่สามารถสังเกตได้ชัดเจน อาทิ การหายใจ (respiration) การผลิตเอทิลีน (ethylene) และการเกี่ยวข้องของฮอร์โมนพืชชนิดต่าง ๆ ระหว่างการสุก

การแบ่งประเภทของผลไม้ อาจแบ่งได้ 2 ประเภทตามลักษณะการหายใจระหว่างการสุก ได้แก่ climacteric และ non-climacteric ในประเภทแรก ในช่วงผลไม้ยังไม่สุกมีอัตราการหายใจค่อนข้างต่ำ แต่เมื่อผลเริ่มสุกจะมีการหายใจที่สูงมากขึ้นจนถึงจุดสูงสุดแล้วจึงลดลง ผลไม้ประเภทนี้มักสังเกตพบการเปลี่ยนแปลงระหว่างการสุกที่ชัดเจน เช่น มะม่วง กัลยัม มะละกอ น้อยหน่า ฝรั่ง มะเขือเทศ แอปเปิ้ล ฯลฯ ส่วนผลไม้ประเภทที่สอง ระหว่างการสุกหรือระหว่างการเปลี่ยนแปลงในช่วงสุดท้ายของผลมีอัตราการหายใจลดลงโดยตลอด มักพบในผลไม้ที่มีการเปลี่ยนแปลงระหว่างการสุกไม่ชัดเจน เช่น ส้ม ชมพู องุ่น ลำไย ลิ้นจี่ สับปะรด ฯลฯ

การหายใจของผลไม้ 2 ประเภทดังกล่าว ผลไม้ประเภท climacteric จะมีการสร้างเอทิลีนสูงขึ้นในช่วงการสุกจนถึงจุดสูงสุดแล้วลดลงคล้ายกับการเปลี่ยนแปลงของอัตราการหายใจ ส่วนผลไม้ประเภท non-climacteric อัตราการสังเคราะห์เอทิลีนจะอยู่ต่ำอยู่ตลอดเวลาจนกระทั่งผลไม้เสื่อมสลายไป

เอทิลีน มีชื่อตามการเรียกชื่อในระบบ IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry) ว่า อีthin (ethene) เป็นสารประกอบอินทรีย์ไฮโดรคาร์บอนประเภทแอลคีน (alkene) เป็นก๊าซไม่มีสี มีกลิ่นหวานเล็กน้อย สามารถติดไฟได้ สูตรโมเลกุล C_2H_4 มวลโมเลกุล 28.05 g/mol ระหว่างธาตุคาร์บอนทั้งสองในโมเลกุลจับตัวด้วยพันธะโควาเลนต์ (covalent) ประเภทพันธะคู่ (double bond) จุดหลอมเหลวและจุดเดือดอยู่ที่ $-169.2^{\circ}C$ และ $-103.7^{\circ}C$ ตามลำดับ

เอทิลีนถูกสังเคราะห์ขึ้นมาใช้ในอุตสาหกรรมเคมีอย่างกว้างขวาง ในปี 2549 มีการสังเคราะห์ขึ้นทั่วโลกกว่า 109 ล้านตัน (Chemical and Engineering News, 2006) และมีความสำคัญทางการเกษตรในฐานะฮอร์โมนพืชตามธรรมชาติ ที่มนุษย์สามารถสังเคราะห์ขึ้นมาใช้เพื่อให้ผลไม้ที่จะเก็บเกี่ยวหรือเก็บเกี่ยวมาแล้วสุกพร้อมกันและแต่ละผลมีสีเหลืองหรือแดง (degreening) สม่าเสมอทั้งผล นอกจากนี้การบ่มด้วยเอทิลีน ทำให้ผลไม้สุกมีการเน่าเสียช้ากว่าปล่อยให้สุกเองตามธรรมชาติ เนื่องจากกระบวนการพัฒนาของเชื้อยังไม่ทันเข้าทำลายผลไม้ซึ่งตามปกติ ผลจะเกิดการสุกอย่างค่อย ๆ เป็นค่อย ๆ ไป (จริงแท้ ศิริพานิช, 2538; สายชล เกตุษา, 2549)

ระหว่างที่เกิดการสุก มีการผลิตเอทิลีน 2 ระบบ ระบบที่ 1 เป็นการสร้างเอทิลีนในระดับต่ำพบในเนื้อเยื่อพืชทุกชนิด ระบบที่สอง เป็นการสร้างเอทิลีนตอบสนองต่อเอทิลีนในผลไม้ประเภท climacteric เป็นการที่เอทิลีนกระตุ้นตัวเอง หรือ autocatalysis ซึ่งสามารถตอบสนองต่อเอทิลีนได้ทั้งจากภายในผลไม้เอง และภายนอกเช่นการได้จากผลไม้ข้างเคียงหรือได้จากการให้ก๊าซเอทิลีนสังเคราะห์ (Abeles et al., 1992)

ผลไม้ที่มีความบริบูรณ์ต่ำมีปริมาณตัวรับเอทิลีนและอัตราการผลิตน้อย ขณะที่ผลที่เจริญเต็มที่ มีอัตราการผลิตเอทิลีนสูงขึ้น มีการสร้างตัวรับเอทิลีนมากและไวต่อเอทิลีนมากขึ้น ดังนั้นผลที่มีความบริบูรณ์ต่ำ เมื่อจะบ่ม ต้องใช้เอทิลีนที่ความเข้มข้นสูง ขณะที่ผลที่บริบูรณ์มากแล้วจะสามารถตอบสนองต่อความเข้มข้นของเอทิลีนที่ระดับต่ำ ๆ ได้ [สายชล เกตุษา (2528); นิธิยา รัตนา ปนนท์ และคณัย บุญยเกียรติ (2548); จริงแท้ ศิริพานิช (2549)] ระดับเอทิลีนที่เหมาะสมต่อการบ่มมะม่วงคือ 100-150 ppm 12-24 ชั่วโมง [Kader and Mitcham (2008); ครุณี นาพรหม (2556)]

ในมะม่วงมีอัตราการผลิตเอทิลีน 1.0-10.0 $\mu\text{L}/\text{kg}\cdot\text{hr}$ ที่ 20°C [สายชล เกตุษา (2528); เจือจันทร์ ตั้งเต็มทอง (2541); Kader (1985)] ซึ่งนอกจากก๊าซเอทิลีนเองแล้ว ก๊าซบางชนิดมีโครงสร้างของสารคล้ายเอทิลีน สามารถกระตุ้นให้ผลไม้ผลิตเอทิลีนได้ แต่ความเข้มข้นต้องสูงกว่ามาก Yang (1974) ได้ศึกษาถึงความเข้มข้นของก๊าซเหล่านั้นที่จะให้ผลได้เท่ากับเอทิลีน

ตารางที่ 2.1 ความเข้มข้นของก๊าซบางชนิดในการแสดงผลเทียบเท่าเอทิลีน

ชนิดของแก๊ส	การโค้งงอในต้นกล้าตัว	การร่วงของใบ	การโค้งงอของใบ
$\text{CH}_2=\text{CH}_2$ (ethylene)	1	1	1
$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3$ (propylene)	100	60	500
$\text{C}=\text{O}$ (carbon monoxide)	2,700	1,250	5,000
$\text{CH}=\text{CH}$ (acetylene)	2,800	1,250	500
$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ (1 butene)	270,000	100,000	500,000

ที่มา: Yang (1974)

จากตารางที่ 2.1 จะเห็นว่าก๊าซอื่นถึงสามารถใช้แทนได้ แต่ต้องมีแหล่งให้ก๊าซ (หรือการรั่วไหลจากการสันดาปของเครื่องยนต์) ที่ให้ความเข้มข้นสูงเท่าเทียมเอทิลีนและยังต้องใช้เวลาที่นานมากพอจึงจะแสดงผลเหมือนเอทิลีนได้ หากห้องเย็นหรือสภาพการเก็บรักษาระหว่างการขนส่งสามารถจัดการไฮโดรคาร์บอนเหล่านั้นได้ ก๊าซสำคัญที่พึงถูกควบคุมจะเหลือเพียงชนิดเดียวคือเอทิลีน

วิธีที่ง่ายที่สุด ในการกำจัดเอทิลีนได้แก่ การระบายอากาศจากห้องเก็บรักษาให้ได้ปริมาณเท่ากับ 1 ห้องในทุก ๆ 1 ชั่วโมง จะสามารถช่วยลดปริมาณเอทิลีนลงได้อย่างเพียงพอ (จริงแท้ ศิริพานิช, 2549) แต่การนำอากาศใหม่เข้าแล้วระบายอากาศเก่าออกสำหรับห้องเย็น ปริมาตร 1 ห้อง/ชั่วโมง จะต้องใช้พลังงานในการทำความเย็นที่สูงและต่อเนื่องตลอดเวลา

การเก็บเกี่ยวเมื่อผลยังไม่มีความบริบูรณ์เต็มที่ ผลที่มีความบริบูรณ์ต่ำหรือผลมะม่วงที่ยังมีอายุน้อยจะใช้เวลาในการสุกมากกว่าผลที่มีความบริบูรณ์สูงหรือความบริบูรณ์มากกว่า ซึ่งก่อนที่

ผลไม้ climacteric จะสุก เอทิลีนต้องมีการสะสมความเข้มข้นถึงจุดหนึ่งก่อน (threshold concentration) (Rhodes, 1980) นอกจากนี้ สายชลด เกตุษา และสุนทร โปทา (2535) ได้ทำการทดลองเก็บเกี่ยวมะม่วงน้ำดอกไม้ที่อายุแตกต่างกัน ให้สมมติฐานว่าผลมะม่วงอายุมากมีการสร้างเอทิลีนถึง threshold concentration ก่อนผลอายุน้อย มะม่วงที่เก็บเมื่ออายุผลมากซึ่งมีความบริบูรณ์ก็มากกว่าจึงสุกเร็วกว่า อายุเก็บรักษาจึงสั้นกว่า แต่คุณภาพของมะม่วงที่มีความบริบูรณ์สูงจะมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (reducing sugar, เช่นกลูโคส ฟรุกโตส) สูงกว่า และสีเหลืองเข้มสวยกว่า เนื่องจากผลมะม่วงที่มีความบริบูรณ์มากมีการสะสมสารอาหารในเนื้อผลขณะยังอยู่บนต้นมากกว่า ทำให้น้ำหนักแห้งซึ่งมีผลต่อความถ่วงจำเพาะมีค่าสูงขึ้น จึงอาจสังเกตได้จากการลอย-จมน้ำ ในผลมะม่วงที่มีความบริบูรณ์ 80% ผลมะม่วงจะลอยน้ำ ผลมะม่วงที่มีความบริบูรณ์ 85% จะจมน้ำแต่ลอยในน้ำเกลือ 2% และผลมะม่วงที่มีความบริบูรณ์ 90% ขึ้นไปจะจมในน้ำเกลือ 2% (อภิศา บุญศิริ, 2554) ความบริบูรณ์อาจตรวจได้จากการนับวันหลังดอกบานหรือการนับวันหลังติดผลซึ่งขึ้นกับสายพันธุ์มะม่วง แต่การนับวันเพื่อตรวจความบริบูรณ์จะคลาดเคลื่อนได้ด้วยสาเหตุจากความแห้งแล้งและช่วงอุณหภูมิของสภาพปลูก พื้นที่ปลูกที่ไม่มีการให้น้ำ ฝนทิ้งช่วง ภาวะอากาศร้อนขณะติดผล ล้วนเป็นสาเหตุที่ทำให้ต้นมะม่วงเร่งความบริบูรณ์ให้ผลแก่เร็วกว่าปกติ

การใช้อุณหภูมิต่ำทำให้กระบวนการเมตาบอลิซึมของผลิตผลเกิดช้าลง ทั้งการหายใจ การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีต่าง ๆ ซึ่งรวมถึงการสร้างเอทิลีนและการตอบสนองต่อเอทิลีนด้วย (สายชลด เกตุษา, 2528) ทำให้สามารถชะลอการเก็บรักษาผลิตผลได้ การใช้อุณหภูมิต่ำจะเป็นการชะลอการเก็บรักษาหลัก ซึ่งไม่มีวิธีการอื่น ๆ ทดแทนได้ (จริงแท้ ศิริพานิช, 2549) การเก็บรักษามะม่วงโดยทั่วไปจะเก็บที่อุณหภูมิ 10-13°C ถ้าเก็บที่อุณหภูมิต่ำกว่านี้กระบวนการทางสรีรวิทยาเกือบทั้งหมดของผลไม้มักจะได้รับอันตรายที่อุณหภูมิต่ำเหนือจุดเยือกแข็ง ทำให้เกิดอาการผิดปกติที่เรียกว่า chilling injury หรืออาการสะท้านหนาว (สายชลด เกตุษา, 2530) โดยการทดลองของเจ็จันท์ ตั้งเต็มทอง (2541) ทำการเก็บรักษามะม่วงน้ำดอกไม้ที่อุณหภูมิ 8°C พบว่าสามารถเก็บรักษาได้นานกว่าที่อุณหภูมิ 20°C แต่จะทำให้เกิดอาการสะท้านหนาว ขณะที่จริงแท้ ศิริพานิช (2549) ได้แนะนำอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเก็บมะม่วงคือ 13°C และความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสมคือ 90-95%rh. (จริงแท้ ศิริพานิช, 2538) โดยการเก็บรักษามะม่วงในห้องเย็นแม้ใช้อุณหภูมิต่ำที่สุดที่เหมาะสมกับการเก็บรักษาก็ยังพบว่า มีโรคจากการที่เชื้อจุลินทรีย์เข้าทำลายในระยะผลเสื่อมสภาพเกิดขึ้นอย่างมาก (Lizada, 1993) เนื่องจากเมื่อผลมะม่วงสุกแล้วไม่ว่าเก็บรักษาในสภาพใด ๆ จะมีผนังเซลล์อ่อนตัวลงมีลักษณะเนื้อสัมผัสนุ่มทำให้มีความอ่อนแอต่อการเข้าทำลายของเชื้อจุลินทรีย์ได้ง่าย อีกทั้งสารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds) ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการเมตาบอลิซึมของเซลล์พืชสร้างขึ้นเพื่อต้านทานโรค พบมากในยางโดยเฉพาะที่อยู่ใกล้เปลือกของผลมะม่วงดิบ จะมีปริมาณ

ลดลงระหว่างการเปลี่ยนแปลงทางเคมีระหว่างเข้าสู่กระบวนการสุก ดังนั้นผลมะม่วงสุกมีสารประกอบฟีนอลิคต่ำกว่ามะม่วงดิบจึงมีความต้านทานเชื้อได้ดีต่ำกว่า นอกจากนี้เมื่อผลสุกแล้วความเป็นกรดที่ลดลง (pH สูงขึ้น) จะเหมาะสมต่อการเข้าทำลายของจุลินทรีย์ และปริมาณน้ำตาลที่สูงขึ้นจะถูกจุลินทรีย์ใช้เป็นแหล่งอาหาร (นิธิยา รัตนาปนนท์ และคณะ บุษยเกียรติ, 2548; พงศธร ลือสุวรรณ และคณะ, 2551)

การ heat treatment เป็นการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวอย่างหนึ่ง เพื่อยับยั้งการเกิดและเจริญเติบโตของ แมลง ซึ่งมีความจำเป็นต่อการส่งออกไปยัง ประเทศญี่ปุ่น เกาหลีใต้ นิวซีแลนด์ ออสเตรเลีย แต่ไม่จำเป็นสำหรับการนำเข้าประเทศจีน ได้หวัน ทว่าต้องมีใบรับรองสุขอนามัยพืช (phytosanitary certificate) ซึ่งออกโดยกรมวิชาการเกษตร (การนำเข้าสหรัฐอเมริกาไม่ใช้การอบไอน้ำ แต่ให้ฉายรังสีแกมมาที่ 400 Gy ขึ้นไป) นอกจากยับยั้งการเกิดและเจริญของแมลงแล้ว การ heat treatment ก่อนการเก็บรักษาช่วยรักษาคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวโดยทำให้อัตรการหายใจต่ำลง จึงชะลอการสุกของผลไม้ เช่น อโวคาโด [ศิริชัย กัลยาณรัตน์ (2546) อ้างจาก Santer et al. (1994)] มะเขือเทศ (McDonald et al., 1998) และในมะม่วงน้ำดอกไม้ ศิริชัย กัลยาณรัตน์ (2546) พบว่ามะม่วงน้ำดอกไม้ที่ผ่านการทำ heat treatment ที่อุณหภูมิสูงร่วมกับระยะเวลาที่นานจะมีอัตราการหายใจต่ำกว่าการทำ heat treatment ที่อุณหภูมิต่ำกว่า แต่ยังคงมีขีดจำกัดเพราะความร้อนที่สูงเกินไปจะทำลายเนื้อเยื่อผลไม้ การ heat treatment สามารถลดการเกิดโรคได้เล็กน้อย แต่สาเหตุหลักมาจากใช้สารละลาย 200 ppm sodium hypochloride ในขั้นตอนทำความสะอาดก่อน heat treatment และการใช้ 500 ppm benomyl 5 นาที หรือ 250 ppm prochloraz 3 นาที เพื่อควบคุมการเกิดโรคที่ใช้จุ่มหลังการ heat treatment นอกจากนี้ การฉายรังสีสามารถช่วยลดการเกิดโรคได้ (ฟองเพ็ญ จิตอารีรัตน์ และคณะ, 2552) ในมะม่วงน้ำดอกไม้ การแช่น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 55°C เป็นเวลา 5 นาทีพบว่า เป็นอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมและเป็นมาตรฐานก่อนการส่งออก [คุณวุฒิ สุพานิช (2540); วิทวัส ศาสนนนท์และคณะ (2545); วิลาวัลย์ คำปวน (2552); อภิตา บุญศิริ (2554)]

การฉายรังสีแกมมา การเจรจาระหว่างรัฐบาลไทย และสหรัฐอเมริกาในปี 2550 กำหนดให้ต้องมีการฉายรังสีแกมมาที่ระดับไม่ต่ำกว่า 400 Gy (400-1,000 Gy แต่ระดับทางการค้าจะใช้ 440-960 Gy) เป็นระเบียบปฏิบัติการส่งออกมะม่วงที่จะขายให้แก่ ประเทศสหรัฐอเมริกา (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2550) เพื่อควบคุมแมลงศัตรูพืชในผล แต่มีผลกระทบทำให้การพัฒนาสีเปลือกช้า เนื้อผลเป็นสีน้ำตาล รสชาติฝาด ซึ่งฟองเพ็ญ จิตอารีรัตน์ และคณะ (2552) ได้ทำการทดลองฉายรังสีแกมมา เพื่อศึกษาอาการเนื้อสีน้ำตาลที่อุณหภูมิการเก็บรักษา 13°C พบว่าการฉายรังสีแกมมาทำให้ lenticel (ช่องแตกเปลี่ยนก๊าซระหว่างเนื้อเยื่อพืชกับบรรยากาศ) ได้รับความเสียหาย ทำให้ลักษณะปรากฏของสีเปลือกมะม่วงไม่เป็นที่ยอมรับ ทว่ามีข้อดีในการฉาย

รังสีจะช่วยรักษาคุณภาพโดยชะลอการพัฒนาสีเปลือก และสีเนื้อ ความแน่นเนื้อ การสูญเสียน้ำหนัก และการเกิดโรคหลังการเก็บเกี่ยว ขณะที่เฉลิมชัย วงษ์อารีย์ และชวนพิศ จิระพงษ์ (2554) ได้ทดลองฉายรังสีแก่มะม่วงน้ำดอกไม้ พบว่าการฉายรังสีแกมมาที่ 400 Gy สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกได้แต่ไม่สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงของสีเนื้อ

การลดปริมาณ O_2 และเพิ่มปริมาณ CO_2 ด้วยการใช้อุณหภูมิที่ลดลง การใช้ฟิล์มเลือกผ่านก๊าซ หรือการใช้สารเคลือบการทำให้ O_2 น้อยลงหรือไม่เพียงพอ ทำให้การเปลี่ยน 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) ไปเป็นเอทิลีนเกิดได้ยากขึ้น ขณะที่ CO_2 เดิมทีมีสมมติฐานว่าเป็น competitive inhibitor แยังที่จับของเอทิลีนบริเวณ active site ภายในโมเลกุลของ ethylene receptor (Beyer, 1978) ทำให้เอทิลีนจับกับ receptor ไม่ได้ กระบวนการสุกจึงถูกขัดขวาง แต่ปัจจุบันได้มีการพิสูจน์ว่าปริมาณ CO_2 ที่เพิ่มขึ้นช่วยชะลอการสุกได้เกิดจากการชะลอกระบวนการหายใจ ไม่ใช่เพราะ CO_2 เป็น competitive inhibitor (จริงแท้ ศิริพานิช, 2549) แต่การให้ CO_2 ที่สูงเกินไป หรือเคลือบผิวหนาเกินไป (ในผลที่ถูกเคลือบ ผลไม้มีการหายใจทำให้ปริมาณ O_2 ลดลงและ CO_2 มีการสะสมเพิ่มสูงขึ้น) ทำให้เกิดความผิดปกติทางสรีรวิทยา มีการเกิดกลิ่นหมักจากการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic respiration) ในผลไม้บางชนิด ขณะที่เนื้อภายในหมักและเน่าเสียไปเปลือกยังคงเป็นเขียวโดยไม่ผ่านสีเหลือง ; วิเชียร เลี่ยมนาค (2541) ได้ทดลองเคลือบผิวผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ด้วย chitosan พบว่าการเคลือบผิวผลมะม่วงด้วย chitosan ตั้งแต่ 0.50% ขึ้นไป ช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนักและการเปลี่ยนแปลงสีผิว แต่ chitosan ที่ความเข้มข้น 0.75 และ 1.00% ทำให้ผลเกิดการสุกที่ผิดปกติ โดยสีผิวยังคงมีสีเขียวแต่เนื้อภายในมีสีเหลืองซีด นิ่มและมีกลิ่นหมัก ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

การใช้ acetaldehyde ยับยั้งการสังเคราะห์เอทิลีน โดย acetaldehyde จะขัดขวางการหายใจยับยั้งเอนไซม์ ACC oxidase ที่ใช้ในการสังเคราะห์เอทิลีน และยับยั้งเอนไซม์ polygalacturonase ทำให้ชะลอการอ่อนนุ่มของผลไม้ การสุกจึงเกิดขึ้นไม่สมบูรณ์ มีการทดลองใช้ในโอวาโกโด (Pesis et al., 1995) ในมะม่วงน้ำดอกไม้พบว่า การใช้ acetaldehyde ทำให้กระบวนการหายใจต่ำลง แต่ acetaldehyde อาจทำให้เกิดอาการเสียหายบนผิวมะม่วงเมื่อเก็บรักษาไปได้ระยะหนึ่ง (ภูวนาท พักเกตู และคณะ, 2550)

การใช้โอโซน แต่เดิมใช้ในการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวโดยจุดประสงค์หลักเพื่อทำลายจุลินทรีย์ก่อโรคในผลผลิต เช่นในสตรอเบอร์รี่ (Pe'rez et al., 1999) มันฝรั่ง (Robert, 2003) ด้วยเหตุที่โอโซนเป็น oxidizing agent ที่ว่องไวต่อปฏิกิริยา สลายตัวได้เร็ว ได้มีแนวคิดที่จะใช้โอโซนเพื่อลดปริมาณเอทิลีนในระบบปิด ตามสมการ $C_2H_4 + O_3 \rightarrow CO_2 + H_2O$ มีการนำมาใช้ในมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง โดยพรพรรณ จำปา (2554) พบว่าโอโซนสามารถชะลอการสุกและเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคบนผลในห่อเย็นได้ ซึ่งประสิทธิภาพของโอโซนขึ้นกับความเข้มข้นและเวลา (contact

time) นอกจากมะม่วงน้ำดอกไม้แล้ว ยังมีการทดลองกับมันฝรั่ง ซึ่งใช้ 3 ppm O_3 ที่ 6-14°C 93-97%rh. สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น 6 เดือน [พรพรรณ จำปา (2554) อ้างจาก สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (2553)]

การใช้ด่างทับทิม (potassium permanganate, $KMnO_4$) เพื่อออกซิไดซ์เอทิลีน จากคุณสมบัติของด่างทับทิมซึ่งเป็นตัวออกซิไดซ์อย่างแรง โดยการเตรียมสารละลายด่างทับทิมอิ่มตัว (15 g ต่อ น้ำอุ่น 100 mL) หุบวัสดุรูพรุน เช่น ซอล์ค ซีโอไลต์ (zeolite) เวอร์มิคูไลต์ (vermiculite) เพอร์ไลต์ (pearlite) หรือก้อนอิฐทุบก้อนเล็ก ๆ บรรจุในภาชนะเก็บผลผลิต [มยุรี สักทอง (2538); จริ่งแท้ ศิริพานิช และคารณี ศิริวงศ์ไพศาล (2539)] หรือโดยวิธีอื่น ๆ เช่นการทำแผ่นกันกระแทกจากเยื่อหุ้มาแฟผสมเยื่อเวียนทำใหม่หุบสารละลายด่างทับทิมช่วยยืดอายุกล้วยหอมทองได้เพิ่ม 2 วัน (ณัฐพงศ์ ชุนอาสา, 2553) วุฒิรัตน์ พัฒนิบูลย์ (2551) ได้ทดลองผลิตสารดูดซับเอทิลีนโดยใช้ดินสอพอง ต่อ $KMnO_4$ ในอัตราส่วน 2:1 w/w โดยสารละลายมีความเข้มข้น 1 3 5 และ 7% อบด้วยตู้อบลมร้อนที่ อุณหภูมิ 150 175 และ 200°C และเครื่องอบแบบสุญญากาศ พบว่า 3% $KMnO_4$ ให้ผลเหมือนสารดูดซับเอทิลีนที่จำหน่ายในท้องตลาด การอบแบบลมร้อนใช้เวลาในการอบแห้งเร็วกว่าสุญญากาศ และที่อุณหภูมิสูงกว่าจะแห้งเร็วกว่า เมื่อนำสารดูดซับเอทิลีนที่ผสมจากดินสอพองกับ 3% $KMnO_4$ นี้บรรจุในซองกระดาษ 3 ชนิด ได้แก่ กระดาษสาแบบบาง กระดาษพรูฟ และกระดาษทำโคม แล้วทดสอบการวัดการดูดกลืนเอทิลีน พบว่าการบรรจุ 3% $KMnO_4$ ดินสอพองในกระดาษพรูฟสามารถดูดซับเอทิลีนได้ดีกว่าการบรรจุในซองกระดาษทำโคมและซองกระดาษสาแบบบาง ($p < 0.05$) เมื่อนำ 3% $KMnO_4$ ดินสอพองเก็บรักษากล้วยหอมทองที่สภาพห้อง 24.8°C 42.7%rh. กล้วยหอมทองชุดควบคุมสามารถเก็บรักษาได้ 9 วันก่อนที่จะนิ่มจนรับประทานได้ ขณะที่การใช้ 3% $KMnO_4$ ดินสอพองจะเริ่มสุก (สีเขียวเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเกิน 50%) ในวันที่ 12 และเก็บรักษาถึงวันที่ 15 โดยที่สารดูดซับเอทิลีนทางการค้า BeFresh และ Ethyl-Gone เก็บรักษาได้ 18 วัน

การใช้ไอออนของเงิน (Ag^+) จาก silver nitrate ($AgNO_3$), silver thiosulfate (STS หรือ $Ag_2H_2O_3S_2^{+2}$) เป็น competitive inhibitor (ยับยั้งแบบแย่งจับกับ ethylene receptor) เพราะอนุภาคเงินจะเข้าแทนที่หมู่โลหะบริเวณ active site ของเอทิลีนภายในโมเลกุลของ receptor ทำให้เอทิลีนเข้าจับกับ receptor ไม่ได้ (Magid et al., 1971) มีการใช้ยืดอายุปักแจกันในดอกกล้วยไม้จากปกติ 7.5 วัน ได้ถึง 58.3 วัน (อัจฉรา บุญโรจน์, 2530) ในดอกคาร์เนชั่น (Veen และ Overbeek, 1989) แต่ก็พบว่ามีความเป็นพิษและตกค้างในสิ่งแวดล้อม

การใช้ salicylic acid และ methyl jasmonate โดยมีสมมติฐานว่า salicylic acid ยับยั้ง transcription กิจกรรมของเอนไซม์ ACC synthase จึงไม่มี ACC ให้เปลี่ยนไปเป็นเอทิลีน [ศิริชัย กิตยาณรัตน์ (2547) อ้างจาก Leslie and Romani (1988); Li et al. (1992)] และ การใช้ methyl jasmonate เป็น signal transduction ชักนำให้เกิด defense mechanism เพื่อต่อต้านการเข้าทำลายของ

เชื้อจุลินทรีย์และสภาวะเครียด (stress) จากอุณหภูมิต่ำเหนือจุดเยือกแข็ง (chilling injury temperature) ศิริชัย กัลยาณรัตน์ (2547) ได้ทดลองใช้ salicylic acid และ jasmonic acid พบว่าสามารถยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงน้ำดอกไม้ได้ ปรีชาดิ แสงทอง และอุษาวดี ชนสูตร (2555) ได้ทำการใช้ salicylic acid และ methyl jasmonate ในส้มสายน้ำผึ้ง พบว่าสามารถลดอาการสะท้อนหนาวเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3°C

การเพิ่มแคลเซียมเข้าไปในเนื้อเยื่อผลไม้ ในมะเขือเทศเชอร์รี่ ปริญญา เทพนรงค์ และคณะ (2555) ได้ทำการทดลองแช่ผลมะเขือเทศลงในสารละลาย 1% calcium chloride (CaCl₂) นาน 20 นาที พบว่าสามารถลดอาการสะท้อนหนาว การสูญเสียน้ำหนัก และรักษาความแน่นเนื้อได้ โดยมีสมมติฐานว่าแคลเซียมช่วยรักษาคุณภาพโดยทำให้ผนังเซลล์ (cell wall) และเยื่อหุ้มเซลล์ (cell membrane) แข็งแรงขึ้น (จริงแท้ ศิริพานิช, 2549) ขณะที่ Eaks (1985) ได้ทดลองในผลโอโวคาโดอธิบายว่าแคลเซียมที่เพิ่มขึ้นในเนื้อเยื่อผลไม้ไปลดอัตราการหายใจ อัตราการสังเคราะห์เอทิลีน ทำให้สามารถชะลอการสุกได้ นอกจากการให้แคลเซียมหลังการเก็บเกี่ยวแล้ว การเพิ่มธาตุแคลเซียมแก่พืชก่อนการเก็บเกี่ยว (preharvest) ก็มีผลสำคัญทำให้คุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวดีขึ้น รัฐพล เมืองแก้ว และพีระศักดิ์ ฉายประสาท (2555) ได้ทำการให้แคลเซียม-โบรอน (40%Ca, 0.3%B) ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ แก่มะม่วงมหาชนกในวันที่ 60 และ 90 หลังดอกบาน เมื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตพบว่าการฉีดพ่นสารละลายแคลเซียม-โบรอนในทุกฟิสิกส์ช่วยให้อายุการเก็บรักษาของมะม่วงมากกว่าชุดควบคุม (control)

การใช้ 2,5-norbornadiene (2,5-NBD) ใช้ทางวิทยาศาสตร์เพื่อศึกษาการ block ethylene receptor ในยุคแรก ๆ (Sisler et al., 1985) แต่การใช้ให้มีประสิทธิภาพต้องรมสารนี้อยู่ตลอดเวลา (Sisler และ Serek, 1999) และยังมีกลิ่นฉุน มีฤทธิ์กัดกร่อน (จริงแท้ ศิริพานิช, 2549)

การใช้ *trans*-cyclooctene เป็นตัวยับยั้งการตอบสนองต่อเอทิลีน มีประสิทธิภาพสูงกว่า 2,5-NBD ที่ความเข้มข้นต่ำกว่า 50-100 เท่า แต่วิธีการสังเคราะห์ยุ่งยาก กว่า [จารุวัฒน์ โรจนภัทรากุล (2544) อ้างจาก Hiyama and Nozaki (1973)] มีกลิ่นฉุน และการใช้ให้มีประสิทธิภาพต้องรมสารนี้อย่างต่อเนื่อง สารนี้เป็นสารสังเคราะห์จากความพยายามศึกษาการ block ethylene receptor (Sisler และ Serek, 1999) ซึ่งมีแต่การใช้งานทางวิทยาศาสตร์เท่านั้น ปัจจุบันไม่พบการนำมาใช้จริง

การใช้ diazocyclopentadiene (DACP) สามารถจับกับ ethylene receptor โดยเมื่อให้แสง fluorescent แก่ DACP จะเกิด photolyze (photodecompose) และสร้างสารยับยั้งเอทิลีนที่มีประสิทธิภาพ (Sisler และ Blankenship, 1993) มีการนำมาใช้ในกุหลาบตัดดอก (Serek et al., 1994) แต่สารนี้อาจระเบิดได้เองหรือเมื่อทำให้กระทบกระเทือน

การใช้ aminoethoxyvinylglycine (AVG) และ aminoxyacetic acid (AOA) ซึ่งในธรรมชาติเป็น rhizobitoxin ที่ถูกผลิตจากจุลินทรีย์ (จริงแท้ ศิริพานิช, 2549) สารเหล่านี้จะยับยั้งการ

ทำงานของเอนไซม์ ACC synthase ทำให้ S-adenosylmethionine (SAM) เปลี่ยนเป็น ACC ไม่ได้ จึงไม่มี ACC ให้เปลี่ยนไปเป็นเอทิลีน พบการทดลองใช้ช่อดอกไม้หลังการเก็บรักษาดอกคาร์เนชั่น (David et al., 1980) ดอกกล้วยไม้ *Epidendrum ibaguense* (Mapeli et al., 2009) นอกจาก AVG และ AOA แล้ว ไอออนของโคบอลต์ (Co^{2+}) ก็สามารถขัดขวางการสังเคราะห์เอทิลีนได้ โดยไปยับยั้งการเปลี่ยน ACC เป็นเอทิลีน [จารุวัฒน์ โรจนภัทรกุล (2544) อ้างจาก Yang and Hoffman (1984)]

การใช้ 1-methylcyclopropene (1-MCP) เป็นสารชีวเคมีสังเคราะห์ที่ค้นพบใหม่ สูตรโมเลกุล C_4H_6 เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนกลุ่มแอลคีน (alkene) ที่มีการจัดวงคาร์บอน 3 มุม มีด้านหนึ่งจับกันแบบพันธะคู่ และด้านใดด้านหนึ่งของพันธะคู่จะต่อออกไปด้วยธาตุคาร์บอน เกิดจากกระบวนการ decompose ของ DACP เป็นตัวยับยั้งแบบแข่งขัน (competitive inhibitor) มีประสิทธิภาพสูงที่ความเข้มข้นต่ำ ทำหน้าที่แย่งจับกับ ethylene receptor ได้ดีกว่าเอทิลีนถึง 100 เท่า มีรายงานว่าไม่มีพิษต่อสิ่งแวดล้อม มีพิษในระดับต่ำมาก $\text{LD}_{50} > 165 \text{ mg/kg}$ ได้รับการรับรองจากองค์การอาหารและยา (FDA) ให้สามารถนำมาใช้ได้ มีการใช้ในผักผลไม้และดอกไม้แล้วในสหรัฐอเมริกา ประสิทธิภาพของการใช้ 1-MCP จะเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของ 1-MCP ที่สูงขึ้น (Sisler and Serek, 1999) ซึ่งความเข้มข้นของ 1-MCP จะแปรผกผันกับระยะเวลาที่ให้ (contact time) (Sisler et al., 1996) เช่นในมะม่วงน้ำดอกไม้ จารุวัฒน์ โรจนภัทรกุล และศิริชัย กัลยาณรัตน์ (2545) ทำการชะลอการสุกของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้โดยใช้ 1-MCP ที่ระดับความเข้มข้น 0 100 500 และ 1,000 ppb เป็นเวลา 6 12 และ 24 ชั่วโมง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20°C พบว่าการใช้ 1-MCP สามารถชะลอการสุกของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ได้ โดยระยะเวลาและความเข้มข้นในการให้ 1-MCP จะแปรผกผันซึ่งกันและกัน โดยการใช้ 1-MCP ที่ความเข้มข้นสูง (1,000 ppb) ควรใช้ระยะเวลาในการรม 6 ชั่วโมง ขณะที่การใช้ 1-MCP ที่ความเข้มข้น 100 และ 500 ppb ควรใช้ระยะเวลาในการรม 24 ชั่วโมง และพบว่าการรมผลมะม่วงด้วย 1-MCP ความเข้มข้น 1,000 ppb เป็นเวลา 6 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพในการชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพภายหลังการเก็บรักษาได้ดีที่สุด โดยสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเปลือก ความแน่นเนื้อ อัตราส่วนของปริมาณของแข็ง ทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TSS/TA) การผลิตก๊าซเอทิลีน ปริมาณคลอโรฟิลล์ และเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคได้ดีกว่าชุดการทดลองอื่น แต่หากใช้ความเข้มข้นสูงและเวลาที่มากเกินไป (1,000 ppb 24 ชั่วโมง) ประสิทธิภาพกลับลดลง อาจเกิดจากพืชเกิดสภาวะเครียด (stress) ในมะม่วงมหาชนก กันยา แอนกาศ (2547) ได้ทดลองรม 1-MCP ที่ความเข้มข้น 125, 250, 375, 500, 625, 750, 875, 1,000 และ 1,250 ppb ที่ 25°C 12 ชั่วโมง เทียบกับชุดควบคุมที่ไม่ได้รมผล พบว่าควรใช้ที่ความเข้มข้น 1,000 ppb ซึ่งชะลอการสุกในมะม่วงมหาชนกได้ถึง 9 วัน เมื่อผลสุกสามารถสุกได้ตามปกติ นอกจากนี้ยังพบการใช้ในแอปเปิ้ล (Fan et al., 1999) อโวคาโด (Abeles et al., 1992) และผลไม้ดอกไม้อื่น ๆ

การใช้ถ่านกัมมันต์ (activated carbon หรือ activated charcoal) ด้วยสมมติฐานว่าถ่านกัมมันต์เป็นวัสดุดูดซับก๊าซและสารได้หลายชนิด มีผู้พยายามศึกษาการผลิตกระดาษฟางข้าวเป็นบรรจุภัณฑ์เพื่อดูดซับเอทิลีนโดยผสมผงถ่านกัมมันต์ แต่ยังไม่ได้ผลที่น่าพอใจ (ชัยพร สามพุ่มพวง และรังสิณี โสธรวิทย์, 2550)

2.3 การดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์

สารดูดซับหรือสารดูดซับ (adsorbent) คือสารที่มีอำนาจดูดโมเลกุลต่าง ๆ มาติดผิวได้ซึ่งอาจแบ่งได้เป็น 3 ประเภท ดังนี้

ก) ประเภทสารอนินทรีย์ เช่นดินเหนียวต่าง ๆ, magnesium oxide, ถ่านกระดูก (bone char), activated silica ฯลฯ สารธรรมชาติมักมีพื้นที่ผิวจำเพาะประมาณ 50-200 m²/g แต่สารสังเคราะห์อาจมีพื้นที่ผิวจำเพาะสูงมาก อย่างไรก็ตาม สารอนินทรีย์เหล่านี้ มีข้อเสียคือ สามารถจับโมเลกุลได้เพียงไม่กี่ชนิด ทำให้การใช้ประโยชน์จากสารดูดซับประเภทอนินทรีย์มีข้อจำกัดมาก

ข) ถ่านกัมมันต์ อาจจัดอยู่ในประเภทสารอนินทรีย์สังเคราะห์ แต่เป็นสารดูดซับที่คิดว่าสารอนินทรีย์ชนิดอื่น ๆ เนื่องจากสามารถดูดซับโมเลกุลได้หลายชนิด และมีพื้นที่ผิวจำเพาะมากถึง 600-1,000 m²/g

ค) ประเภทสารอินทรีย์สังเคราะห์ ได้แก่ สารเรซินแลกเปลี่ยนไอออน (ion exchange resin) ชนิดพิเศษ สังเคราะห์ขึ้นมาเพื่อกำจัดสารอินทรีย์ต่าง ๆ เรซินเหล่านี้ มีพื้นที่ผิวจำเพาะประมาณ 300-500 m²/g ซึ่งถือว่าต่ำมาก เมื่อเทียบกับถ่านกัมมันต์ อย่างไรก็ตาม เรซินมีข้อที่ได้เปรียบกว่าคือสามารถปรับคืนสภาพ (regenerate) ได้ง่ายกว่ามาก และสารที่ใช้ในการปรับคืนสภาพ (regenerant) มักเป็นสารที่ราคาถูก เช่น เกลือแกง

ส่วนการดูดซับหรือการดูดซับ (adsorption) เป็นความสามารถของสารบางชนิดในการดึงโมเลกุลหรือคอลลอยด์ (colloid) ที่อยู่ในของเหลวหรือในก๊าซ ให้มาเกาะจับและติดบนผิวปรากฏการณ์เช่นนี้ จัดเป็นการเคลื่อนย้ายสาร (mass transfer) จากของเหลวหรือก๊าซมายังผิวของแข็ง โมเลกุลของคอลลอยด์ที่ถูกเกาะจับเรียกว่า adsorbate ส่วนของแข็งที่มีผิวเป็นที่เกาะจับของ adsorbate เรียกว่า adsorbent ซึ่งก็คือถ่านกัมมันต์นั่นเอง

ถ่านกัมมันต์ เป็นถ่านที่อยู่ในรูปคาร์บอนอสัณฐาน (amorphous) ถูกผลิตขึ้นมา โดยกระบวนการก่อถ่านกัมมันต์ (activation) ซึ่งทำให้มีพื้นที่ผิวภายในเพิ่มขึ้นอันเนื่องมาจากโครงสร้างที่เป็นรูพรุนจำนวนมาก หากศึกษาด้วย X-ray diffraction หรือศึกษาโครงสร้างจากการสะท้อนและเบี่ยงเบนของรังสีเอ็กซ์เมื่อตกกระทบวัตถุ โครงสร้างของถ่านกัมมันต์จะมีผลึกอยู่บ้าง แต่ไม่สมบูรณ์เหมือนกับ graphite จากคุณสมบัติเหล่านี้จึงทำให้ถ่านกัมมันต์แตกต่างจากถ่านชนิดอื่น ๆ เช่น ถ่านลิกไนต์ ถ่านโค้ก ถ่านไม้ หรือแกรไฟต์ เป็นต้น ถ่านกัมมันต์มีความสามารถในการดูดซับสูงอันเนื่องมาจาก

มีพื้นที่ผิวมาก ความจุในการดูดซับสูง ผิวโครงสร้างเป็นแบบรูพรุนขนาดเล็กจำนวนมาก (microporous structure) และมีความว่องไวในการดูดซับสูง (ปริญทร เต็มฉัตรศิลป์, 2551)

โดยทั่วไปแล้ว ผิวหน้าของถ่านกัมมันต์นั้นไม่มีขั้ว แต่เนื่องจากมีสารประกอบออกไซด์ เกิดขึ้นเสมอที่ผิวหน้า และการจัดเรียงของอะตอมอยู่ในลักษณะ hexagonal ทำให้ผิวหน้าของ ถ่านกัมมันต์มีพื้นที่ผิวสูงกว่าตัวดูดซับอื่น ๆ เช่น silica gel จึงทำให้ดูดซับสารได้มากกว่า

ถ่านกัมมันต์เป็นถ่านที่เตรียมขึ้นเป็นพิเศษเพื่อให้มีพื้นที่ผิวมากที่สุด ซึ่งทำได้โดยการทำให้เกิดรูพรุนหรือโครงสร้างภายในเนื้อถ่านจำนวนมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ รูพรุนนี้มีขนาดตั้งแต่ 20-20,000 angstrom ดังนั้นพื้นที่ผิวจึงสูงและมีความสามารถในการดูดซับ (adsorption capacity) สูง ด้วยเช่นกัน การวัดพื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์กระทำได้โดยการหาปริมาณในโตรเจนที่ถูกถ่านกัมมันต์ดูดไว้ ขณะที่วิธีวัดสมรรถนะของถ่านกัมมันต์อาจกระทำได้โดยการวิเคราะห์ค่าการดูดซับ ไอโอดีน (iodine number) ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับพื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์ โดยปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับ ได้แก่ ขนาดและพื้นที่ผิวของสารดูดซับ ลักษณะของการดูดซับ (nature of adsorbate) ค่า pH อุณหภูมิ และเวลาในการสัมผัส (contact time)

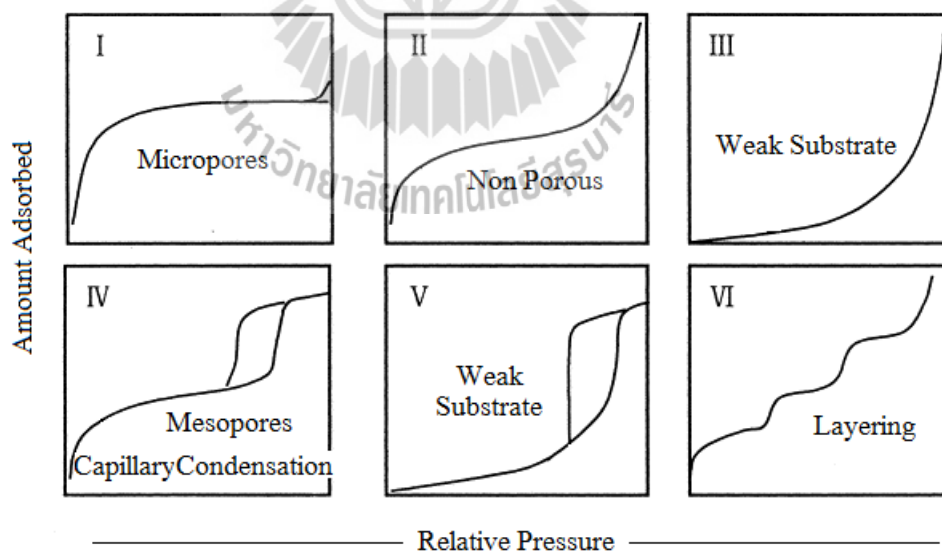
ถ่านกัมมันต์แบ่งตามขนาดรูพรุนบนผิวคาร์บอนจะแบ่งได้เป็น 3 ระดับ คือ 1) ขนาดเล็ก (micropores) คือถ่านกัมมันต์ที่มีรัศมีของรูพรุนไม่เกิน 15 nm 2) ขนาดกลาง (transitional pores or mesopores) คือถ่านกัมมันต์ที่มีรัศมีของรูพรุนประมาณ 15-100 nm มักใช้ในปฏิกิริยาที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา (catalytic reaction) และ 3) ขนาดใหญ่ (macropores) คือถ่านกัมมันต์ที่มีรัศมีของรูพรุนใหญ่กว่า 100 nm มักใช้ในการฟอกสีและผลิตยา

หากแบ่งถ่านกัมมันต์ตามชนิดของสารที่ถูกดูดซับ จะแบ่งเป็น 3 ประเภท คือ 1) ประเภทที่ใช้สำหรับดูดซับก๊าซ (gas adsorbents) เป็นถ่านกัมมันต์ที่ใช้ในการดูดซับสารพิษ กลิ่น และไอของสารอินทรีย์ ส่วนมากเป็นถ่านกัมมันต์ที่ได้จากการเผาถ่านประเภท hard artificial char ซึ่งเป็นถ่านที่ได้จากการเผาเมล็ดพืชเปลือกแข็ง หรือถ่านไม้เผาที่ความดันสูง 2) ประเภทที่ใช้สำหรับดูดซับสี (colour adsorbents) เป็นถ่านกัมมันต์ที่ใช้เป็นตัวฟอกสี ส่วนมากเป็นถ่านกัมมันต์ที่ได้จากการเผาถ่านประเภท soft artificial char ซึ่งเป็นถ่านที่ได้จากถ่านไม้ ถ่านชานอ้อย ถ่านจากแกลบ ถ่านจากหินน้ำมัน และถ่านจากกากน้ำตาล และ 3) ประเภทที่ใช้สำหรับดูดซับโลหะ (metal adsorbents) เป็นถ่านกัมมันต์ที่เป็นตัวแยกพวกโลหะชนิดต่าง ๆ เช่น ถ่านที่ใช้ในการแยกทอง เงิน แพลทินัม และแร่

การวัดค่าการดูดซับ โดยทั่วไปจะควบคุมอุณหภูมิของการดูดซับให้คงที่แล้วจึงศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของตัวถูกดูดซับกับความดันหรือความเข้มข้นของสารละลายที่สถานะสมดุลของการดูดซับ เส้นกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ดังกล่าวนี้เรียกว่าไอโซเทอร์ม (isotherm) ในถ่านกัมมันต์หรือซีโอไลต์ พบว่าเป็นไอโซเทอร์ม Type I ซึ่งเป็นไอโซเทอร์มสำหรับการดูดซับที่เป็นแบบชั้นเดียว (monolayer adsorption) สมมติฐานว่าโมเลกุลที่จะถูกดูดซับนั้นมี

จำนวนและตำแหน่งที่แน่นอน โดยแต่ละโมเลกุลของตัวดูดซับจะดูดซับโมเลกุลของตัวถูกดูดซับได้เพียง 1 โมเลกุลเท่านั้น ซึ่งแต่ละตำแหน่งมีค่าความร้อนของการดูดซับเท่ากันและคงที่ไม่มีแรงกระทำระหว่างโมเลกุลที่อยู่ใกล้เคียงกัน ไอโซเทอมนี้ถูกเสนอโดย Irving Langmuir เรียกว่าไอโซเทอรัมการดูดซับของแลงเมียร์ (Langmuir's isotherm) ไอโซเทอรัมนี้เป็นปรากฏการณ์การดูดซับของสารที่ไม่มีมีความพรุนหรือมี microporous เป็นจำนวนมาก พบทั้งการดูดซับทางกายภาพและเคมี โดยปริมาณการดูดซับจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วที่ความดันสัมพัทธ์ (relative pressure, p/p_0) ต่ำ ๆ และที่ความดันสัมพัทธ์สูง เข้าใกล้ 1 จะมีการดูดซับเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อย

ไอโซเทอรัมอีกชนิดที่อาจพบได้ในถ่านกัมมันต์คือ Type IV เพราะสามารถพบได้มากในวัสดุที่มีรูพรุนส่วนใหญ่เป็นรูพรุนขนาดกลาง (2-50 nm) ในช่วงแรกซึ่งมีความดันสัมพัทธ์ต่ำ เส้นไอโซเทอรัมจะขึ้นมามากแล้วความชันลดลงค่อนข้างลาดเรียบไปด้วยความชันที่ต่ำ จากนั้นการดูดซับเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อความดันสัมพัทธ์สูงขึ้น เนื่องจากเกิดการควบแน่นแคปิลลารี (capillary condensation) ขึ้นในรูพรุน ทำให้เกิด hysteresis loop ในช่วง desorption ซึ่งข้อมูลของการเกิดการควบแน่นในช่วงแคปิลลารี จะนำมาคำนวณหาการกระจายขนาดของรูพรุนในของแข็งที่มีรูพรุนขนาดกลางได้ การควบแน่นแคปิลลารีทำให้ช่วง desorption มีปริมาณดูดซับที่สูงกว่าการเกิดการดูดซับที่ความดันเท่ากัน



รูปที่ 2.1 การจำแนกไอโซเทอรัมการดูดซับตาม IUPAC (Ryu et al., 1999)

อย่างไรก็ตาม วิทยานิพนธ์นี้ มีขึ้นเพื่อศึกษาความสามารถในการการชะลอการสุกของมะม่วงน้ำดอกไม้โดยใช้ถ่านกัมมันต์ แต่ การวัดค่าการดูดซับ เอทิลีนของถ่านกัมมันต์ต้องกำหนด

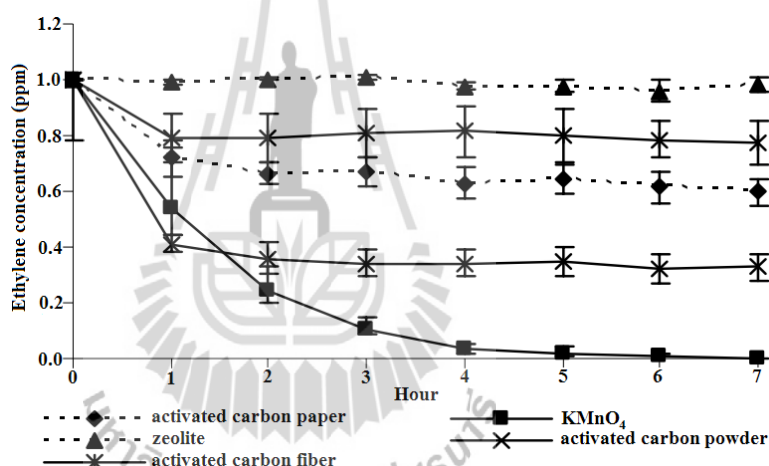
สภาวะที่อุณหภูมิคงที่แล้วศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเอทิลีน กับความดันหรือความเข้มข้นของสารละลายที่สภาวะสมดุลของการดูดซับ เป็นระบบเอกเทศ (isolate) จะต้องไม่มีปัจจัยอื่นเกี่ยวข้อง แต่โดยความเป็นจริงแล้ว สภาพการเก็บรักษาในห้องเย็นไม่ได้มีก๊าซเอทิลีนบริสุทธิ์เป็นปริมาณคงตัวหนึ่ง ๆ ไหลผ่านถ่านกัมมันต์ ทว่ามีก๊าซอื่นหลายชนิด (unknown) ในบรรยากาศห้องเย็น และแต่ละชนิดมีปริมาณไม่ทราบค่า กับทั้งการเกิดสารประกอบกลิ่นที่เกิดขึ้นระหว่างการสุกและความชื้นในสภาพเก็บรักษา ทำให้การวัดค่าไอโซเทอมในกรณีนี้จะไม่ตอบคำถามของวิทยานิพนธ์ จึงไม่ได้กำหนดในแผนการวิจัย

พรชัย ราชตะนะพันธุ์ และคณะ (2553) ได้ผสมถ่านกัมมันต์ 0.5 1.5 และ 25% w/w ลงในเยื่อกระดาษลอนลูกฟูกเก่าขึ้นรูปด้วยมือ นำมะม่วงน้ำดอกไม้ที่มีความสุกแก่เท่าเทียมกันจากการตรวจสอบด้วยความถ่วงจำเพาะของผล บรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูกขนาด 16x28x8 cm 3 ผลต่อกล่อง ทำการเก็บรักษามะม่วงน้ำดอกไม้ที่ $20 \pm 1^{\circ}\text{C}$ $50 \pm 5\% \text{rh}$. พบว่า มะม่วงชุดที่บรรจุในกล่องที่บุด้วยกระดาษกัมมันต์ความเข้มข้น 5 และ 15% มีอายุการเก็บรักษานาน 16 วันเท่ากันกับชุดควบคุม อาจเนื่องจากความเข้มข้นของผงถ่านกัมมันต์ยังต่ำเกินที่จะสามารถดูดซับก๊าซเอทิลีนจนสามารถชะลอการสุกของมะม่วงได้ สำหรับการบรรจุมะม่วงในกล่องที่บุด้วยกระดาษกัมมันต์ความเข้มข้น 25% สามารถเก็บรักษาได้นาน 20 วัน พรชัย ราชตะนะพันธุ์ และคณะ (2553) ได้ให้เหตุผลว่ากระดาษกัมมันต์ดูดซับก๊าซเอทิลีนภายในกล่องบรรจุไว้ จึงสามารถชะลอการสุก การเปลี่ยนแปลงสี ความแน่นเนื้อ และชะลอการเพิ่มขึ้นของปริมาณของแข็ง ทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ส่งผลทำให้ยืดอายุการเก็บรักษาของมะม่วง

อภิญา แสงศิริโรจน์ (2553) ใช้ถ่านกัมมันต์ 0.5 0.7 1.0 และ 1.2 g ผสมในสารยึดติด polyvinylalcohol เข้มข้น 9 10 และ 11% w/v สำหรับเคลือบลงบนผิวหน้ากระดาษ 2 ชนิดคือกระดาษพรูฟ 45 gram และกระดาษคราฟท์ 125 gram นำมาเคลือบประกบกัน 2 รูปแบบคือ แบบไม่ปิดผนึก และปิดผนึก 4 ด้าน บรรจุกล้วยหอมทอง พบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อกระดาษขนาด 20x30 cm คือ ถ่านกัมมันต์ 1 g ผสม กับ 6-7 mL 9% polyvinylalcohol ทั้งแบบไม่ปิดผนึกและปิดผนึก 4 ด้านให้ผลไม่แตกต่างกันจึงเลือกแบบปิดผนึกทั้ง 4 ด้านเพื่อป้องกันการร่วงหลุดของผงถ่านและกระดาษพรูฟเคลือบผงถ่านเก็บรักษากล้วยหอมทองได้ 18 วัน ขณะที่กระดาษคราฟท์เคลือบผงถ่านเก็บรักษาได้ 17 วัน ชุดควบคุมเก็บรักษาได้ 8 วัน

ชัยพร สามพุ่มพวง และรังสิณี โสธรวิทย์ (2550) นำฟางข้าวอบแห้งแล้วมีความชื้น 7% แช่น้ำเปล่า 1 คืนแล้วต้มกับ 10 15 และ 20% NaOH w/w แห่งของฟางข้าว ที่ 100°C 2 ชั่วโมง ล้างน้ำสะอาด กระจายเชื้อให้ได้กระดาษมาตรฐาน $60 \pm 5 \text{ g/m}^2$ พบว่าปริมาณ NaOH ที่ 20% จะย่อยฟางข้าวให้สมบัติทางกายภาพของกระดาษดีที่สุด ทั้งความสว่าง ความหนาแน่น ด้านทานแรงดึง ความยืด ความต้านทานการหักพับ และความต้านทานแรงดันทะลุ เมื่อเทียบกับ NaOH ที่ความเข้มข้นต่ำกว่า

จากนั้นทดลองนำมาผสมกับถ่านกัมมันต์ 50% เพื่อผลิตเป็นกระดาษ กระดาษที่ได้มีน้ำหนักมาตรฐาน $80 \pm 5 \text{ g/m}^2$ แล้ววัดความสามารถในการดูดซับ 1 ppm เอทิลีน โดยทดลองกับทั้งผงถ่านกัมมันต์, ก้อนอิฐมอญชุบด้วยสารละลาย KMnO_4 , ผง zeolite, แผ่น activated carbon fiber และกระดาษเยื่อฟางข้าวผสมถ่านกัมมันต์ น้ำหนักตัวอย่างละ 5 g 3 ซ้ำ ในขวดรูปชมพู่ปิดสนิท ทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ วัดปริมาณเอทิลีน ทุก 1 ชั่วโมงจนครบ 7 ชั่วโมง (รูปที่ 2.1) พบว่า ก้อนอิฐมอญชุบด้วยสารละลาย KMnO_4 สามารถดูดซับเอทิลีนได้ดีที่สุด หากเทียบกระดาษเยื่อฟางข้าวผสมผงถ่านกัมมันต์กับผงถ่านกัมมันต์เปล่า ที่ไม่ได้ผสมเยื่อสร้างกระดาษพบว่า ผงถ่านกัมมันต์เปล่าสามารถดูดซับเอทิลีนได้ดีกว่ากระดาษเยื่อฟางข้าวผสมผงถ่านกัมมันต์ ซึ่งผู้ทดลองได้ให้เหตุผลว่าการผสมผงถ่านร่วมกับเยื่อทำให้ผงถ่านสูญเสียไปในกระบวนการผลิตกระดาษ ผงถ่านกัมมันต์เปล่าที่บรรจุของจึงดูดซับเอทิลีนได้มากกว่า



ที่มา: ชัยพร สามพุ่มพวง และรังสิณี โสธรวิทย์ (2550)

รูปที่ 2.2 อัตราการลดลงของปริมาณเอทิลีนโดยใช้สารดูดซับชนิดต่าง ๆ

เสวตลักษณ์ แต่ชูตระกูล (2550) ได้ใช้ถ่านกะลาปาล์มและถ่านกัมมันต์มาผสมกับเยื่อเวียนทำใหม่ เพื่อทดสอบความสามารถในการยึดอายุการเก็บมะเขือเทศ ผงถ่านที่มากที่สุดที่สามารถขึ้นรูปได้คือ 40% ของน้ำหนักเยื่อแห้ง ถ่านกะลาปาล์มสามารถดูดซับเอทิลีนได้มากกว่าถ่านกัมมันต์เล็กน้อย แต่ดูดความชื้นได้น้อยกว่าถ่านกัมมันต์หลายเท่า การเติมผงถ่านทำให้คุณสมบัติของกระดาษ เช่น ความต้านทานแรงดันทะลุ ความต้านทานแรงดึงขาด ความต้านทานแรงกดขอบด้อยลง แต่สามารถยึดอายุการเก็บรักษามะเขือเทศได้ โดยบรรจุมะเขือเทศสีดา 5 ผลในกล่องขนาด $13.5 \times 5.5 \times 6 \text{ cm}$ สามารถชะลอการสุกได้ 3 วัน เมื่อบรรจุมะเขือเทศจำนวน 3 5 และ 7 ผล ลงในกล่องขนาดเดิมพบว่า กล่องที่บรรจุมะเขือเทศจำนวนน้อยจะชะลอการสุกได้มากกว่ากล่องที่บรรจุ

มะเขือเทศจำนวนมากกว่า และมะเขือเทศที่บรรจุกล่องเยื่อกระดาษผสมผงถ่านกะลาปาล์มมีคุณภาพดีกว่าเนื่องจากสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่ามะเขือเทศที่บรรจุกล่องเยื่อกระดาษผสมผงถ่านกัมมันต์

Zagory (1995) กล่าวว่ามีการใช้ถ่านกัมมันต์เพื่อการกำจัดเอทิลีนซึ่งได้รับความนิยมในประเทศญี่ปุ่น ตัวอย่างเช่นบริษัท SendoMate โดยบริษัท Mitsubishi Chemical Japan ใช้ถ่านกัมมันต์ชุบด้วย palladium chloride ($PdCl_2$) palladium จะเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาโลหะ (metal catalyst) บริษัท Halofresh System จากบริษัท Honshu Paper ใช้ถ่านกัมมันต์เป็นวัสดุพรุนแล้วชุบด้วย bromine และ Neupalon ของบริษัท Sekishi Jushi Japan

2.4 มาตรฐานคุณภาพผลมะม่วง การส่งออก และวิธีการส่งออก

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตร และอาหารแห่งชาติ (2546) (มกอช. 5-2546) ได้กำหนดมาตรฐานด้านคุณภาพของผลมะม่วงดังนี้

คุณภาพขั้นต่ำ

มะม่วงทุกชั้นมาตรฐาน จะต้องมีคุณภาพดังต่อไปนี้เว้นแต่จะมีข้อกำหนดเฉพาะ และเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ตามที่ระบุไว้

- เป็นมะม่วงทั้งผล สำหรับมะม่วงที่บรรจุในหีบห่อเพื่อการส่งออก ถ้ามีขั้วติด ขั้วจะยาวได้ไม่เกิน 1 cm
- ลักษณะและคุณสมบัติตรงตามพันธุ์
- ผลมีความสด ตามสภาพดิบหรือสุก
- ไม่มีรอยช้ำและไม่เน่าเสียที่จะทำให้ไม่เหมาะสมต่อการบริโภค
- สะอาดและปราศจากสิ่งแปลกปลอมที่สามารถมองเห็นได้
- ไม่มีตำหนิที่เห็นเด่นชัด หรือตำหนิที่มีผลกระทบต่อคุณภาพเนื้อ
- ไม่มีความเสี่ยงหายของผลิตผลเนื่องจากศัตรูพืช
- ปลอดภัยจากความชื้นที่ผิดปกติจากภายนอก เว้นแต่หยดน้ำที่เกิดหลังนำออกจากห้องเย็น
- ไม่มีความเสี่ยงหายเนื่องจากอุณหภูมิต่ำหรืออุณหภูมิสูง
- ปลอดภัยจากกลิ่น และ/หรือ รสชาติแปลกปลอม
- ผลมะม่วงมีความแก่ได้ที่ คือสามารถพัฒนาเป็นผลสุกได้ภายหลังเก็บเกี่ยวจากต้น โดยเหมาะสมกับพันธุ์และแหล่งปลูก ผลอยู่ในสภาพที่

ยอมรับได้เมื่อถึงปลายทาง คุณภาพการรับประทานเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

คุณภาพชั้นสอง (class II)

ชั้นนี้รวมมะม่วงที่ไม่เข้าขั้นชั้นที่สูงกว่า แต่มีคุณภาพสูงกว่าคุณภาพขั้นต่ำ มีตำหนิได้เล็กน้อยด้านรูปทรง สี และผิว ซึ่งเกิดจากการเสียดสีหรือได้รับแสงแดดจัด และรอยด่างที่เกิดจากยาง โดยไม่มีผลต่อรูปลักษณะทั่วไปของผลและคุณภาพระหว่างการเก็บรักษา รวมทั้งการจัดเรียงเสนอในภาชนะบรรจุ ตำหนิที่ผิวโดยรวมต่อผลมีพื้นที่ได้ไม่เกิน 7 6 5 และ 4 cm² สำหรับผลมะม่วงขนาด 1 2 3 และ 4 ตามลำดับ จุดสนิมประปราย และ/หรือ สีเหลืองที่ผิวที่เกิดจากการได้รับแดดจัดมีได้ไม่เกิน 40% ของพื้นที่ผิวทั้งหมดของแต่ละผล แต่ต้องไม่มีรอยไหม้

คุณภาพชั้นหนึ่ง (class I)

มะม่วงชั้นนี้มีคุณภาพดีกว่าชั้นสอง และตำหนิที่ผิวโดยรวมต่อผลมีพื้นที่ได้ไม่เกิน 5 4 3 และ 2 cm² สำหรับผลมะม่วงขนาด 1 2 3 และ 4 ตามลำดับ (ดูตารางที่ 2.2) จุดสนิมประปราย และ/หรือ สีเหลืองที่ผิวที่เกิดจากการได้รับแดดจัดมีได้ไม่เกิน 30% ของพื้นที่ผิวทั้งหมดของแต่ละผล และต้องไม่มีรอยไหม้

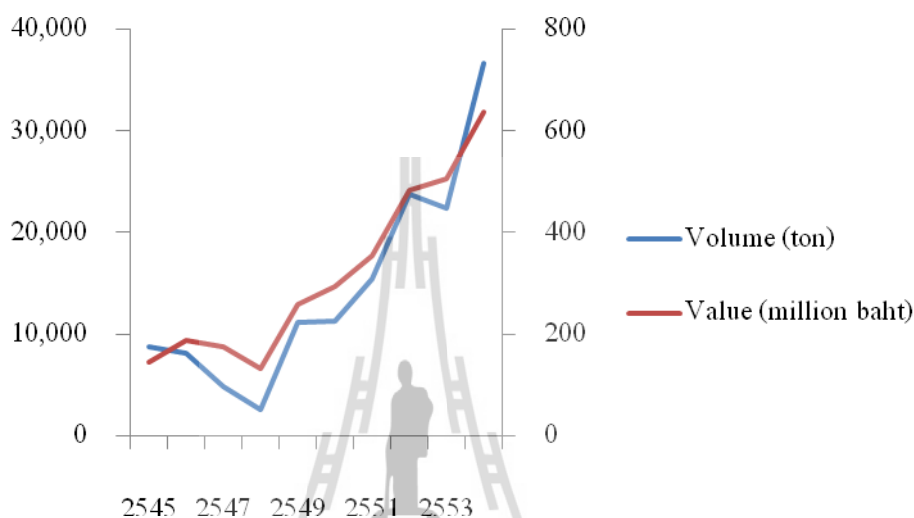
คุณภาพชั้นพิเศษ (extra class)

ในชั้นนี้ เป็นมะม่วงที่มีคุณภาพดีที่สุด มีลักษณะ รูปทรง สี ตรงตามพันธุ์ ผลปราศจากตำหนิ ยกเว้นตำหนิเล็กน้อยที่ไม่สามารถมองเห็นได้ชัด และไม่มีผลต่อรูปลักษณะทั่วไปของผล ต่อคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาและการจัดเรียงเสนอในภาชนะบรรจุ

ตารางที่ 2.2 ข้อกำหนดเรื่องขนาดของผลมะม่วง (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2546)

รหัสขนาด	น้ำหนัก (g)	ความแตกต่างของขนาดผลสูงสุดในแต่ละภาชนะบรรจุ (g)
1	> 450	100
2	351-450	50
3	251-350	50
4	150-250	50

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2555) ได้รายงานปริมาณการส่งออกมะม่วง ไปจำหน่ายยังต่างประเทศในปี 2553 เป็นจำนวน 22,369 ตัน คิดเป็นมูลค่า 505.3 ล้านบาท และเพิ่มขึ้นในปี 2554 ถึง 36,749 ตัน คิดเป็นมูลค่า 637.3 ล้านบาท (รูปที่ 2.2) ส่วนใหญ่ส่งออกไปยังประเทศญี่ปุ่น มาเลเซีย และสหรัฐอเมริกา



รูปที่ 2.3 ปริมาณและมูลค่าส่งออกมะม่วงสดของประเทศไทย ระหว่างปี 2545-2554

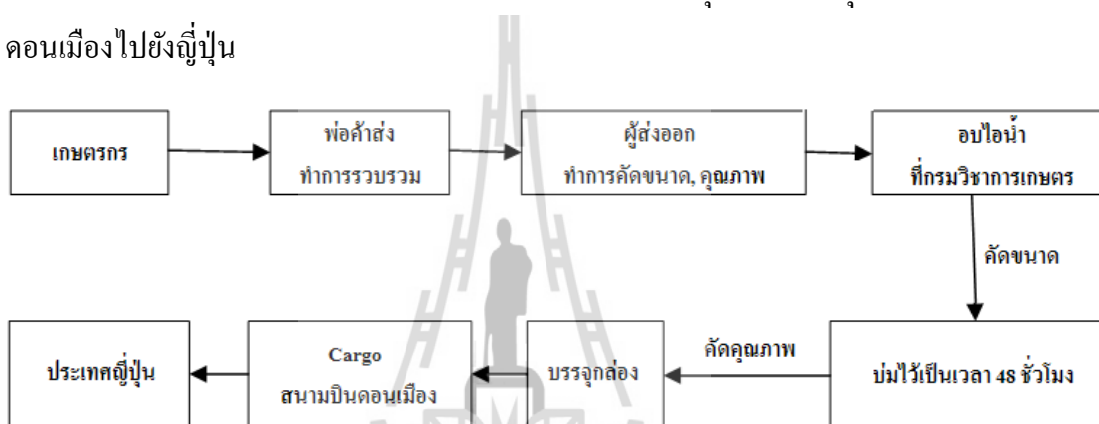
ขั้นตอนการส่งออกต่างประเทศ

การขนส่งเริ่มจากสวนมะม่วงของเกษตรกร คุณภาพของมะม่วงอาจสูญเสียระหว่างการขนส่งได้ ดังนั้นปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยวและบรรจุจึงเป็นสิ่งสำคัญ ควรบรรจุมะม่วงในถุงห่อและมีการป้องกันการกระแทกด้วยการปูกระดาษหนังสือพิมพ์ด้านล่างและด้านข้าง บรรจุ 12-13 กิโลกรัมต่อตะกร้า หรือประมาณ 20-25 ผลต่อตะกร้า ซึ่งการขนส่งที่เกิดขึ้นภายในประเทศมี 3 รูปแบบคือ การขนส่งจากสวนไปยังโรงคัดบรรจุ การขนส่งเพื่อกระจายมะม่วงสำหรับจำหน่ายในประเทศ และการขนส่งจากโรงคัดบรรจุเพื่อไปสนามบินหรือท่าเรือสำหรับการส่งออก (คารศร์ กิติติโยภาส, 2555)

ถ้าผู้ส่งออกเป็นผู้ผลิตด้วย อาจข้ามขั้นตอนบางส่วนไปได้ เช่น หากเป็นผู้ผลิตสินค้าและได้จดทะเบียนพาณิชย์ครอบคลุมกิจการการส่งออกแล้วก็สามารถข้ามขั้นตอนนี้ได้ ขั้นตอนต่าง ๆ ประกอบด้วย การจดทะเบียนเป็นนิติบุคคลที่กรมพัฒนาธุรกิจกระทรวงพาณิชย์ จดทะเบียนภาษีมูลค่าเพิ่มที่กรมสรรพากรกระทรวงการคลัง จดทะเบียนสวนผลไม้เพื่อการส่งออกที่กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ จากนั้นจึงเสนอจำหน่ายสินค้าและราคาแก่ผู้นำเข้าในต่างประเทศ (กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ, 2555)

ในส่วนพิธีการศุลกากร ให้ลงทะเบียนระบบศุลกากรอิเล็กทรอนิกส์ในส่วนที่ต้องใช้แสดงกับเจ้าหน้าที่ศุลกากรในเบื้องต้น จากนั้นให้ทำตามพิธีการศุลกากรนำเข้า-ส่งออก ตามพระราชกำหนดพิกัดศุลกากร พ.ศ. 2530 แก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชกำหนดอัตราศุลกากรฉบับที่ 4 พ.ศ. 2549 และพระราชกำหนดอัตราศุลกากรฉบับที่ 3 พ.ศ. 2555

เพื่อผู้ตรี เจริญวานิช และคณะ (2545) ได้อธิบายถึงกระบวนการส่งออกมะม่วงไปญี่ปุ่น (รูปที่ 2.3) โดยเริ่มจากพ่อค้ามารับที่แปลงเกษตรกร ทำการรวบรวมมะม่วงจากแหล่งผลิตส่งขายแก่บริษัทผู้ส่งออก บริษัทผู้ส่งออกจะทำการคัดขนาดและคุณภาพ แล้วทำการอบไอน้ำที่กรมวิชาการเกษตร แล้วคัดขนาดอีกครั้งหนึ่ง บ่มไว้ 2 วัน แล้วคัดคุณภาพ บรรจุใส่กล่อง ส่งสนามบินดอนเมืองไปยังญี่ปุ่น

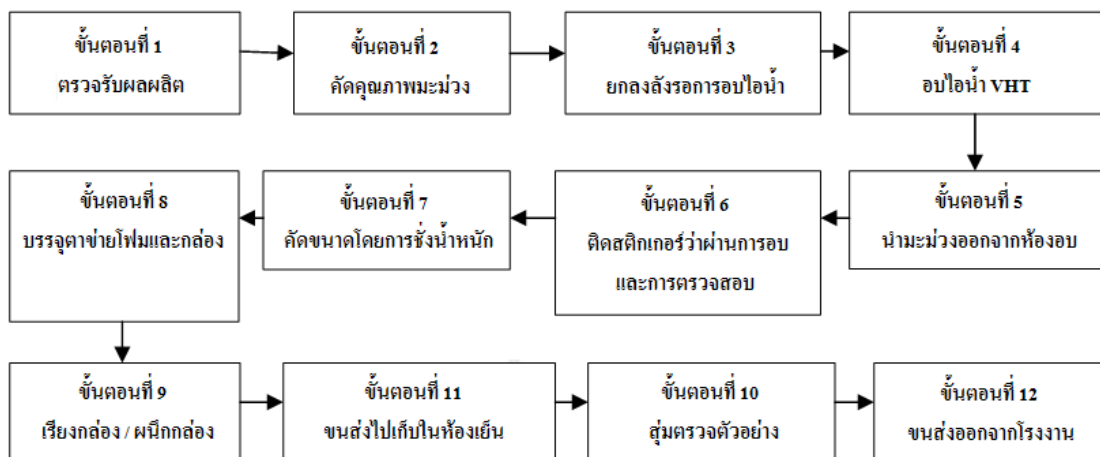


รูปที่ 2.4 แผนผังภาพแสดงขั้นตอนการส่งออกมะม่วงน้ำดอกไม้สู่ประเทศญี่ปุ่น

ตัวอย่างของบริษัท พี.เค. สยาม มาร์ท (P.K. Siam Mart Co., Ltd, 2012) จะจัดซื้อมะม่วงจากผู้จัดหาสินค้าหลายราย จากสวนมะม่วงที่ได้รับการรับรองมาตรฐานเพื่อการส่งออกจากกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เมื่อรับสินค้ามาแล้ว จะตรวจสอบน้ำหนักตามรายการสั่งซื้อแต่ละรายการ ล้างด้วยคลอรีนเพื่อฆ่าเชื้อโรค ใส่หีบห่อและเครื่องหมายการค้าของบริษัทที่สั่งซื้อสินค้าวันที่รับและซื้อสินค้า สำหรับมะม่วง 2,000 kg ขั้นตอนการล้างและรับสินค้านี้ใช้เวลา 6 ชั่วโมง จากนั้นใช้เวลา 15 นาทีในการตรวจสอบให้ตรงตามรหัสสินค้าแต่ละรหัสที่ตั้งไว้ แล้วจัดเรียงเข้าสู่อบไอน้ำ 47°C 20 นาที มะม่วง 2,000 kg จะใช้เวลา 2 ชั่วโมง โดยส่งต่อเรียงตามลำดับรหัสสินค้าในแต่ละลัง ลำเลียงออกมาทำให้แห้งและเย็นด้วยความดันบรรยากาศ ซึ่งใช้เวลาประมาณ 30 นาทีแล้วแยกสินค้าตามประเภท ชั่งน้ำหนัก ตัดฉลากให้ถูกต้องตามรหัสสินค้า ฉลากจะเป็นสีขาวแสดงข้อมูลสวนผลไม้เพื่อว่าในกรณีสินค้าไม่ได้มาตรฐานจะสามารถตรวจสอบกลับได้ว่ามาจากสวนใด ขั้นตอนนี้ใช้เวลา 3 ชั่วโมง แล้วบรรจุหีบห่อตามชนิดและรหัสที่กำหนดไว้อีก 5 นาที จากนั้นกล่องบรรจุภัณฑ์จะถูกลำเลียงมาปิดอย่างแน่นหนาด้วยแถบพลาสติกใสแปะสติ๊กเกอร์ตัวหนังสือสีแดงว่า TREATED PQ-DOA-THAILAND หมายถึงผ่านการอบไอน้ำจากไทยที่ได้มาตรฐานแล้ว จากนั้น

จะมีการสุ่มตรวจเครื่องหมายการค้า ใช้เวลา 15 นาที ขนส่งเข้าห้องเย็นของรถตู้คอนเทนเนอร์ที่ 13-15°C ไปที่สนามบินนานาชาติดอนเมืองเพื่อขนส่งทางอากาศสู่ประเทศญี่ปุ่น ซึ่งรัฐบาลไทยจะยินยอมให้บริษัทที่ได้รับการรับรองมาตรฐานแล้วเท่านั้นจึงส่งออกได้ จะมีเอกสารแสดงผลการตรวจจากฝ่ายไทยแนบสินค้าต่อสำนักงานสาธารณสุขญี่ปุ่น เมื่อถึงประเทศญี่ปุ่นเจ้าหน้าที่สายการบินจะตรวจสอบจำนวนของสินค้าและความเสียหาย ลำเลียงมาที่กองกักกันพืชสำนักงานเกษตรประเทศญี่ปุ่นจะตรวจสอบภายนอกกล่องได้แก่ สภาพกล่องและตาข่ายห่อหุ้มสินค้าต้องอยู่ในสภาพสมบูรณ์ไม่มีรอยฉีกขาดเพื่อป้องกันแมลงที่อาจรอดชีวิตจากการอบไอน้ำแล้วคลอออกมาจากกล่องได้ ต้องมีสติ๊กเกอร์ TREATED PQ-DOA-THAILAND และมีสติ๊กเกอร์อักษรว่า FOR JAPAN ตัวพิมพ์ใหญ่ การตรวจสอบภายนอกนี้จะตรวจสินค้าทุกกล่อง หากไม่ผ่านจะถูกทำลายทิ้ง และการตรวจสอบภายใน หาแมลงหรือหนอนที่ทางญี่ปุ่นกำหนดว่า อาจเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคหรือการเกษตรของญี่ปุ่น หากพบแมลง หนอน หรือเพลี้ยที่ยังมีชีวิตอยู่ ทางกองกักกันพืชจะไม่รับ นอกจากนี้ มีการสุ่มตรวจสารตกค้างในสินค้าได้แก่ สารควบคุมโรคพืชและแมลงศัตรูพืชตามที่กำหนดห้าม หากผ่านการตรวจแล้วจะได้ฉลากสีเขียวติด หากไม่ผ่านก็จะทำลายทิ้ง เมื่อผ่านขั้นตอนการตรวจรับเข้าแล้ว ให้นำเอกสารอนุญาตนำเข้าจากสำนักงานเกษตรและสาธารณสุขญี่ปุ่นยื่นชำระภาษีสินค้านำเข้า แล้วจึงนำไปรับรองสินค้านำเข้าจากสำนักภาษียื่นขอรับสินค้าจากสนามบิน จากนั้นจะส่งเข้าตลาดหลัก เช่นตลาดโอตะเพื่อนำเข้าสต็อกสินค้า เพื่อการจำหน่ายหรือกระจายในตลาดย่อย

สำนักงานพัฒนาคุณภาพสินค้าเกษตร กรมวิชาการเกษตร (2553) ได้แสดงกระบวนการการส่งออกมะม่วง (รูปที่ 2.4) เริ่มจากตรวจรับผลผลิต ทำการตรวจคัดมะม่วง ยกถังมะม่วงขึ้นรถทำการอบไอน้ำ ทำการอบไอน้ำ ตีคลสติ๊กเกอร์แผ่นป้ายเพื่อแสดงว่าผ่านการอบและตรวจสอบเรียบร้อยแล้ว คัดขนาดอีกครั้งโดยการชั่ง บรรจุโฟมตาข่าย (net foam) ใส่กล่อง ผนึกกล่องติดเทป แต่จะมีการสุ่มตรวจมะม่วงเพื่อทำการตรวจสอบอีกที จากนั้นขนลงไปที่ห้องเย็นเพื่อเตรียมออกจากโรงงานอบไอน้ำ



รูปที่ 2.5 แผนผังภาพแสดงระเบียบวิธีประกันคุณภาพมะม่วงน้ำดอกไม้ส่งออก

การส่งออกทางเรือจะใช้เวลาตั้งแต่ 7-30 วัน ขึ้นกับประเทศปลายทางที่เป็นผู้รับ
(จ้านง อุทัยบุตร และคณะ, 2552)



บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 การทดลองที่ 1 การศึกษาพฤติกรรมการสุกที่สภาวะปกติ

3.1.1 วัสดุอุปกรณ์

- มะม่วงน้ำดอกไม้อายุ 110 วันหลังดอกบาน ซึ่งมีความบริบูรณ์เต็มที่แต่ยังไม่สุก (100% mature green) จากแหล่งอำเภอบางบาล จ.นครราชสีมา คัดเลือกผลที่มีคุณภาพดี ไม่มีตำหนิบาดแผลหรือร่องรอยการเข้าทำลายของโรคแมลง และการชำ ตัดก้านขั้วผลและสะเด็ดยาง
- ถ้วยยูเรกา (displacement vessel)
- เครื่องวัดความแน่นเนื้อ penetrometer ของบริษัท Chatillon รุ่น DFSG50 หัวกดอลูมิเนียมทรงกระบอกหน้าตัดราบ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 cm
- เครื่องวัดสี Chroma meter ยี่ห้อ Minolta รุ่น CR-300
- เครื่องวัดความเป็นกรดต่าง pH meter
- เครื่อง hand refractometer (ATAGO)
- ชุดไทเทรต

3.1.2 สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว อาคารเครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 3 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.1.3 ระยะเวลาทำการทดลอง

12 วัน ตั้งแต่วันที่ 9 มิถุนายน 2554 - 20 มิถุนายน 2554

3.1.4 วิธีการทดลอง

ทำการเก็บรักษามะม่วงที่อุณหภูมิ $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ $65\pm 5\%\text{rh}$. ชุดทดลองละ 5 ผล (ชำ) ต่อวัน จำนวน 75 ผล

3.1.4.1 การหาค่า ความถ่วงจำเพาะ โดยคิดแต่ละผลจากอัตราส่วนของน้ำหนักต่อ น้ำหนักน้ำล้นจากถ้วยยูเรกา (รูปที่ 3.1)



รูปที่ 3.1 การแทนที่น้ำโดยด้วยยูเรกาเพื่อหาปริมาตรผลมะม่วง

3.1.4.2 การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและสีเนื้อมะม่วง แต่ละผลวัดสี 3 จุดใกล้ขั้วผล กลางผล และใกล้ปลายผล รายงานผลเป็นค่าเฉลี่ย โดยค่าที่ได้จะแสดงออกมาเป็นค่าความสว่างของ สี (L^*), ค่าสีแดง (a^*), ค่าสีเหลือง (b^*) เริ่มวัดจากวันที่เก็บผลมะม่วงจากต้น (วันที่ 1) จากนั้น ตรวจวัดทุก ๆ วัน โดยค่าความสว่างของสี หรือ L^* เมื่อมีค่าเข้าใกล้ 0 หมายถึง ผลมะม่วง มีสีคล้ำ ถ้าเข้าใกล้ 100 แสดงว่าผลมะม่วงมีสีสว่าง ค่า a^* มีค่าอยู่ระหว่าง -60 ถึง +60 เมื่อมีค่าเป็นลบแสดง ว่าสีผลมะม่วงโน้มไปทางเขียว หากเป็นบวกแสดงว่ามีสีโน้มไปทางแดง ค่า b^* มีค่าอยู่ระหว่าง -60 ถึง +60 เมื่อมีค่าเป็นลบแสดงว่าผลมะม่วงมีสีโน้มไปทางน้ำเงิน หากเป็นบวกแสดงว่าสีโน้มไปทาง สีเหลือง หากมีค่าสูงแสดงว่าผลมะม่วงมีสีเหลืองมาก

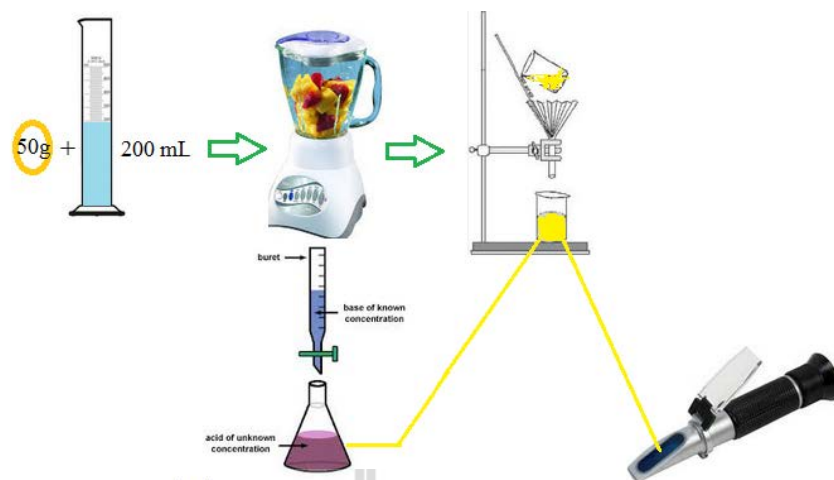
3.1.4.3 การหา ความแน่นเนื้อ ผ่านเปลือกและความแน่นเนื้อที่ตำแหน่งใกล้ขั้วผล กลางผล และใกล้ปลายผล ใช้เครื่องวัดความแน่นเนื้อ กดหัวเจาะลึกลงเป็นระยะ 0.5 cm ลงบนชั้น เนื้อมะม่วงซึ่งถูกเตรียมเป็นรูปชิ้นลูกบาศก์ขนาดด้านละประมาณ 1 cm ได้นำวิธีการของ Jha et al. (2010) มาใช้ทดสอบค่าความแน่นเนื้อโดยกระทำบริเวณตำแหน่งใกล้ขั้วผล กลางผล และใกล้ปลาย ผล ทั้งแบบกดผ่านเปลือกและปอกเปลือกออกแล้ว การรายงานผลจะรายงานในหน่วยแรงกดต่อ ระยะกด (N/mm) โดย penetrometer จะแสดงค่าความแน่นเนื้อเป็น kg mass ให้คูณด้วย 9.81 m/s^2 ซึ่งเป็นค่าแรงโน้มถ่วง จะได้หน่วยแรงกด Newton แล้วหารด้วยระยะกด



รูปที่ 3.2 a: ชิ้นตัวอย่างมีเปลือกและเนื้อตำแหน่งบน กลาง และล่างของผลจำนวน 15 ผล
 b: การกด penetrometer
 c: การแสดงค่าของเครื่อง

3.1.4.4 การวัดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (total soluble solids, TSS) และค่าความเป็นกรดต่าง (pH) นำผลมะม่วงมาปอกเอาแต่เนื้อเฉพาะส่วนแก่มีผล (mesocarp) ซึ่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งสปริงขนาดเล็กให้ได้ 50 g พอดี แล้วสับเป็นชิ้นเล็ก ๆ เพื่อสะดวกต่อการปั่นให้ได้ละเอียด ตวงน้ำกลั่นปริมาตร 200 mL ใส่ในเครื่องปั่น แล้วปั่น จากนั้นผ่านตะแกรงลวดตาถี่กรองส่วนเนื้อละเอียดออก (แทนการใช้ผ้าขาวบาง) นำสารละลายน้ำมะม่วงที่ได้นั้นวัดค่า pH ด้วย pH meter และดูค่าการหักเหแสงด้วย hand refractometer อ่านและบันทึกค่า โดยค่า pH ที่ได้ของสารละลายน้ำมะม่วง เป็น pH ของมะม่วงนั้น แต่ค่าที่อ่านได้จาก hand refractometer ต้องนำมาคูณกลับด้วยค่าคำนวณแฟกเตอร์การละลาย (dilution factor, ส่วนกลับของเนื้อสารอาหารด้วยผลบวกของเนื้อสารกับตัวทำละลาย) หน่วยเป็น Brix (รูปที่ 3.3)

3.1.4.5 การหาปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ไปเปิดหรือดึงสารละลายน้ำมะม่วงด้วยกระบอกฉีดยาจากข้อ 3.1.4.4) ปริมาตร 20 mL ใส่ขวดรูปชมพู่ เติมน้ำกลั่นอีก 30 mL หยดสารละลาย 0.1% phenolphthalein 1 – 2 หยด ทำการไทเทรตด้วยสารละลาย 0.1 N NaOH จนพอดีเป็นสีชมพูจาง (ในน้ำมะม่วงสุกสีเหลือง สีจะผสมเห็นเป็นส้มจาง) แล้วหยุดการไทเทรต อ่านและบันทึกปริมาตรสารละลาย 0.1 N NaOH ที่ใช้ หน่วยเป็น mL ซึ่งกรดในมะม่วงเป็นกรดมาลิก (malic acid) โดยสามารถคำนวณหาปริมาณกรดมาลิกได้จาก $\%TA = [\text{ความเข้มข้นของ NaOH (0.1)} \times \text{ปริมาณ NaOH ที่ใช้ (mL)} \times 0.067 \times 100] / \text{ปริมาณน้ำคั้นมะม่วง (mL)}$ ซึ่ง 0.067 เป็นค่า milliequivalent of anhydrous malic acid (Pearson, 1971)



รูปที่ 3.3 ฟังลำดับอธิบายวิธีการเตรียมสารละลายในข้อ 3.1.4.4 และ 3.1.4.5

3.1.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

เก็บข้อมูลจนกระทั่งผลเน่าเสีย ในการทดลองนี้ใช้เวลา 12 วัน

3.1.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

Duncan's multiple range test (DMRT), Least mean squares (LSD) และ Bivariate ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

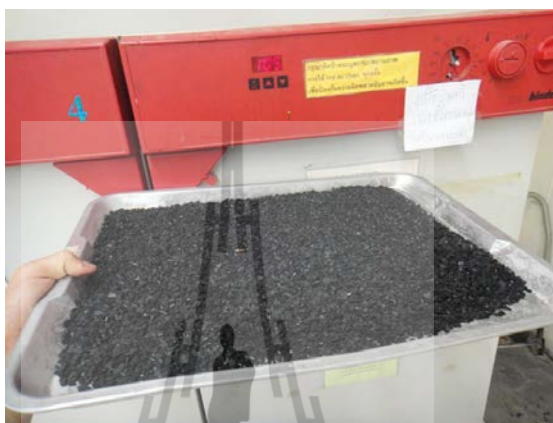
3.2 การทดลองที่ 2 การศึกษาอิทธิพลของปริมาณถ่านกัมมันต์โดยเทียบอัตราส่วนพื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์ต่อพื้นที่ผิวผลมะม่วง 50,000 150,000 250,000 และ 350,000 เท่าในการชะลอการสุกของมะม่วงน้ำดอกไม้

3.2.1 วัสดุอุปกรณ์

- มะม่วงน้ำดอกไม้อายุ 110 วันหลังดอกบาน ซึ่งมีความบริบูรณ์เต็มที่แต่ยังไม่สุก (100% mature green) จากแหล่งอำเภอบางบาล จ.นครราชสีมา คัดเลือกผลที่มีคุณภาพดี ไม่มีตำหนิบาดแผลหรือร่องรอยการเข้าทำลายของโรค แมลง และการชำ คัดก้านขั้วผลและสะเก็ดคยง จำนวน 675 ผล (ให้เตรียมมากกว่านี้เพื่อคัดออก)

- ถ้วยยูเรกา
- เครื่องวัดความแน่นเนื้อ penetrometer ของบริษัท Chatillon รุ่น DFSG50 หัวกดอลูมิเนียมทรงกระบอกหน้าตัดราบ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 cm
- เครื่องวัดสี Chroma meter ยี่ห้อ Minolta รุ่น CR-300
- เครื่องวัดความเป็นกรดต่าง pH meter
- เครื่อง hand refractometer (ATAGO)

- ชุดไทเทรต
- ก่องไปรษณีย์ขนาด 20x30x10 cm จำนวน 225 ก่อง
- ถ่านกัมมันต์เกรดการค้า (commercial grade) CGC-11A ชนิดเกล็ด ของบริษัท C. Gigantic Carbon Co. Ltd. ขนาด 4x8 mesh ผลิตจากกะลามะพร้าว ซึ่งระบุพื้นที่ผิวจำเพาะเท่ากับ $1,050 \text{ m}^2/\text{g}$ อบแห้งแบบชั้นบางที่ 105°C 2 ชั่วโมง จำนวน 5.5 kg (รูปที่ 3.4)



รูปที่ 3.4 การอบแห้งแบบชั้นบางเพื่อไล่ความชื้นและก๊าซที่ถูกจับไว้

3.2.2 สถานที่ทำการทดลอง

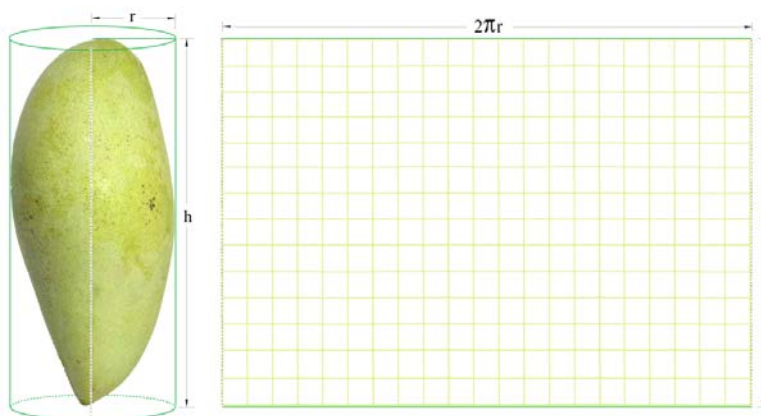
ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว อาคารเครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 3 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.2.3 ระยะเวลาทำการทดลอง

45 วัน ตั้งแต่วันที่ 9 มิถุนายน 2554 - 24 กรกฎาคม 2554

3.2.4 วิธีการทดลอง

ใช้มะม่วงน้ำดอกไม้อายุหลังดอกบาน 110 วัน ซึ่งมีความบริบูรณ์เต็มที่แต่ยังไม่สุก (100% mature green) จากสวนมะม่วงในเขต ต.หมูสี อ. ปากช่อง จ.นครราชสีมา คัดเลือกผลที่มีคุณภาพดี ไม่มีตำหนิบาดแผลหรือร่องรอยการเข้าทำลายของโรค แมลง และการชำ ตัดก้านขั้วผล และสะเด็ดยาง ทำการเก็บรักษามะม่วงที่อุณหภูมิ $13 \pm 1^\circ\text{C}$ $95 \pm 2\% \text{rh}$. ชุดทดลองละ 3 ผล (ซ้ำ) ในก่องกระดาษแข็ง ขนาด 20 x 30 x 10 cm ไม่เจาะรู ชุดการทดลองมีทั้งหมด 5 ทรีทเมนต์ ได้แก่ ชุดควบคุมและชุดทดลองที่บรรจุพร้อมถ่านกัมมันต์ซึ่งห่อในกระดาษเยื่อเป็นปริมาณ 50,000 150,000 250,000 และ 350,000 เท่าของพื้นที่ผิวรวมผลมะม่วงในแต่ละก่อง ขณะที่การหาพื้นที่ผิวมะม่วงแต่ละผลได้ออกมาว่ามีพื้นที่เท่ากับด้านข้างของทรงกระบอกซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับช่วงที่กว้างที่สุดของผลมะม่วง และความสูงเท่ากับระยะเส้นตรงจากขั้วผลถึงปลาย (รูปที่ 3.5)



รูปที่ 3.5 วิธีพิจารณาพื้นที่ผิวมะม่วงเพื่อคำนวณปริมาณถ่านกัมมันต์ที่นำมาใช้ในแต่ละกล่อง

ตัวอย่างที่ 1 ถ้ามะม่วงผลที่ 1, 2 และ 3 ในกล่อง มีด้านข้างที่กว้างที่สุด 0.084, 0.080 และ 0.082 m ความยาวผล 0.162, 0.159 และ 0.163 m ตามลำดับ ต้องการใส่ถ่านกัมมันต์ให้เป็นพื้นที่ 50,000 เท่า ในกล่องนี้จะใช้ถ่านดังกล่าวกี่กรัม

ขั้นที่ 1 หาปริมาณพื้นที่ผิวรวมของทั้ง 3 ผล ในกล่องนี้

$$\begin{aligned} \text{ผลรวม} \quad 2\pi rh &= 2\pi(r_1h_1+r_2h_2+r_3h_3) \\ &= 2(3.14)(0.042 \times 0.162 + 0.040 \times 0.159 + 0.041 \times 0.163) \\ &= 0.125 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

ขั้นที่ 2 หาพื้นที่ 50,000 เท่าของพื้นที่ผิวมะม่วง

$$50,000 \times 0.125 = 6,231.96 \text{ m}^2$$

ขั้นที่ 3 หาปริมาณน้ำหนักถ่านที่จะใช้

ถ่าน CGC-11A ระบุพื้นที่ผิวจำเพาะเท่ากับ 1,050 m²/g

ถ้าพื้นที่ 6231.96 m² จะใช้ถ่านชนิดนี้ 6,231.96/1,050 = 5.94 g #

ตัวอย่างที่ 2 ถ้ามะม่วงผลที่ 1, 2 และ 3 ในกล่องของทุกทริตเมนต์ มีขนาดด้านข้างที่กว้างที่สุดและความยาวผลเท่ากับตัวอย่างที่ 1 หากต้องการใส่ถ่านกัมมันต์ให้เป็นพื้นที่ 150,000 250,000 และ 350,000 เท่า จะใช้ถ่านดังกล่าวทริตเมนต์ละกี่กรัม

ขั้นที่ 1 หาปริมาณพื้นที่ผิวรวมของทั้ง 3 ผล ในกล่องนี้

$$\begin{aligned} \text{ผลรวม} \quad 2\pi rh &= 2\pi(r_1h_1+r_2h_2+r_3h_3) \\ &= 2(3.14)(0.042 \times 0.162 + 0.040 \times 0.159 + 0.041 \times 0.163) \\ &= 0.125 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

ขั้นที่ 2 หาพื้นที่ 150,000 เท่าของพื้นที่ผิวมะม่วง

$$150,000 \times 0.125 = 18,695.87 \text{ m}^2 \quad \dots (3.1)$$

หาพื้นที่ 250,000 เท่าของพื้นที่ผิวมะม่วง

$$250,000 \times 0.125 = 31,159.79 \text{ m}^2 \quad \dots (3.2)$$

หาพื้นที่ 350,000 เท่าของพื้นที่ผิวมะม่วง

$$350,000 \times 0.125 = 43,623.71 \text{ m}^2 \quad \dots (3.3)$$

ขั้นที่ 3 หาปริมาณน้ำหนักถ่านที่จะใช้

ถ่าน CGC-11A ระบุพื้นที่ผิวจำเพาะเท่ากับ 1,050 m²/g

$$(1) \dots \text{พื้นที่ } 18,695.87 \text{ m}^2 \text{ จะใช้ถ่านชนิดนี้ } 18,695.87/1,050 = 17.81 \text{ g}$$

$$(2) \dots \text{พื้นที่ } 31,159.79 \text{ m}^2 \text{ จะใช้ถ่านชนิดนี้ } 31,159.79/1,050 = 29.68 \text{ g}$$

$$(3) \dots \text{พื้นที่ } 43,623.71 \text{ m}^2 \text{ จะใช้ถ่านชนิดนี้ } 43,623.71/1,050 = 41.55 \text{ g}$$

เพราะฉะนั้น มะม่วงขนาดดังกล่าว ในทรีตเมนต์ปริมาณถ่าน 150,000 250,000 และ 350,000 เท่า จะใช้ถ่านจำนวน 17.81 29.68 และ 41.55 g ตามลำดับ #

เมื่อทราบปริมาณถ่านในแต่ละกล่องแล้ว ห่อถ่านกัมมันต์ด้วยกระดาษเชื้อ วางบนผลมะม่วงในกล่อง ปิดฝา แล้วนำไปรักษาในห้องเย็น จากนั้นทำการตรวจสอบคุณลักษณะทางกายภาพและเคมีตามหัวข้อ 3.1.4.1 ถึง 3.1.4.5

3.2.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

เก็บข้อมูลทุกวัน ตลอด 45 วัน

3.2.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

Duncan's multiple range test (DMRT), Least mean squares (LSD) และ Bivariate ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3.3 การทดลองที่ 3 การศึกษาอิทธิพลของประเภท ถ่านกัมมันต์ชนิดต่าง ๆ เทียบกับการใช้สารชะลอการสุกทางการค้า และการรมด้วย 1-MCP

3.3.1 วัสดุ อุปกรณ์

- มะม่วงน้ำดอกไม้อายุหลังดอกบาน 85 วัน ซึ่งมีความบริบูรณ์ 85% จากสวนมะม่วงในเขต ต.วังหมี อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา จำนวน 810 ผล (รูปที่ 3.6)

- อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (water bath)

- เครื่องวิเคราะห์ความแน่นเนื้อ texture analyzer ของบริษัท Charpa Techcenter Co., ltd. รุ่น TA-XT plus หมายเลข serial 10565 หัวกดสแตนเลสตีลทรงกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 cm

- กล้องดิจิทัลพร้อมขาตั้งกล้อง

- ซอฟต์แวร์ Adobe Photoshop CS3

- เครื่องวัดความเป็นกรดค่า pH meter
- เครื่อง hand refractometer (ATAGO)
- ชุดไทเทรต
- กล่องไปรษณีย์ขนาด 17x25x9 cm จำนวน 270 กล่อง
- ถ่านมันต์ชนิดผงเกรดห้องปฏิบัติการ ถ่านกัมมันต์ชนิดแกรนู ลเกรดเคมีวิเคราะห์ และถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ด 4x8mesh (ดูภาคผนวก ก) อย่างละ 10g/ ซองถุงชาขนาด 10x7.5 cm ชนิดละ 45 ซอง
- Ethyl-GONE (Ethylene absorber) ที่ใช้ทางการค้า (ดูภาคผนวก ก) บรรจุสำเร็จ ซองละ 10 g จำนวน 45 ซอง
- 1-MCP (ดูภาคผนวก ก)

3.3.2 สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว อาคารเครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 3 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.3.3 ระยะเวลาทำการทดลอง

37 วัน ตั้งแต่วันที่ 5 พฤษภาคม 2555 - 10 มิถุนายน 2555

3.3.4 วิธีการทดลอง

3.3.4.1 การเตรียมมะม่วงสำหรับทดสอบ

ใช้ มะม่วงน้ำดอกไม้อายุหลังดอกบาน 85 วัน ซึ่งมีความบริบูรณ์ 85% จากสวนมะม่วงในเขต ต.วังหมี อ. ปากช่อง จ.นครราชสีมา ชุดการผลิต (lot) เดียวกันทั้งหมดเพื่อลดความแปรปรวนของผลการทดลอง ด้วยเหตุที่นครราชสีมาอากาศร้อนและแห้งในช่วงการติดผลของมะม่วง ซึ่งปริมาณน้ำฝน แสงแดด และอุณหภูมิอากาศล้วนมีผลต่อการพัฒนาผล (วิลาวลัย คำปวน, 2556) เกษตรกรจึงแนะนำความบริบูรณ์ 85% ที่ 85 วัน ได้ทำการตรวจความบริบูรณ์ซ้ำอีกครั้งโดยคัดเลือกผลที่จมน้ำแต่ลอยในน้ำเกลือ 2% (อภิตา บุญศิริ, 2554) ขนส่งโดยรถตู้ นำมาทำการตัดก้านทำความสะอาดอย่าง แชนใน 200 ppm sodium hypochloride เพื่อลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคผลไม้ [เบญจวรรณ ชูติชูเดช และวิลาวลัย คำปวน (2556); อภิตา บุญศิริ (2556)] เป็นเวลา 5 นาที และ heat treatment ในอ่างน้ำร้อน 55°C เป็นเวลา 5 นาที [คุณวุฒิ สุวานิช (2540); วิทวัส ศาสนันทน์และคณะ (2545); วิลาวลัย คำปวน (2552); อภิตา บุญศิริ (2554); อภิตา บุญศิริ (2556)] (รูปที่ 3.7) เป่าด้วยลมให้แห้ง



รูปที่ 3.6 การคัดคุณภาพมะม่วงที่นำมาใช้ทดลอง



รูปที่ 3.7 การ heat treatment 55°C 5 นาที

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด จำนวน 3 ซ้ำต่อทรีตเมนต์ ได้แก่
 ทรีตเมนต์ A เป็นกลุ่มควบคุม
 ทรีตเมนต์ B บรรจุพร้อมถ่านกัมมันต์ชนิดผงของบริษัท Unionsci, E16 เกรด
 ห้องปฏิบัติการทรีตเมนต์ละ 10 g บรรจุในถุงชา
 ทรีตเมนต์ C บรรจุพร้อมถ่านกัมมันต์ชนิดแกรนูลของบริษัท Loba Chemie, S052810 เกรด
 เคมีวิเคราะห์ทรีตเมนต์ละ 10 g บรรจุในถุงชา
 ทรีตเมนต์ D บรรจุพร้อมถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ด 4x8mesh ของบริษัท C. Gigantic Carbon,
 11A เกรดการค้า ทรีตเมนต์ละ 10 g บรรจุในถุงชา



รูปที่ 3.8 อบแห้งแบบชั้นบางที่ 105°C 2 ชั่วโมง เป็นครั้งที่ 2

โดยถ่านกัมมันต์แต่ละชนิดจะอบแห้งแบบชั้นบางที่ 105°C 2 ชั่วโมงแล้วนำมาบรรจุของจากนั้นอบแห้งด้วยอุณหภูมิและระยะเวลาดังกล่าวอีกครั้งทั้งถุงชา (รูปที่ 3.8) เพื่อให้แน่ใจว่าถ่านกัมมันต์ไม่มีการดูดซับความชื้นและก๊าซใด ๆ จนกว่าจะเริ่มบรรจุกล่อง

ทริทเมนต์ E บรรจุพร้อม Ethyl-GONE (Ethylene absorber) ที่ใช้ทางการค้า ของบริษัทไบโอเซฟเฟออร์ บรรจุสำเร็จของละ 10 g จำนวน 1 ซอง

ทริทเมนต์ F ผ่านการรม 1,000 ppb 1-MCP เป็นเวลา 6 ชั่วโมงที่ 25°C 90-95%rh.; นำหน่วยทดลองแต่ละทริทเมนต์บรรจุกล่องละ 3 ผล (ซ้า) (ประมาณ 1 kg) ในกล่องกระดาษลูกฟูกขนาด $17 \times 25 \times 9$ cm ไม่ทำการเจาะรู เก็บรักษาที่อุณหภูมิ $13 \pm 1^{\circ}\text{C}$ $95 \pm 2\%$ rh. (รูปที่ 3.9)



รูปที่ 3.9 บรรจุของถ่านกัมมันต์ลงกล่อง

1-MCP ได้จาก บริษัท ไบโอเซฟเฟออร์ จำกัด เป็นผู้แทนจำหน่าย ชื่อทางการค้าว่าไบโอลีน 1-methylcyclopropene เป็นของแข็งสีขาว ซึ่งจะปลดปล่อย 1-MCP ในอัตรา 900 ppb/m^3 เมื่อ

1.200 g ละลายในน้ำอุ่น 15-20 mL ที่ 40°C (ฉะนั้น 1.333 g จะให้ก๊าซ 1,000 ppb/m³) นำมาวางใน chamber พลาสติก 0.48x0.80x0.45 m³ = 172.8 L ที่มีมะม่วงในทริตเมนต์ F บรรจุอยู่ หาปริมาตรอากาศ (airspace หรือ headspace) ใน chamber ที่มีมะม่วงอยู่ โดยวิธีบรรจุน้ำลงไป ใน chamber (water displacement) ทั้งที่มีมะม่วง 3x45= 135 ผลอยู่ เมื่อได้ค่าปริมาตรอากาศ ใน chamber แล้ว (126 L) จึงคำนวณปริมาณสารของแข็ง 1-MCP ที่จะนำมาใช้

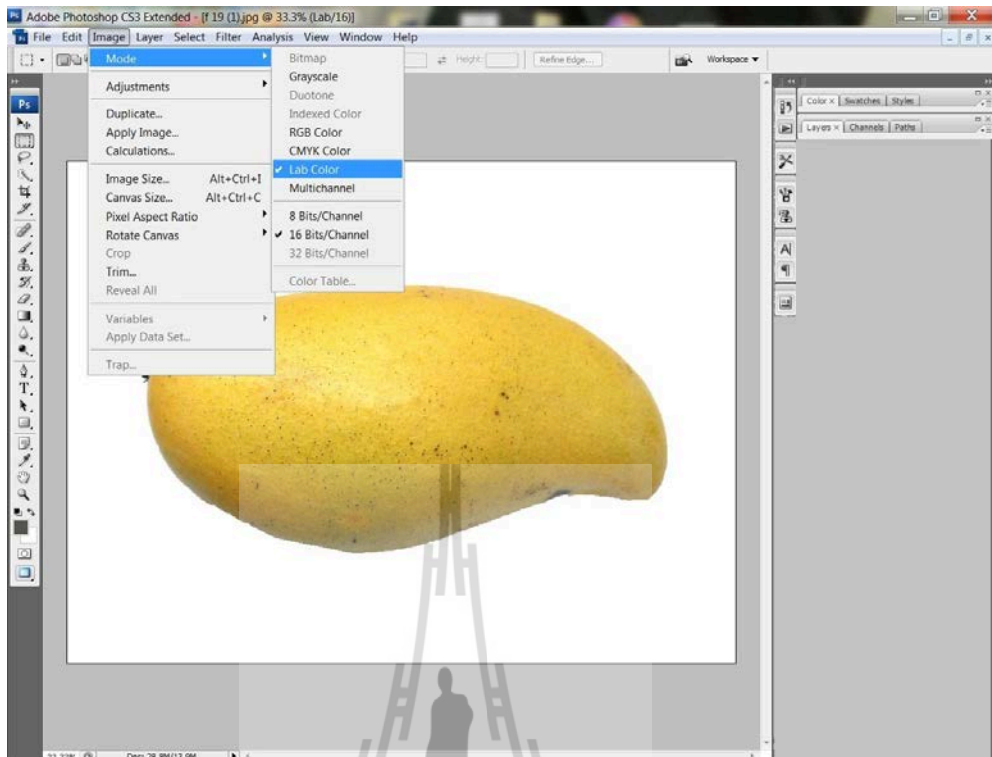
โดย 1.333 g จะให้ก๊าซ 1,000 ppb/m³ หรือ 1,000 ppb ที่อากาศ 1,000 L

ปริมาตร airspace 126 L จะใช้สารนี้หนัก $1.333 \times 126 / 1,000 = 0.168$ g

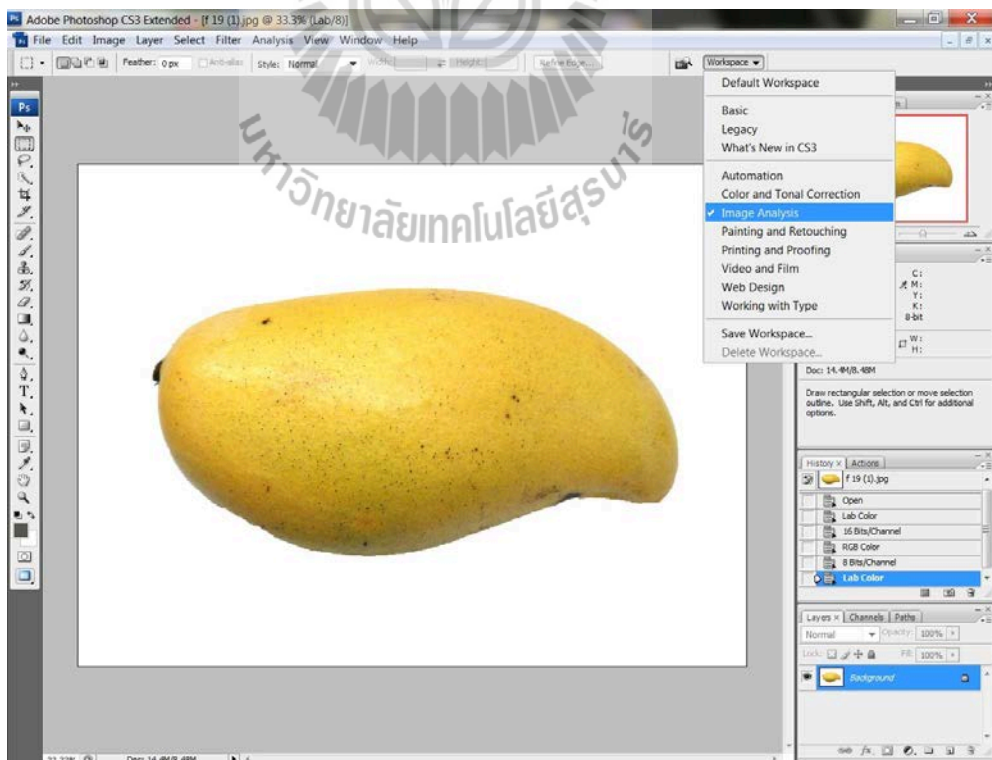
จัดเรียงมะม่วงใน chamber ให้ดี และเนื่องจากไม่สามารถนำเครื่องควบคุมอุณหภูมิเข้าไปใน chamber ปิดได้ จึงสเปรย์น้ำกลั่นเพื่อให้ภายใน chamber มีความชื้นสัมพัทธ์สูงมากพอให้อากาศใน chamber อิ่มตัวด้วยไอน้ำ เพื่อให้ความชื้นสัมพัทธ์ภายใน chamber สูงถึงร้อยละ 90-95 อุณหภูมิในห้องปฏิบัติการ 24-25°C ซึ่งบรรยากาศภายใน chamber ก็ไม่มีเหตุที่อุณหภูมิจะเปลี่ยนแปลงไปมากหรือน้อยกว่า 25°C มากนัก จากนั้นใส่บีกเกอร์น้ำอุ่น 20°C 40 mL วางลงใน chamber แล้วใส่สารของแข็ง 1-MCP ตามน้ำหนักที่คำนวณ เพื่อให้ได้ก๊าซ 1-MCP 1,000 ppb/ปริมาตรอากาศใน chamber ที่หาได้จากการแทนที่น้ำ ปิดฝาถัง จับเวลา 6 ชั่วโมง แล้วนำมาหุ้มตาข่ายโพลีเอทิลีนบรรจุกล่องเหมือนทริตเมนต์อื่น ๆ

3.3.4.2 เทคนิคภาพถ่ายเพื่อหาค่าสี

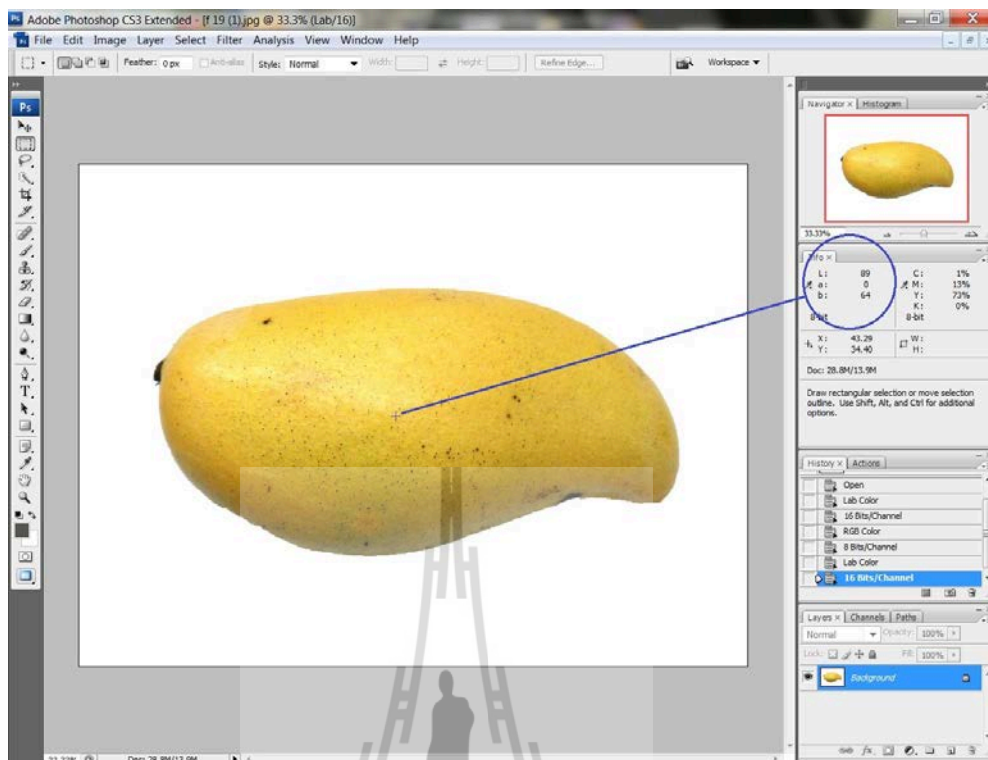
ใช้การถ่ายภาพด้วยกล้องดิจิทัลที่ควบคุมแหล่งกำเนิดแสง นำมาหาค่าสี (L*, a*, b*) ด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop CS3 อนุमानว่าแม้จะมีความแตกต่างจากเครื่องวัดสี (colorimeter) ก็ตาม แต่ค่าความแตกต่างนั้นก็จะคงที่ในทุกภาพ ฉะนั้นการเทียบค่าสี L*, a* หรือ b* ที่เปลี่ยนแปลงไปจะได้ค่าเปรียบเทียบที่ไม่แตกต่างกับค่าที่ได้จากการใช้เครื่องวัดสี บันทึกภาพด้วยกล้องดิจิทัลซึ่งกำหนดค่าแสงและระยะกล้องให้คงที่สำหรับการถ่ายภาพผลทุกรูป และไม่ใช้แสงแฟลช การถ่ายภาพแต่ละผลประกอบด้วยถ่ายภาพผลทั้งเปลือก และเนื้อที่ปอกแล้วอย่างละสองด้าน เปิดโปรแกรม Adobe Photoshop CS3 แล้วเปิดไฟล์ภาพ เลือก Image > เลือก Mode > เลือก Lab color ที่ 16 Bits/channel; จากนั้นเลือก Workspace > Image Analysis แล้วใช้ mouse ชี้ที่บริเวณกลางผล (รูปที่ 3.10-3.12) แล้วอ่านค่าสี L*, a* และ b* แต่โปรแกรมจะแสดงค่า a* และ b* มีขอบเขตตั้งแต่ -100 ถึง +100 ฉะนั้นเพื่อให้เป็นไปตามค่า a* b* ในระบบ (L*, a*, b*) จึงให้เทียบบัญญัติไตรยางค์กลับเป็น -60 ถึง +60 ส่วน



รูปที่ 3.10 เลือก Image > เลือก Mode > เลือก Lab color



รูปที่ 3.11 เลือก Workspace > Image Analysis

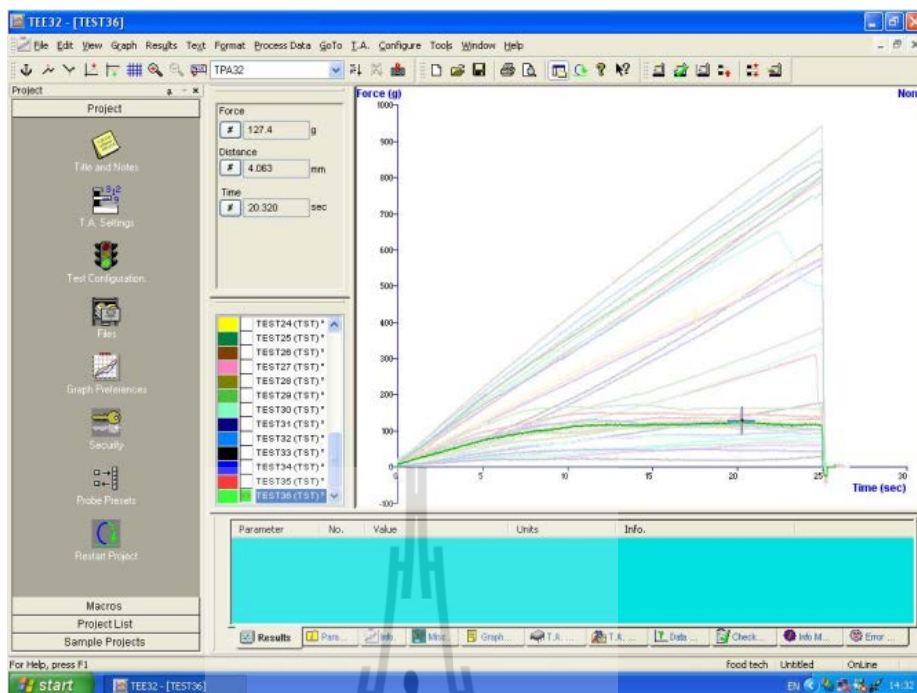


รูปที่ 3.12 การแสดงค่าสีในระบบ (L*, a*, b*) ด้วยซอฟต์แวร์ Adobe Photoshop CS3

3.3.4.2 วัดความแน่นเนื้อผ่านเปลือกและเฉพาะเนื้อ ด้วย texture analyser บริเวณกึ่งกลางแก้มผล (mesocarp) ตามวิธีของฟองเพ็ญและคณะ (2552) โดยใช้โพรบสแตนเลสสตีลทรงกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 mm กดด้วยความเร็ว 0.2 mm/s ตามวิธีของ Sirisomboon et.al (2008) (รูปที่ 3.13) เครื่องจะแสดงค่าเป็น gram mass (รูปที่ 3.14) ซึ่งต้องคูณ 0.001 เพื่อให้เป็น kg mass และ 9.81 ซึ่งเป็น gravity แล้วหารด้วย 5 mm ซึ่งเป็นระยะลึกที่โพรบกดลง จะได้หน่วยแรง N/mm



รูปที่ 3.13 การใช้ texture analyzer และตำแหน่งกด



รูปที่

3.14 การแสดงค่าความแน่นเนื้อของเครื่อง texture analyzer

3.3.4.3 การวัดปริมาณของแข็ง ทั้งหมดที่ละลายน้ำได้และค่าความเป็นกรดต่าง เนื่องจากข้อจำกัดด้านเวลาการใช้ห้องปฏิบัติการของศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ฯ ที่ออกระเบียบใหม่ให้นักศึกษาใช้ห้องปฏิบัติการเฉพาะภายในเวลาทำการ (อนุโลมให้ทำได้ในวันเสาร์อาทิตย์ ภายในเวลาเดิม) ส่งผลให้การหาค่าทางเคมีอื่นได้แก่ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ค่าความเป็นกรดต่าง และการหาปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ต้องทำให้เสร็จภายในแต่ละวันตามระเบียบที่ออกไว้แต่เดิมทำกับมะม่วงผลละค่า ค่าละ 3 ซ้ำ 5 ทริตเมนต์ ทำตัวอย่าง 15 รอบต่อวัน ในการทดลองที่ 3 นี้ มี 6 ทริตเมนต์หากทำทีละผลจะใช้เวลาถึง 18 รอบต่อวัน จึงได้ทำเป็นสารละลายรวมทริตเมนต์แต่ละผลนำขึ้นตัวอย่างที่ mesocarp 50/3 g ในแต่ละทริตเมนต์มี 3 ผลแล้วทำตามข้อ 3.4.1.3

3.3.4.4 การหาปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ นำสารละลายจากข้อ 3.3.4.3 ทำการไทเทรตเหมือนกับข้อ 3.1.4.4



รูปที่ 3.15 มะม่วงใน การศึกษาอิทธิพลของประเภทถ่านกัมมันต์ชนิดต่าง ๆ เกี่ยวกับการใช้สารชะลอการสุกทางการค้า และการรมด้วย 1-MCP

3.3.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

เก็บข้อมูลทุกวัน ตลอด 37 วัน

3.3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

Duncan's multiple range test และ Least mean squares ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



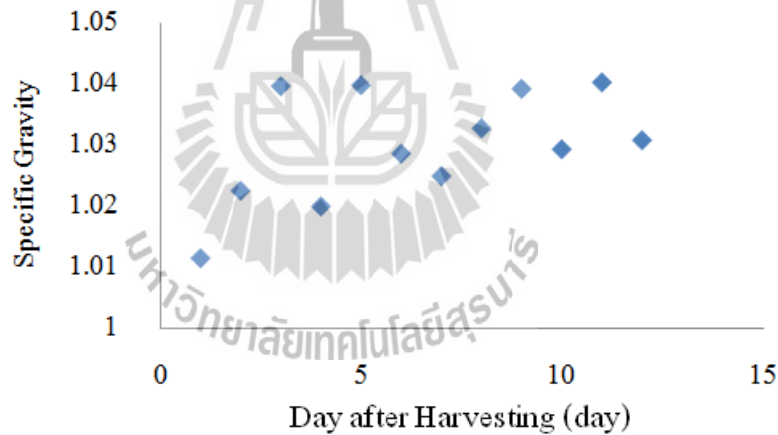
บทที่ 4

ผลการศึกษา และการวิเคราะห์ผล

4.1 ผลการทดลองที่ 1 การศึกษาพฤติกรรมการระหว่างการสุกของมะม่วงน้ำดอกไม้ หลังการเก็บเกี่ยวที่สภาวะปกติ

4.1.1 ความถ่วงจำเพาะ

ระหว่างการสุกที่เพิ่มขึ้น ค่าความถ่วงจำเพาะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากประมาณ 1.02 ไปสู่ 1.04 แต่ไม่สามารถเห็นได้อย่างชัดเจน (รูปที่ 4.1) เนื่องจากความความถ่วงจำเพาะระหว่างการสุกได้รับอิทธิพลจากทั้งปริมาณและน้ำหนัก ความคลาดเคลื่อนจากวิธีแทนที่น้ำด้วยถ้วยยูเรกา และการชั่งน้ำหนักน้ำ จึงยากที่จะควบคุมให้เส้นกราฟแสดงแนวโน้มต่อเนื่องได้



รูปที่ 4.1 การเปลี่ยนแปลงของค่าความถ่วงจำเพาะตามจำนวนวันหลังการเก็บเกี่ยว

โดยทั่วไปความถ่วงจำเพาะใช้เพื่อพิจารณาความบริบูรณ์ (mature) ของผล มากกว่าใช้เพื่อจัดกลุ่มระดับการสุก (ripe) เนื่องจากระหว่างที่ผลพัฒนาความบริบูรณ์ตั้งแต่การเป็นผลอ่อนหรือกำลังสะสมความบริบูรณ์สู่ผลแก่หรือมีความบริบูรณ์มากแล้ว จะมีการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักมวลแห้งต่อปริมาตร ทำให้มะม่วงที่มีความบริบูรณ์สูงจะมีความถ่วงจำเพาะมากกว่ามะม่วงที่มีความบริบูรณ์ต่ำ แม้กระนั้นความถ่วงจำเพาะของมะม่วงที่เพิ่มขึ้นก็เพิ่มจาก 0.97-1.04 (Yahia, 1998) ซึ่งเป็นช่วงต่างที่น้อยมาก ขณะที่ตัวอย่างการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของความถ่วงจำเพาะระหว่างการสุกของมะม่วงพันธุ์ Kesar โดย Kapse และ Kartrodia (1997) ได้จัดกลุ่มไว้ 3 ช่วง ได้แก่กลุ่มที่

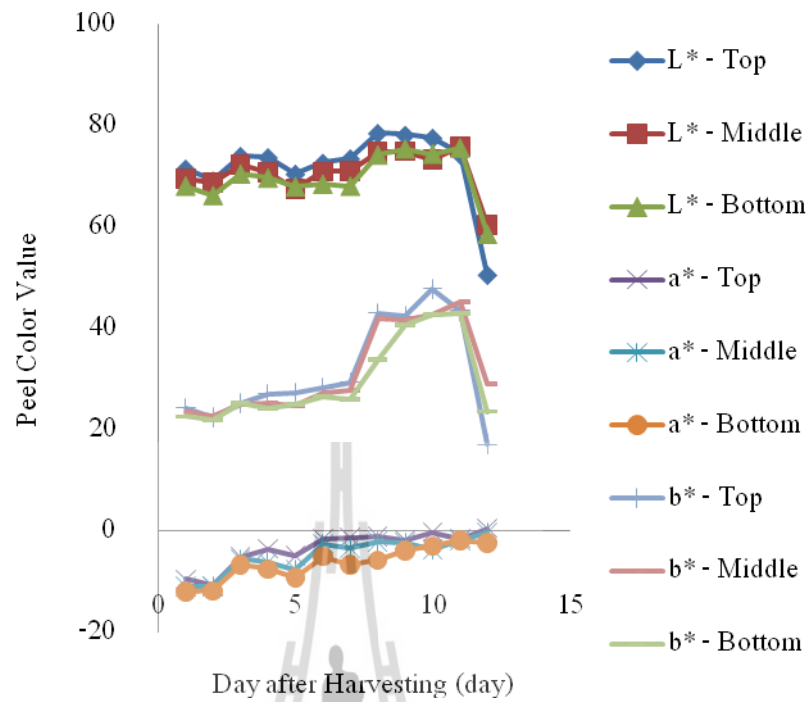
ความถ่วงจำเพาะ <1.00, 1.00-1.02 และ >1.02 ซึ่งหากค่าการแตกต่างด้วยทศนิยมมีช่วงละ 0.02 ก็ไม่สมควรนำมาใช้เป็นเกณฑ์

4.1.2 การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและสีเนื้อมะม่วงที่ตำแหน่งใกล้ขั้วผล กลางผล และใกล้ปลายผล

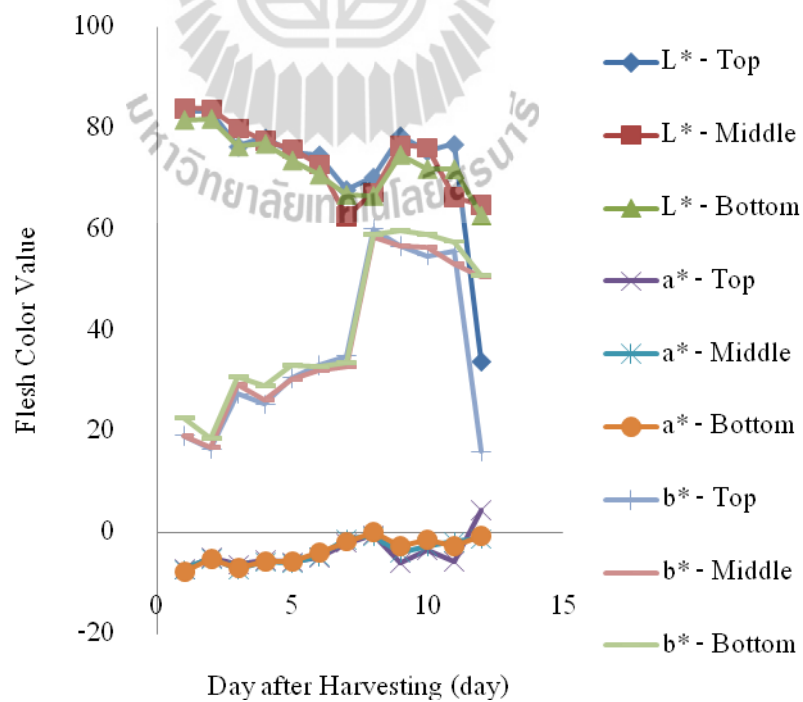
สีเปลือกของผลไม้เป็นคุณลักษณะภายนอกที่สำคัญ สามารถสังเกตได้ก่อนลักษณะทางคุณภาพชนิดอื่น ๆ และเป็นเกณฑ์สำคัญสำหรับการเลือกซื้อของผู้บริโภค

การใช้สีเปลือกผลในการกำหนดระดับการสุกของผลมะม่วงไม่มีค่าจำเพาะสำหรับใช้เป็นมาตรฐาน เนื่องจากการห่อผลเพื่อกันแมลงวันผลไม้และรักษาสีเปลือกผลทำให้ผลเขียวเวลาสม่ำเสมอสวยในมะม่วงน้ำดอกไม้ที่จะส่งขายต่างประเทศ หากเป็นน้ำดอกไม้สีทองก็จะทำให้ผลเหลืองนวลแม็ดิบ, อุณหภูมิที่เก็บรักษาก็ยังมีผลต่อการพัฒนาสีผิวเปลือก ในมะม่วงเคนซิงตัน จะเปลี่ยนสีเปลือกเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ภายหลังจากเก็บไว้ที่ 22°C เป็นเวลา 2-6 วันเพื่อให้สุก, ความแปรปรวนของสายต้น (clone) ในมะม่วงน้ำดอกไม้พันธุ์เดียวกัน หรือการที่ผลอยู่ตำแหน่งต่าง ๆ ของทรงพุ่มได้รับแสงต่างกัน ในมะม่วงมหาชนกหากได้รับแสงแดดโดยตรงจะทำให้การพัฒนาสีเปลือกเป็นสีเหลืองส้มซึ่งเกิดจากปริมาณแอนโทไซยานินที่เพิ่มขึ้น (Luangprasert, 2010) ในมะม่วงน้ำดอกไม้ผลที่ไม่ได้ห่อซึ่งมักขายกันเองสำหรับตลาดภายในประเทศ ทำให้การพิจารณาความเขียวหรือเหลืองของสีเปลือกมีความแปรปรวนสูง บางครั้งอาจพบว่ามีผลมะม่วงน้ำดอกไม้ที่ยังเขียวแต่เนื้อสุกนุ่มแล้ว มีรสหวาน หรือบางผลเปลือกมีสีเหลืองสุกแต่แข็ง เมื่อปอกรับประทานพบว่ายังไม่สุกมีรสเปรี้ยวมาก

การเปลี่ยนสีเปลือกและเนื้อเมื่อผลเข้าสู่กระบวนการสุกเป็นผลจากการเสื่อมสลายของคลอโรฟิลล์ และมีการสังเคราะห์แคโรทีนอยด์เพิ่มขึ้น โดยมีเบตา-แคโรทีนเป็นสารสีที่สำคัญ แคโรทีนอยด์ที่ให้สีเหลืองของผลมะม่วงสุกที่มีความบริบูรณ์ของผลมาก จะมีเบตา-แคโรทีนมากกว่า หรือให้ค่าสีเหลือง (b*) เข้มกว่าผลที่มีความบริบูรณ์น้อย (สายชล เกตุญา และสุนทร โปทา , 2535)



รูปที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงสี (L^*, a^*, b^*) ของเปลือกบริเวณใกล้ขั้วผล กลางผล และใกล้ปลายผล ตามจำนวนวันหลังการเก็บเกี่ยว



รูปที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงของสี (L^*, a^*, b^*) ของเนื้อบริเวณใกล้ขั้วผล กลางผล และใกล้ปลายผล ตามจำนวนวันหลังการเก็บเกี่ยว



รูปที่ 4.4 รูป a: วันที่ 5 ของการเก็บรักษา และ รูป b: วันที่ 9 ของการเก็บรักษา

ค่าความสว่างของสี (L^*) ของเปลือก มีค่าเพิ่มขึ้นในลักษณะกราฟเส้นตรง จาก 70 ถึง 80 โดยประมาณ ในขณะที่ความสว่างของสีเนื้อมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย หากไม่พิจารณาวันที่ 11 และ 12 ซึ่งเป็นวันที่ผลเข้าสู่สภาพเน่าเสียแล้ว จะพบว่าวันที่ 1-11 ของการเก็บรักษา ค่าความสว่างของสีเนื้อมีแนวโน้มเป็นเส้นตรง ค่อย ๆ ลดลงจากประมาณ 80 สู่ 70-60 (รูปที่ 4.3 และ 4.4)

การที่ค่าสีเปลือกมีค่าความสว่างเพิ่มขึ้น เหตุผลเพราะระหว่างการสุก เปลือกสีเขียวที่เปลี่ยนเป็นสีเหลืองทำให้ค่าความสว่างเพิ่มขึ้นด้วย ขณะที่ความสว่างสีเนื้อจะลดลง เนื่องจากการที่สีเนื้อสีขาวเปลี่ยนเป็นสุกเหลือง

ค่าแนวโน้มสีเขียว - แดง (a^*) ที่เปลือก มีค่าเพิ่มขึ้น จากสีเขียว -12 เข้าสู่ 0 หรือค่าสีเขียวหมดไป (รูปที่ 4.4) และค่าแนวโน้มสีเขียว - แดงของเนื้อ เพิ่มขึ้นจาก -8 ไปสู่ 1

ค่าแนวโน้มสีน้ำเงิน - เหลือง (b^*) ที่เปลือก ในวันเริ่มต้นมีค่าที่ประมาณ 20 และค่อย ๆ เพิ่มขึ้นแล้วมีการเพิ่มขึ้นอย่างสูงในวันที่ 7 - 8 เป็น 50 - 60

การที่ค่าแนวโน้มสีเขียว - แดง (a^*) ลดลง และปรากฏค่าแนวโน้มสีน้ำเงิน - เหลือง (b^*) เพิ่มขึ้น เกิดจาก เอทิลินจะกระตุ้นการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ในขณะที่เกิดการสุก ทำให้เกิดการสูญเสียสีเขียว ปรากฏให้เห็นสารสี (pigment) เหลือง (จริงแท้ ศิริพานิช, 2549)

L^* , a^* , b^* ของเปลือกหรือเนื้อที่ตำแหน่งต่าง ๆ ในวันเดียวกัน ไม่ได้ให้นัยสำคัญว่าการวัดที่ใกล้ขั้ว กลางผล หรือใกล้ปลาย จะแสดงให้เห็นถึงค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่าจะวัดตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่งก็ได้

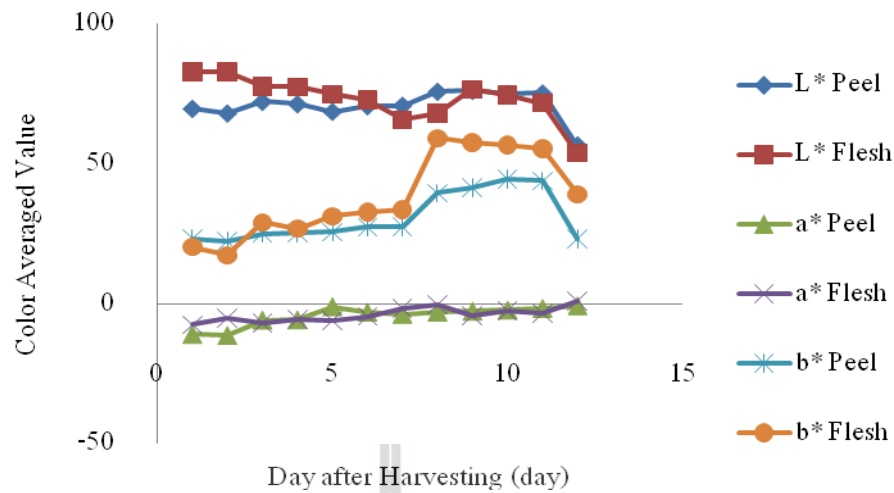
ตารางที่ 4.1 ค่าการทดสอบโฮโมจีนิตีของวาเรียนซ์สี่เปลือกที่ตำแหน่งต่าง ๆ

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
L* Top	1.489	4	55	0.218
L* Middle	1.334	4	55	0.269
L* Bottom	0.107	4	55	0.979
a* Top	0.627	4	55	0.645
a* Middle	1.135	4	55	0.350
a* Bottom	0.308	4	55	0.871
b* Top	1.667	4	55	0.171
b* Middle	0.205	4	55	0.935
b* Bottom	0.163	4	55	0.956

ตารางที่ 4.2 ค่าการทดสอบโฮโมจีนิตีของวาเรียนซ์สี่เนื้อที่ตำแหน่งต่าง ๆ

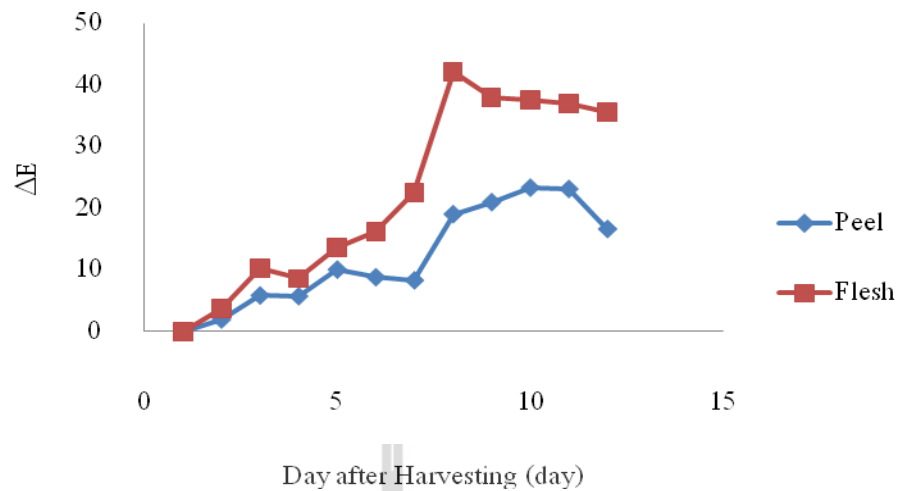
	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
L* Top	0.846	4	55	0.502
L* Middle	0.149	4	55	0.962
L* Bottom	0.028	4	55	0.909
a* Top	0.109	4	55	0.979
a* Middle	0.102	4	55	0.981
a* Bottom	0.026	4	55	0.999
b* Top	1.254	4	55	0.299
b* Middle	0.824	4	55	0.515
b* Bottom	0.233	4	55	0.918

การที่ค่า L* เปลือกที่ตำแหน่งต่าง ๆ ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ , a* เปลือก, b* เปลือก, L* เนื้อ, a* เนื้อ, b* เนื้อ ที่ตำแหน่งต่าง ๆ ก็ทำนองเดียวกันนั้น (ตารางที่ 4.1 และ 4.2) แสดงความที่ค่ามีความเป็น homogeneity จึงได้นำแต่ละ L* a* และ b* ทั้ง 3 ตำแหน่งมาเฉลี่ยรวมเป็นดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 การเปลี่ยนแปลงของสีเปลือกและสีเนื้อตามจำนวนวันหลังการเก็บเกี่ยว

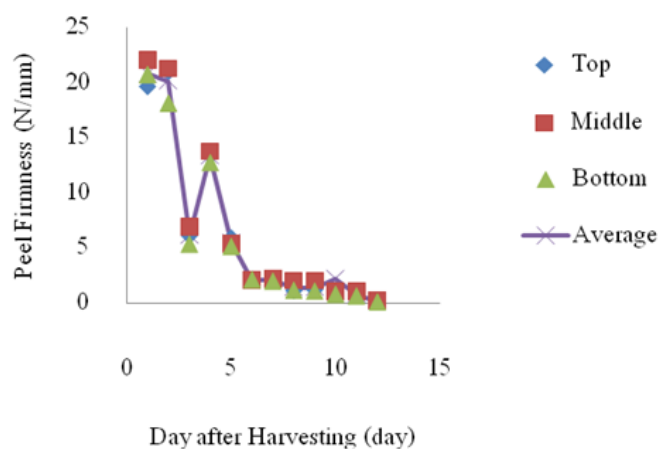
Delta E หรือค่าการเปลี่ยนแปลงของสี โดยเทียบกับวันแรก หาได้จาก รากที่สองของผลรวมของผลต่างยกกำลังสองของแต่ละคู่ $L_n^* - L_1^*$, $a_n^* - a_1^*$ และ $b_n^* - b_1^*$ พบว่าการเปลี่ยนแปลงของสีเปลือกมีการเปลี่ยนจากเขียวอ่อนไปเหลือง โดยการเปลี่ยนแปลงสีจะเกิดอย่างมากในวันที่ 7-8 (รูปที่ 4.6) ขณะที่สีเนื้อระหว่างการสุกเปลี่ยนจากขาวไปเหลืองเข้ม มีค่าการเปลี่ยนแปลงจากสีเริ่มต้นไปมากกว่าการเปลี่ยนแปลงสีเปลือก อย่างไรก็ตาม ค่าสูงสุดของการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและสีเนื้อ ที่ประมาณ 20 และ 40 ตามลำดับ ไม่สามารถใช้อ้างอิงเป็นค่าอย่างจำเพาะ สาเหตุจากค่าเหล่านี้เป็นเพียงค่าสัมพัทธ์เทียบกับวันที่ 1 ของแต่ละชุดทดลอง ซึ่งสีเฉลี่ยเริ่มต้นของผลไม้ในการบำรุงรักษาขณะอยู่บนต้น การโดนแสงหรืออยู่ในทรงพุ่ม หรือห่อผลจะให้ค่าสีเฉลี่ยเริ่มต้นที่ใช้เป็น L_1^* , a_1^* และ b_1^* ในแต่ละฤดูกาล/ปี หรือต่างสวนไม่เหมือนกัน และการเปลี่ยนสีเมื่อผลสุกไปก็จะไม่เหมือนกัน มีความแปรปรวนอย่างมากโดยเฉพาะสีเปลือก แม้ว่าแน่นอนที่เปลือกควรมีสีเขียวลดลงสีเหลืองเพิ่มขึ้น แต่ค่า Delta E สามารถใช้เทียบสีที่เปลี่ยนแปลงไปมากหรือน้อยกว่ากัน หรือความชันของเส้นกราฟที่แสดงถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงรวดเร็วหรืออย่างช้า ๆ ในช่วงระยะเวลาใด ๆ ของการทดลอง



รูปที่ 4.6 การเปลี่ยนแปลงของสีเปลือกและสีเนื้อเมื่อเทียบกับวันที่ 1 หลังการเก็บเกี่ยว (ΔE)

4.1.3 ความแน่นเนื้อผ่านเปลือกและความแน่นเนื้อที่ตำแหน่งใกล้ขั้วผล กลางผล และใกล้ปลายผล

ในวันแรกของการเก็บเกี่ยว มะม่วงน้ำดอกไม้จะมีค่าความแน่นเนื้อผ่านเปลือกอยู่ที่ประมาณ 20 N/mm และจะลดลงเรื่อย ๆ โดยลดลงอย่างรวดเร็วในวันที่ 2-4 (รูปที่ 4.7) จากนั้นความแน่นเนื้อจะลดลงทีละน้อย เมื่อเทียบกับผลการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในวันที่ 7-8 (รูปที่ 4.6) สามารถกล่าวได้ว่า การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อจะเกิดก่อนการเปลี่ยนแปลงสีเปลือก



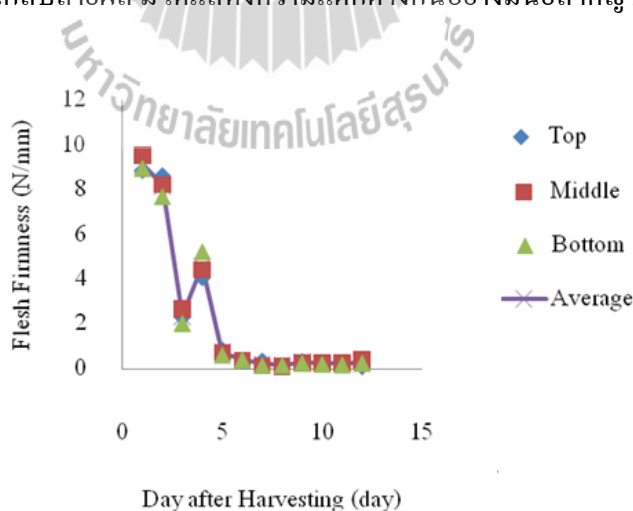
รูปที่ 4.7 การลดลงของค่า ความแน่นเนื้อ ผ่านเปลือกที่ตำแหน่งใกล้ขั้วผล กลางผล ใกล้ปลายผล และค่าเฉลี่ยตามจำนวนวันหลังการเก็บเกี่ยว

ความแตกต่างของความแน่นเนื้อผ่านเปลือกที่ตำแหน่งใกล้ขั้วผล กลางผล และใกล้ปลายผล พบว่า ที่กลางผลจะมีความแน่นเนื้อสูงที่สุด กว่าตำแหน่งใกล้ขั้วผลและใกล้ปลายผล (รูปที่ 4.7) โดยแต่ละตำแหน่งไม่ได้ให้ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ $P < 0.05$ ตั้งแต่วันแรกที่เก็บเกี่ยว จนกระทั่งผลเน่าเสีย (ตารางที่ 4.3)

ตารางที่ 4.3 ค่าการทดสอบโฮโมจีนิตีของความแน่นเนื้อผ่านเปลือกที่ตำแหน่งต่าง ๆ

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Peel Firmness - Top	1.015	4	55	0.408
Peel Firmness - Middle	1.266	4	55	0.295
Peel Firmness - Bottom	0.745	4	55	0.565

ความแน่นเนื้อของมะม่วงน้ำดอกไม้ที่ตำแหน่งใกล้ขั้วผล กลางผล และใกล้ปลายผล ให้ลักษณะกราฟสอดคล้องตามความแน่นเนื้อผ่านเปลือกแต่มีระดับความแน่นที่ต่ำกว่า โดยวันแรกหลังการเก็บเกี่ยว เนื้อผลมีความแน่นเนื้อประมาณ 9 N/mm แล้วลดลงอย่างรวดเร็วในวันที่ 2 – 4 และตั้งแต่วันที่ 5-12 มีการเปลี่ยนแปลงอย่างช้า ๆ ประมาณ 1 N/mm – เกือบวัดค่าไม่ได้ด้วย digital penetrometer (รูปที่ 4.8) และการให้ความแตกต่างของแต่ละตำแหน่งการวัดความแน่นเนื้อ มีพฤติกรรมของการสุกเหมือนกับการวัดความแน่นเนื้อผ่านเปลือก (ตารางที่ 4.4) คือที่ตำแหน่งใกล้ขั้วผล กลางผล และใกล้ปลายผล มิได้แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ $P < 0.05$



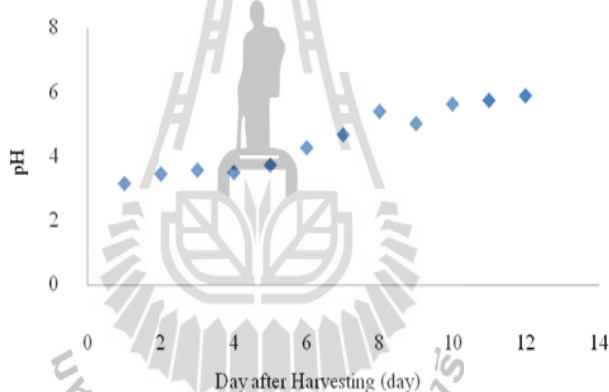
รูปที่ 4.8 การลดลงของค่าความแน่นเนื้อที่ตำแหน่งใกล้ขั้วผล กลางผล ใกล้ปลายผล และค่าเฉลี่ยตามจำนวนวันหลังการเก็บเกี่ยว

ตารางที่ 4.4 การทดสอบโฮโมจีนิตีของความแน่นเนื้อที่ตำแหน่งต่าง ๆ

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Flesh Firmness - Top	0.167	4	55	0.954
Flesh Firmness - Middle	0.093	4	55	0.984
Flesh Firmness - Bottom	0.029	4	55	0.998

4.1.4 ค่าความเป็นกรดต่าง (pH)

ระหว่างการสุกของผล ค่าความเป็นกรดจะลดลง ทำให้ค่า pH เพิ่มขึ้น โดยวันแรกหลังการเก็บเกี่ยวของมะม่วงในชุดการผลิต (lot) นี้ pH จะอยู่ที่ค่าประมาณ 3.1 และเมื่อสุกมากจนกระทั่งจะเน่าเสีย pH จะอยู่ที่ค่า 5.9 การเพิ่มขึ้นของค่า pH เส้นกราฟไม่ได้แสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงของความชันให้เห็นได้ชัดเจนนัก ดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 การเพิ่มขึ้นของค่าความเป็นกรดต่าง (pH) ตามจำนวนวันหลังการเก็บเกี่ยว

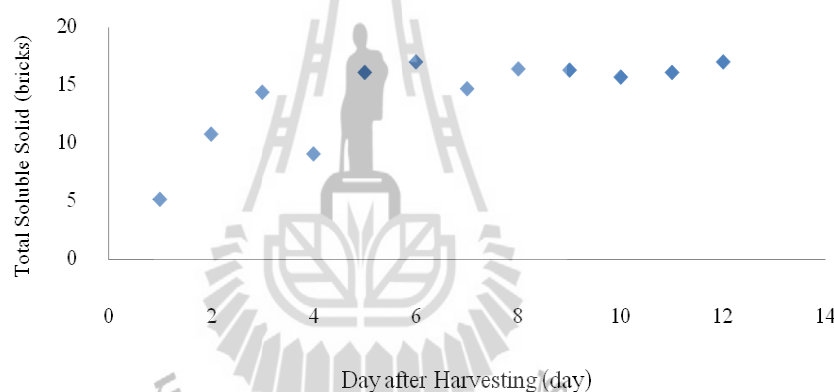
4.1.5 การวัดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (total soluble solids, TSS)

มะม่วงน้ำดอกไม้ที่เก็บเกี่ยวขณะมีความบริบูรณ์มาก จะมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้มากกว่ามะม่วงที่เก็บเกี่ยวขณะที่ความบริบูรณ์ยังน้อย เนื่องจากผลที่มีความบริบูรณ์มากจะมีการสะสมแป้งขณะอยู่บนต้นมากกว่าผลอายุน้อย เมื่อผลสุกจึงสามารถเปลี่ยนเป็นปริมาณน้ำตาลได้มากกว่า (สายชล เกตุษา และสุนทร โปทา, 2535)

ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ในสารละลายน้ำคั้นมะม่วง แม้ไม่ได้มีเฉพาะสารประเภทน้ำตาล แต่น้ำตาลจะเป็นองค์ประกอบหลักที่ถูกบ่งชี้ได้ด้วยค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ซึ่งจะหักเหแสงบนปริซึม (prism) ของเครื่องรีแฟลคโทรมิเตอร์ (refractometer) ซึ่งอาศัยหลักการใช้ดัชนีหักเหของสารละลาย (refractive index) โดยสารละลายที่มีเข้มข้นต่างกัน เมื่อแสงส่องผ่านจะเกิดการหักเหและให้ค่าดัชนีหักเหของแสงต่างกัน รีแฟลคโท

มิเตอร์นี้วัดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ แต่ก็มีควมจำเพาะต่อสารที่ให้ค่าบ้าง เช่น การใช้งานประเภทวิเคราะห์ค่าทางเคมีของผลไม้หรือน้ำหวานจะใช้ปริซึมที่หักเหแล้วแสดงค่า brix หรือ brix sucrose ส่วนการวัดความเค็มของสารละลายทางอาหารและน้ำทะเลจะใช้รีแฟรคโตมิเตอร์ประเภท salinity refractometer

ระหว่างการสุกของผลจะมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมี คือการเปลี่ยนคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำไม่ได้ประเภทแป้ง ไปเป็นคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ประเภทน้ำตาล ซึ่งมีผลทางกายภาพคือค่าความแน่นเนื้อที่ลดลง และ/หรือ ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้มีค่าเพิ่มสูงขึ้น จะเห็นได้ว่ามะม่วงในชุดการผลิตนี้ มีแนวโน้มค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้สูงในวันแรก ๆ และค่อนข้างคงตัวตั้งแต่วันที่ 5-12 (รูปที่ 4.10) สอดคล้องตามค่าความแน่นเนื้อที่ลดลงอย่างรวดเร็วในวันแรก ๆ และค่อนข้างคงที่ตั้งแต่วันที่ 5 ขึ้นไป (รูปที่ 4.7 และ 4.8)

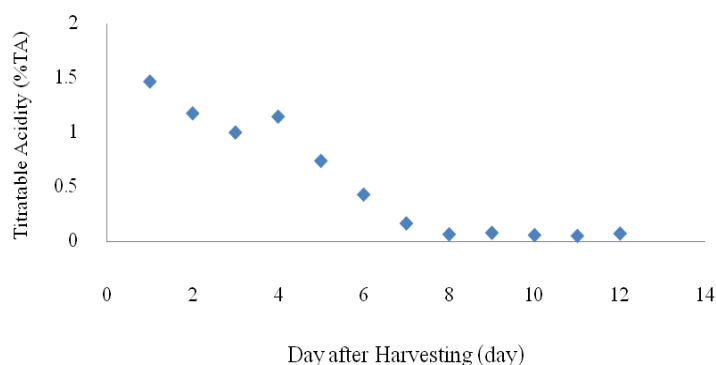


รูปที่ 4.10 การเพิ่มขึ้นของปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ตามจำนวนวันหลังการเก็บเกี่ยว

4.1.6 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้

เมื่อจำนวนวันการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น มะม่วงสุกเพิ่มขึ้น กรดอินทรีย์ของมะม่วงจะถูกใช้ในวัฏจักรเครบส์ (Kreb's cycle) ของการหายใจ (respiration) ทำให้ปริมาณกรดค่อย ๆ ลดลงไปพร้อมกับการลดลงของคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ละลายน้ำ และการเพิ่มขึ้นของน้ำตาล (สายซล เกตุษา และสุนทร โปทา, 2535; ชีราพร ไชยวรรณะ, 2536; ชีระ วัฒนศิริเวช, 2545)

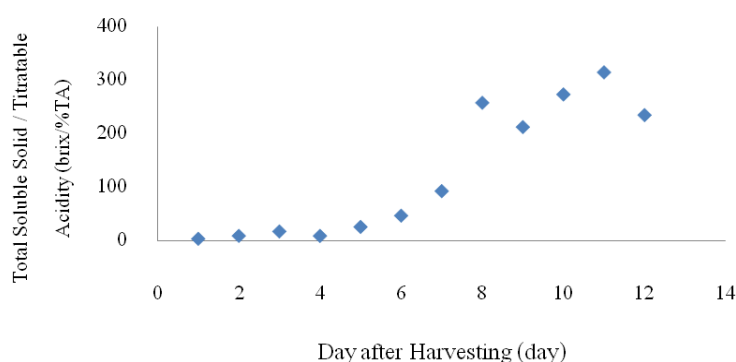
ในมะม่วงชุดการผลิตนี้ วันแรกหลังการเก็บเกี่ยวมีค่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ 1.5% แล้วค่อย ๆ ลดระดับลงเรื่อย ๆ ดังรูป 4.10



รูปที่ 4.11 การลดลงของปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ตามจำนวนวันหลังการเก็บเกี่ยว

4.1.7 อัตราส่วนปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้

หนึ่งในค่าที่ถูกนำมาใช้ในงานพิจารณาค่าทางเคมี คือ อัตราส่วนปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ในวันแรก ๆ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้จะมีค่าน้อย ปริมาณกรดที่ไทเทรตจะมีค่ามากกว่า ค่าอัตราส่วนจะเป็นจำนวนจริงบวกอยู่ระหว่าง 0 กับ 1 ขณะที่วันถัด ๆ มา ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้จะมีค่ามากขึ้น ปริมาณกรดที่ไทเทรตจะมีค่าลดลง ผลของอัตราส่วนในวันท้าย ๆ จึงมีค่าสูงขึ้น (รูปที่ 4.12) และเนื่องจากปริมาณกรดที่ไทเทรตได้หรือตัวหารอาจเข้าใกล้ 0 จึงอาจให้ค่าได้ถึงหลายร้อย แม้กระนั้นค่าเหล่านี้ก็ถูกนำมาใช้เพียงเพื่ออธิบายอัตราส่วนปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ซึ่งจะเป็นค่าบ่งชี้ (refer) ถึงปริมาณน้ำตาลหรือความหวานที่เพิ่มขึ้น ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ที่ลดลงเท่านั้น การที่ค่าในวันท้าย ๆ อาจขึ้นได้ถึงหลายร้อยหรือพันนั้น ไม่มีเหตุผลที่จะเอาความ



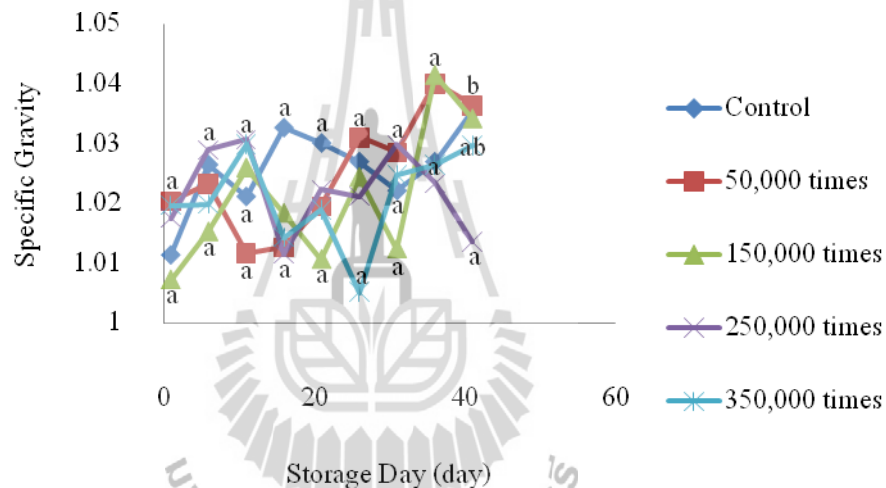
รูปที่ 4.12 อัตราส่วนปริมาณของแข็ง ทั้งหมด ที่ละลายน้ำได้ต่อ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ตามจำนวนวันหลังการเก็บเกี่ยว

4.2 ผลการทดลองที่ 2 การศึกษาการชะลอการสุกของมะม่วงน้ำดอกไม้ในสถานะเก็บรักษาด้วยความเย็นและถ่านกัมมันต์

อิทธิพลของปริมาณถ่านกัมมันต์โดยเทียบอัตราส่วนพื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์ต่อพื้นที่ผิวผลมะม่วง 50,000 150,000 250,000 และ 350,000 เท่า ในการชะลอการสุกของมะม่วงน้ำดอกไม้

4.2.1 ความถ่วงจำเพาะ

ระหว่างการสุก พบว่าความถ่วงจำเพาะของมะม่วงน้ำดอกไม้ ทั้ง 5 ทรีตเมนต์ มีค่ากระจายตั้งแต่ 1.01 ไปสู่ 1.04 โดยมีลักษณะดังรูปที่ 4.13 ขณะที่แต่ละวันไม่พบการแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $LSD_{.05}$ เลย

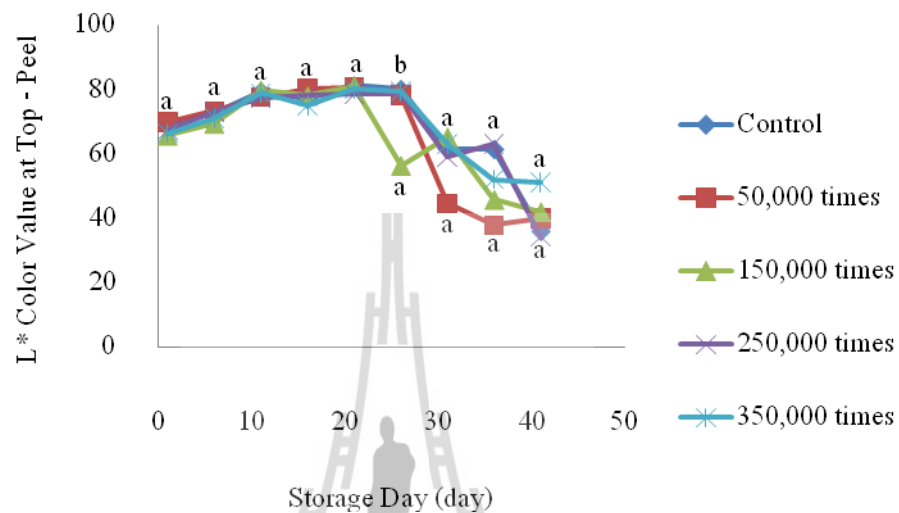


รูปที่ 4.13 การเปลี่ยนแปลงของค่าความถ่วงจำเพาะในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา ตัวอักษรบนเส้นกราฟแสดงการจัดระดับสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% โดยเป็นการเทียบระหว่างทรีตเมนต์ในวันต่อวัน (ดูเพิ่มเติมในตารางภาคผนวกที่ 1)

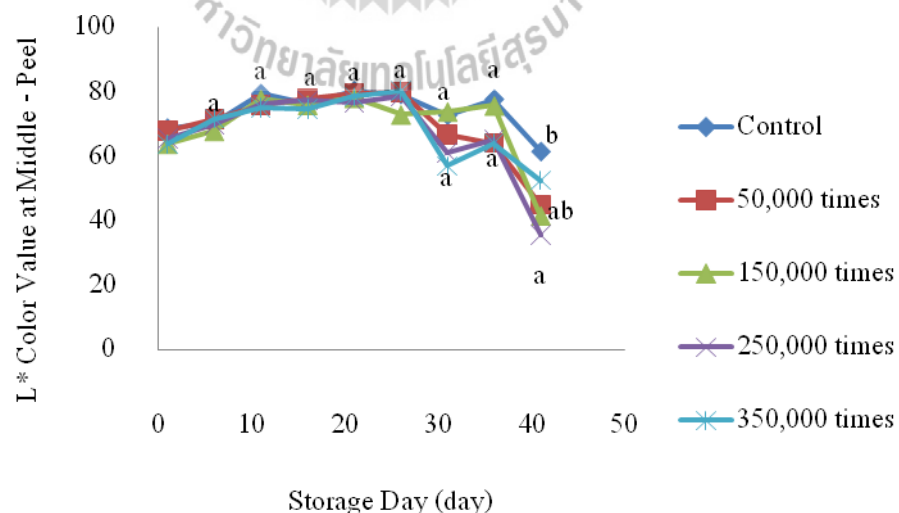
4.2.2 การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและสีเนื้อมะม่วงที่ตำแหน่งใกล้ขั้วผล กลางผล และใกล้ปลายผล

ระหว่างการสุก ค่า L^* ของสีเปลือกที่ตำแหน่งใกล้ขั้วผล กลางผล และใกล้ปลายผล เพิ่มขึ้นจากการเปลี่ยนสีเขียวเป็นสีเหลือง ค่า L^* จะสูงขึ้นประมาณ 60 เป็น 80 จากนั้นเมื่อผลเริ่มเน่าเสีย เปลือกสีเหลืองจะคล้ำเป็นสีน้ำตาลหรือดำ ค่าความสว่างจึงลดลงมา (รูปที่ 4.14, 4.15 และ 4.16) แต่ที่ตำแหน่งทั้ง 3 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ $LSD_{.05}$ นั่นหมายถึง การวัดที่ตำแหน่งใด ๆ ไม่ว่าจะใกล้ขั้วผล กลางผล ใกล้ปลายผลไม่มีความแตกต่างกัน สามารถวัดที่ใดก็ได้ (ตารางที่ 4.5) การทดลองนี้จึงสามารถนำมาทำเป็นค่าเฉลี่ย จากผลรวมแล้วหาร 3 ได้ และมีจำนวน 3 ผล จึง

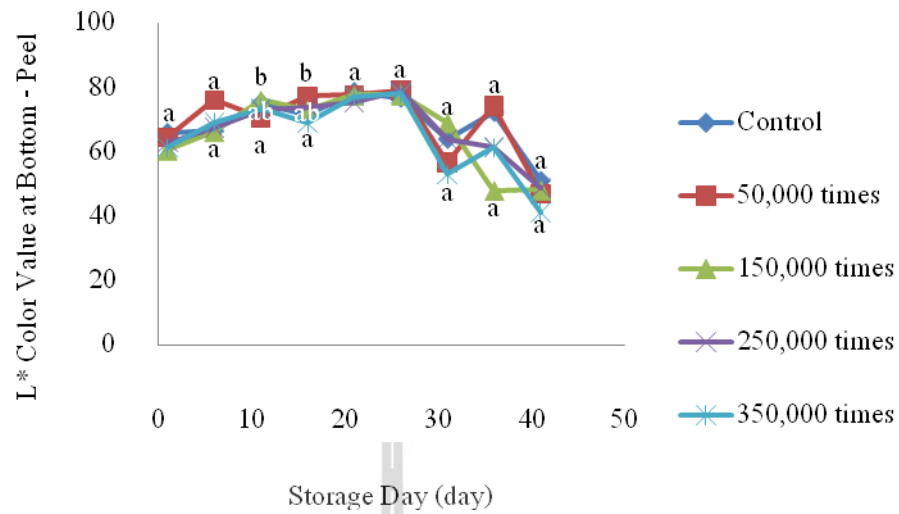
ได้ซ้ำเพิ่มขึ้นถึง 9 ซ้ำ ซึ่งค่า L^* เฉลี่ยทุกตำแหน่ง ในแต่ละทริตเมนต์ (รูปที่ 4.17) ก็ไม่ได้ปรากฏความแตกต่างกันทางสถิติ $LSD_{0.05}$ กล่าวคือ ค่า L^* ของสี่เปลือกที่ตำแหน่งใด ๆ ไม่สามารถตรวจพบว่าทริตเมนต์ใดมีความสามารถในการชะลอการสุก



รูปที่ 4.14 การเปลี่ยนแปลงค่าสี L^* ที่เปลือกบริเวณใกล้ขั้วผลในทริตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา ตัวอักษรบนเส้นกราฟแสดงการจัดระดับสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% โดยเป็นการเทียบระหว่างทริตเมนต์ในวันต่อวัน (ดูเพิ่มเติมในตารางภาคผนวกที่ 2)



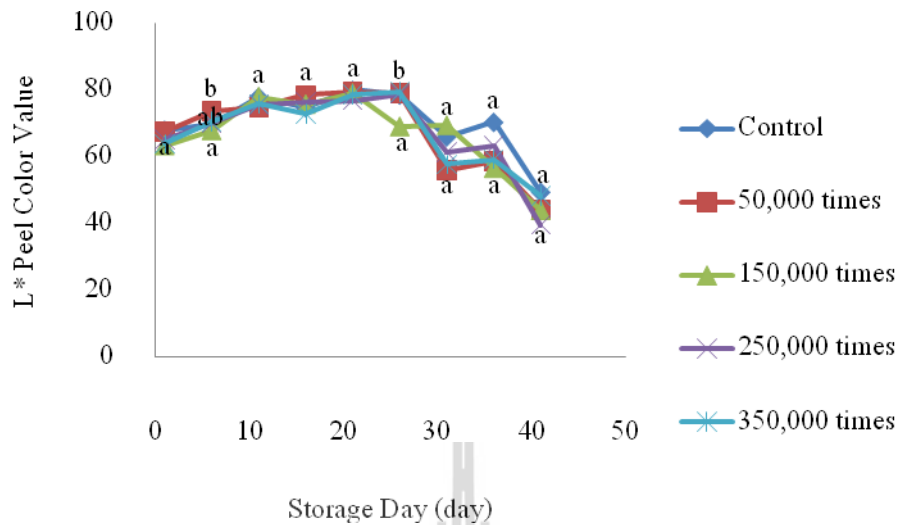
รูปที่ 4.15 การเปลี่ยนแปลงค่าสี L^* ที่เปลือกบริเวณกลางผลในทริตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา ตัวอักษรบนเส้นกราฟแสดงการจัดระดับสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% โดยเป็นการเทียบระหว่างทริตเมนต์ในวันต่อวัน (ดูเพิ่มเติมในตารางภาคผนวกที่ 3)



รูปที่ 4.16 การเปลี่ยนแปลงค่าสี L^* ที่เปลือกบริเวณใกล้ปลายผล ในทริตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา ตัวอักษรบนเส้นกราฟแสดงการจัดระดับสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% โดยเป็นการเทียบระหว่างทริตเมนต์ในวันต่อวัน (ดูเพิ่มเติมในตารางภาคผนวกที่ 4)

ตารางที่ 4.5 ค่าการทดสอบโฮโมจีนิตีของค่าสี L^* เปลือกที่ตำแหน่งต่าง ๆ

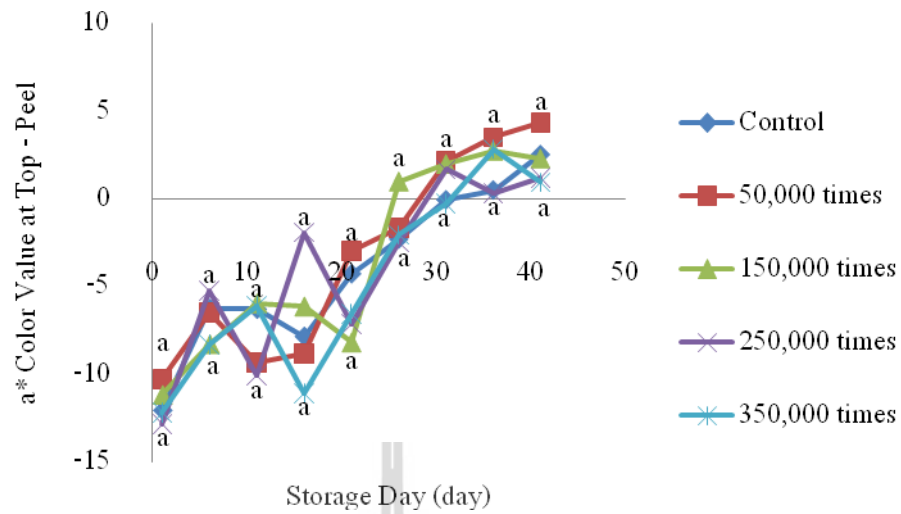
	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Peel L^* - Top	0.579	4	670	0.678
Peel L^* - Middle	1.072	4	670	0.369
Peel L^* - Bottom	2.384	4	670	0.050



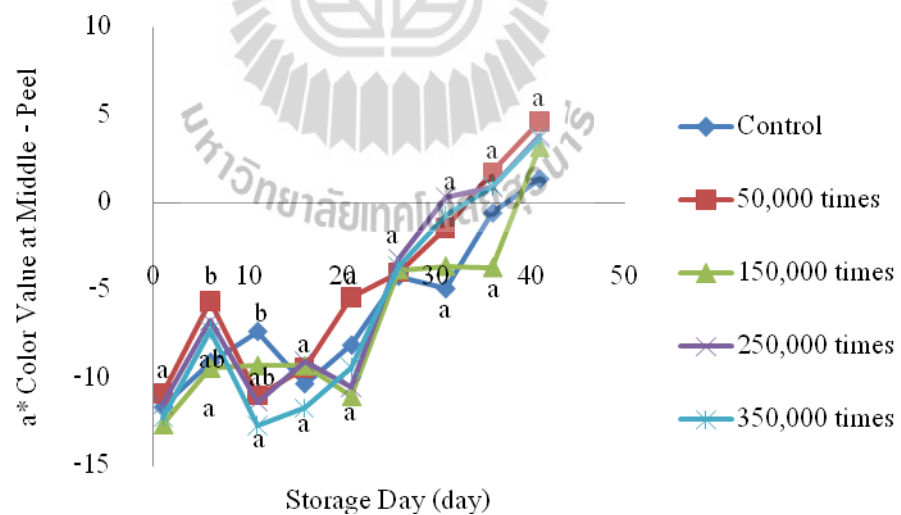
รูปที่ 4.17 การเปลี่ยนแปลงค่าสี L* ที่เปลือกเฉลี่ยทั้ง 3 ตำแหน่งในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา ตัวอักษรบนเส้นกราฟแสดงการจัดระดับสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% โดยเป็นการเทียบระหว่างทรีตเมนต์ในวันต่อวัน (ดูเพิ่มเติมในตารางภาคผนวกที่ 5)

ค่าสี a* ระหว่างการสุก มีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งแสดงค่าแนวโน้มสีจากเขียวเป็นแดง หรือเปลือกสีเขียวที่น้อยลงจนค่าสีเขียวหายไปเป็นเปลือกสุกสีเหลือง หรือเหลืองส้ม พิจารณาจากรูปที่ 4.18, 4.19 และ 4.20 ได้แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าสี a* ที่เปลือกบริเวณใกล้ขั้วผล กลางผล และใกล้ปลายผลในทรีตเมนต์ต่าง ๆ โดย วันแรก ๆ ของการเก็บรักษา ค่า สี a* ของมะม่วงในชุดการผลิตนี้จะอยู่ที่ประมาณ -13 ถึง -10 จนถึงประมาณวันที่ 20 ค่าสี a* ในทุกตำแหน่งและทุกทรีตเมนต์เพิ่มขึ้น ซึ่งแสดงถึงค่าสีเขียวที่ลดลง และพบว่าที่ตำแหน่งต่าง ๆ ในทุกทรีตเมนต์ไม่ได้แสดงนัยสำคัญให้เห็นถึงความแตกต่าง

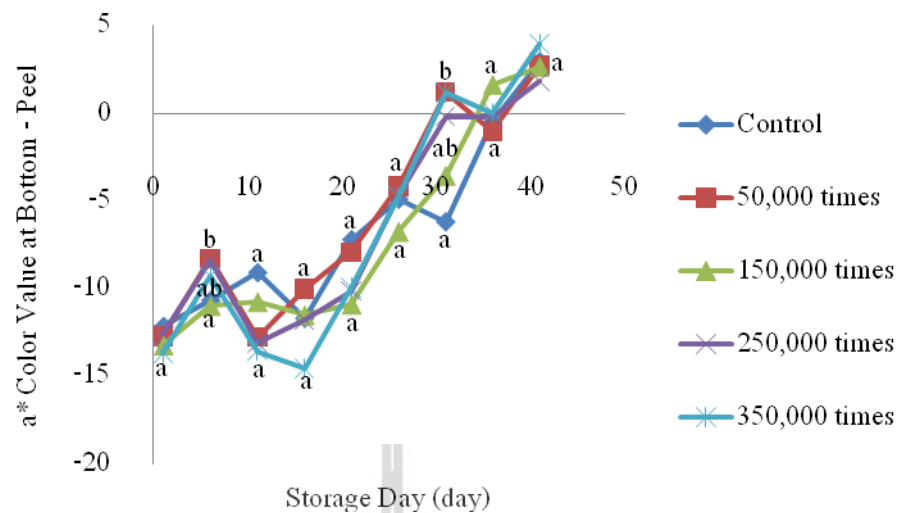
นอกจากแต่ละตำแหน่งไม่ได้แสดงความชัดเจนของความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ $P < 0.05$ แล้ว (ตารางที่ 4.6) ทั้ง 3 ตำแหน่งก็ยังให้ค่าที่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญแก่กันด้วย จึงได้นำทั้ง 3 ตำแหน่งมารวมเฉลี่ยเพิ่มซ้ำเพื่อลดอิทธิพลความแปรปรวนของแต่ละผล ได้ดังรูปที่ 4.21 ซึ่งแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าสี a* ที่เปลือกเฉลี่ยทั้ง 3 ตำแหน่งในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา แต่ละทรีตเมนต์ในแต่ละวันอยู่ที่ระดับทางสถิติเดียวกัน กล่าวคือทรีตเมนต์ถ่านจำนวน 50,000 150,000 250,000 และ 350,000 ไม่ได้แสดงความสามารถในการชะลอการลดลงของค่าสีเขียวได้แตกต่างจากทรีตเมนต์กลุ่มควบคุมเลย



รูปที่ 4.18 การเปลี่ยนแปลงค่าสี a^* ที่เปลือกบริเวณใกล้ขั้วผล ในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา ตัวอักษรบนเส้นกราฟแสดงการจัดระดับสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% โดยเป็นการเทียบระหว่างทรีตเมนต์ในวันต่อวัน (ดูเพิ่มเติมในตารางภาคผนวกที่ 6)



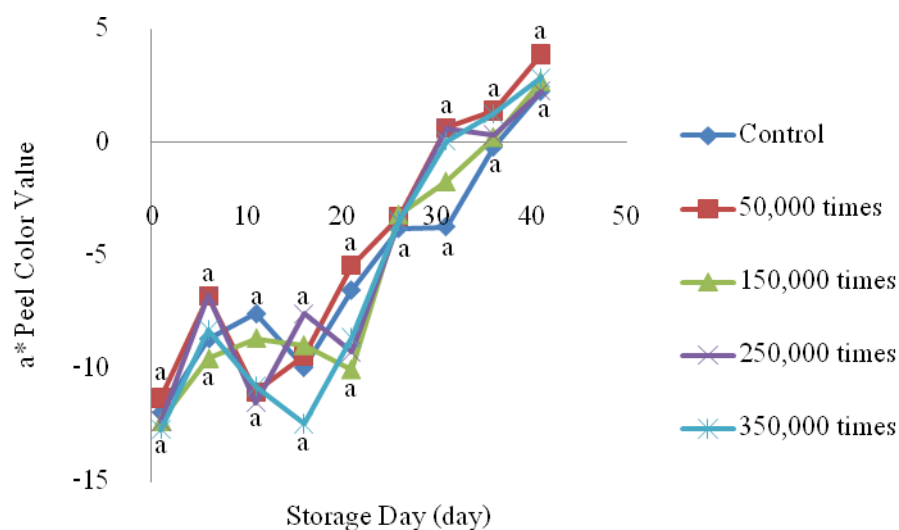
รูปที่ 4.19 การเปลี่ยนแปลงค่าสี a^* ที่เปลือกบริเวณกลางผลในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา ตัวอักษรบนเส้นกราฟแสดงการจัดระดับสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% โดยเป็นการเทียบระหว่างทรีตเมนต์ในวันต่อวัน (ดูเพิ่มเติมในตารางภาคผนวกที่ 7)



รูปที่ 4.20 การเปลี่ยนแปลงค่าสี a^* ที่เปลือกบริเวณใกล้ปลายผล ในทริตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา ตัวอักษรบนเส้นกราฟแสดงการจัดระดับสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% โดยเป็นการเทียบระหว่างทริตเมนต์ในวันต่อวัน (ดูเพิ่มเติมในตารางภาคผนวกที่ 8)

ตารางที่ 4.6 ค่าการทดสอบโฮโมจีนิตีของค่าสี a^* เปลือกที่ตำแหน่งต่าง ๆ

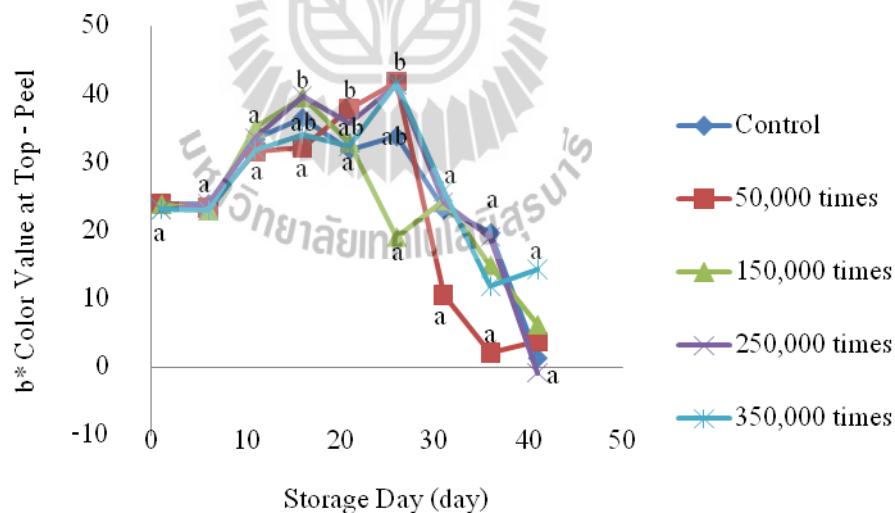
	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Peel a^* - Top	0.659	4	670	0.621
Peel a^* - Middle	0.684	4	670	0.604
Peel a^* - Bottom	0.291	4	670	0.884



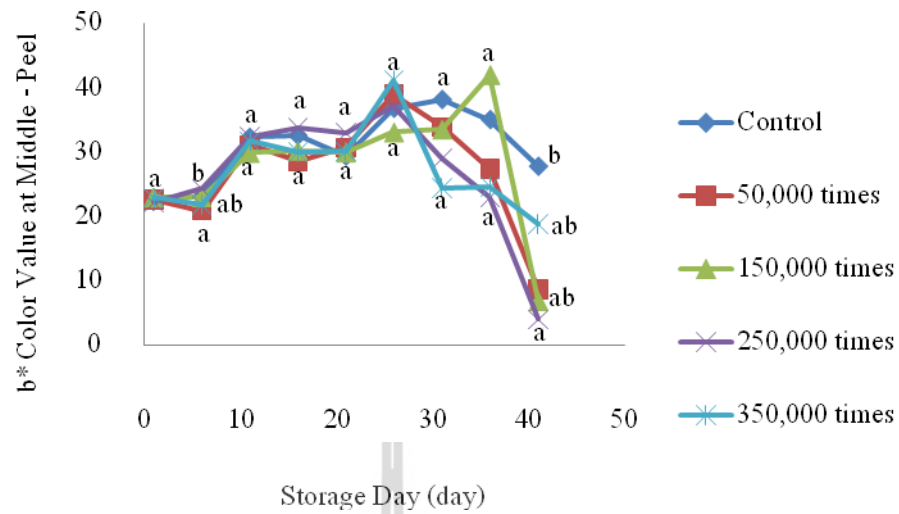
รูปที่ 4.21 การเปลี่ยนแปลงค่าสี a^* ที่เปลือกเฉลี่ยทั้ง 3 ตำแหน่งในทริตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวัน

เก็บรักษา ตัวอย่างรบนเส้นกราฟแสดงการจจัดระดับสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% โดยเป็นการเทียบระหว่างทริตเมนต์ในวันต่อวัน (ดูเพิ่มเติมในตารางภาคผนวกที่ 9)

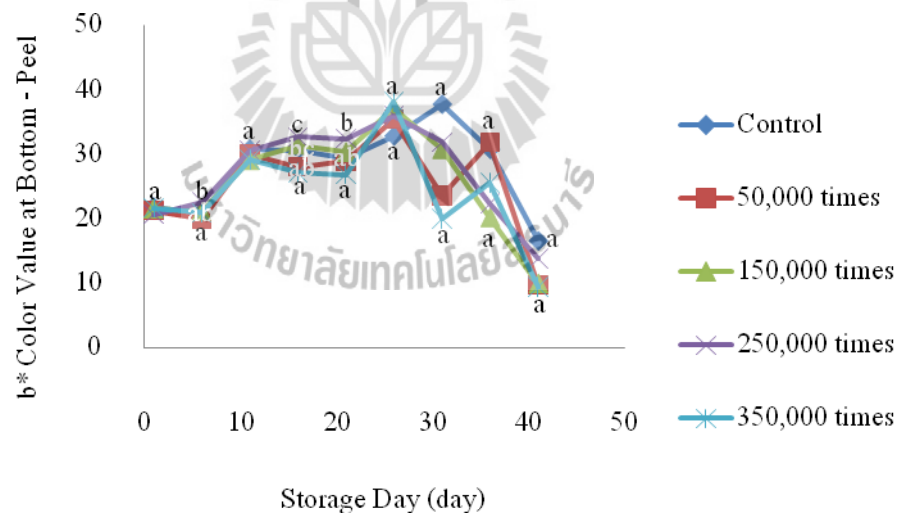
ค่าสี b^* ที่เพิ่มขึ้น แสดงแนวโน้มสีจากน้ำเงินเป็นเหลือง หรือสีเหลืองของเปลือกสีเขียวอ่อนขณะดิบ เป็นเหลืองอ่อน และเหลืองเข้มขึ้น ค่าสี b^* บริเวณใกล้ขั้วผล กลางผล และใกล้ปลายผล (รูปที่ 4.22, 4.23 และ 4.24 ตามลำดับ) สำหรับมะม่วงในชุดการผลิตนี้อยู่ที่ประมาณ 22-23 องศาเซลเซียสหนึ่ง กระทั่งประมาณวันที่ 6 ของการเก็บรักษา ค่าสี b^* จึงเพิ่มขึ้นในทุกตำแหน่ง มีการปรากฏการแบ่งช่วงทางสถิติ $LSD_{.05}$ ได้บ้าง ในลักษณะที่สันนิษฐานว่าจะเป็นความแปรปรวนของตัวอย่างเองเนื่องจากไม่ปรากฏแนวโน้มว่าทริตเมนต์ใดแสดงลักษณะที่ยืนยันความสามารถในการชะลอการเพิ่มของค่าสีเหลืองของตน และโดยนัยในลักษณะเดียวกันกับค่าสี L^* และ a^* พบว่าแต่ละตำแหน่งของการตรวจค่าสีไม่ได้มีนัยสำคัญแก่กัน (ตารางที่ 4.7) จึงได้รวมเฉลี่ยเป็น รูปที่ 4.25 ซึ่งแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าสี b^* ที่เปลือกเฉลี่ยทั้ง 3 ตำแหน่งในทริตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา



รูปที่ 4.22 การเปลี่ยนแปลงค่าสี b^* ที่เปลือกบริเวณใกล้ขั้วผล ในทริตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา ตัวอย่างรบนเส้นกราฟแสดงการจจัดระดับสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% โดยเป็นการเทียบระหว่างทริตเมนต์ในวันต่อวัน (ดูเพิ่มเติมในตารางภาคผนวกที่ 10)



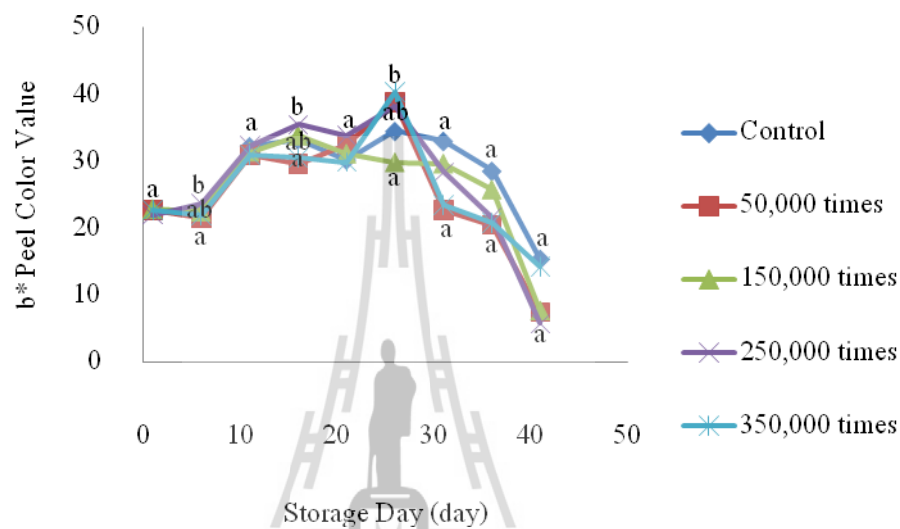
รูปที่ 4.23 การเปลี่ยนแปลงค่าสี b^* ที่เปลือกบริเวณกลางผลในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา ตัวอักษรบนเส้นกราฟแสดงการจัดระดับสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% โดยเป็นการเทียบระหว่างทรีตเมนต์ในวันต่อวัน (ดูเพิ่มเติมในตารางภาคผนวกที่ 11)



รูปที่ 4.24 การเปลี่ยนแปลงค่าสี b^* ที่เปลือกบริเวณใกล้ปลายผล ในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา ตัวอักษรบนเส้นกราฟแสดงการจัดระดับสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% โดยเป็นการเทียบระหว่างทรีตเมนต์ในวันต่อวัน (ดูเพิ่มเติมในตารางภาคผนวกที่ 12)

ตารางที่ 4.7 ค่าการทดสอบโฮโมจีนิตีของค่าสี b* เปลือกที่ตำแหน่งต่าง ๆ

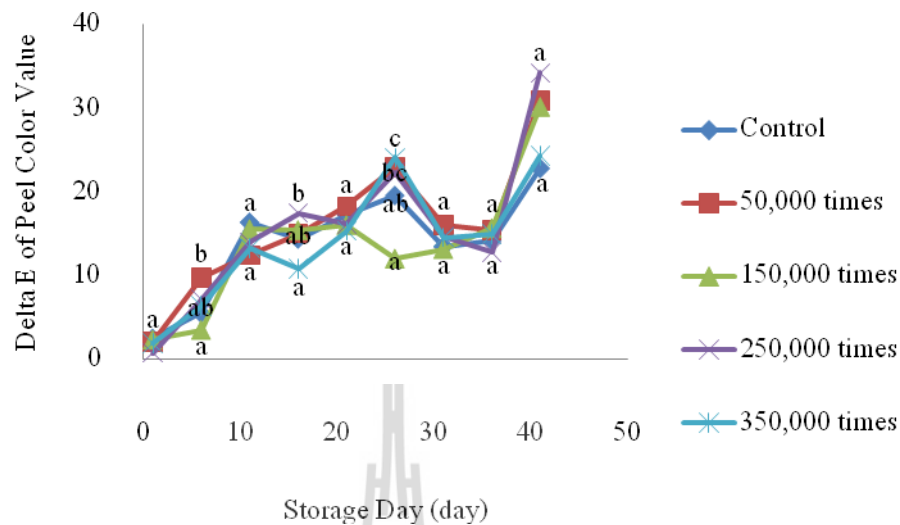
	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Peel b* - Top	1.072	4	670	0.369
Peel b* - Middle	0.327	4	670	0.860
Peel b* - Bottom	0.475	4	670	0.754



รูปที่ 4.25 การเปลี่ยนแปลงค่าสี b* ที่เปลือกเฉลี่ยทั้ง 3 ตำแหน่งในทริตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา ตัวอักษรบนเส้นกราฟแสดงการจัดระดับสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% โดยเป็นการเทียบระหว่างทริตเมนต์ในวันต่อวัน (ดูเพิ่มเติมในตารางภาคผนวกที่ 13)

ค่า L* a* และ b* ในการวัดสีเปลือกทั้ง 3 ตำแหน่ง แต่ละตำแหน่ง ของแต่ละค่าสี ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความแตกต่างทางสถิติ $P < 0.05$ กล่าวคือทริตเมนต์ถ่านจำนวน 50,000 150,000 250,000 และ 350,000 ไม่ได้แสดงความสามารถในการชะลอการลดลงของค่าสีเปลือกไม่ว่าจะเป็นค่า L* a* หรือ b* ก็ตาม ได้แตกต่างจากทริตเมนต์กลุ่มควบคุม

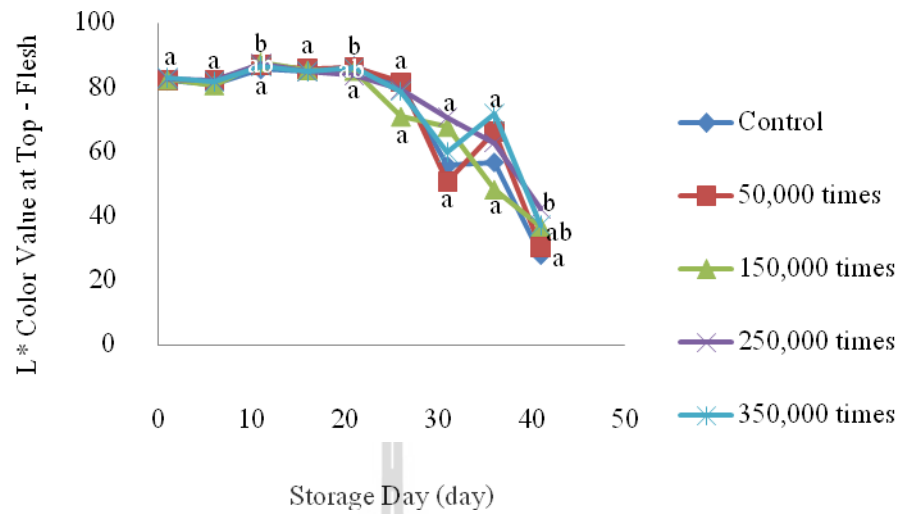
การเปลี่ยนแปลงสี ในลักษณะ Delta E (ΔE) หรือรากที่สองของผลรวมของผลต่างของแต่ละ L*, a* และ b* ยกกำลังสอง เป็นการแสดงค่าสีทั้ง L*, a* และ b* ที่เปลี่ยนแปลงไปตามวันเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น โดยเทียบกับวันแรกที่ถูกตั้งเป็นเกณฑ์ L*, a* และ b* จากการตรวจสอบค่าสถิติพบว่าค่า ΔE ในแต่ละทริตเมนต์ ΔE สีเปลือกไม่ให้ค่าความแตกต่างใด ๆ ที่จะยืนยันได้ว่ามีทริตเมนต์ใดสามารถชะลอการสุกได้ (รูปที่ 4.26) ในขณะที่วันที่ 35 เป็นต้นไป พบว่าค่า ΔE มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมาก เนื่องจากการเน่าเสียของผล จึงให้ค่าสีที่แปลกไปอย่างสิ้นเชิงจากลำดับการเปลี่ยนแปลงสีระหว่างการสุก



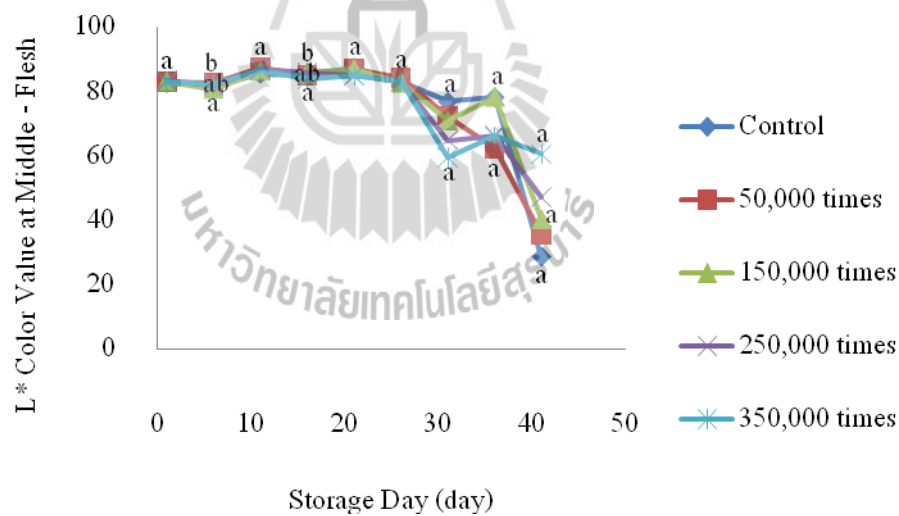
รูปที่ 4.26 การเปลี่ยนแปลงของค่าสี Delta E ที่เปลือกเฉลี่ยทั้ง 3 ตำแหน่งในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา ตัวอักษรบนเส้นกราฟแสดงการจัดระดับสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% โดยเป็นการเทียบระหว่างทรีตเมนต์ในวันต่อวัน (ดูเพิ่มเติมในตารางภาคผนวกที่ 14)

การเปลี่ยนแปลงค่าสีเนื้อ ผล จะเปลี่ยน จากผลดิบเนื้อสีเขียวอมเขียว ขาว ขาวเหลือง เหลืองอ่อน เหลือง เหลืองเข้ม พิจารณารูปที่ 4.27, 4.28 และ 4.29 ค่าสี L^* เนื้อที่ใกล้ขั้วผล กลางผล และใกล้ปลายผล ของมะม่วงในชุดการผลิตนี้ มีค่าอยู่ที่ประมาณ 80 และค่อนข้างคงที่ในทุกตำแหน่งและทุกทรีตเมนต์ จนกระทั่งประมาณวันที่ 26 ค่าสี L^* เนื้อ ในทุกตำแหน่ง จึงมีการลดลงในลักษณะต่าง ๆ มากบ้างน้อยบ้าง และเพราะเหตุที่ตำแหน่งวัดสีใกล้ขั้วผล กลางผล และใกล้ปลายผล ไม่ให้นัยสำคัญต่างกัน (ตารางที่ 4.8) จึงได้มาซึ่งรูปที่ 4.30 เป็นภาพการเปลี่ยนแปลง ค่าสี L^* ที่เนื้อเฉลี่ยทั้ง 3 ตำแหน่งในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา

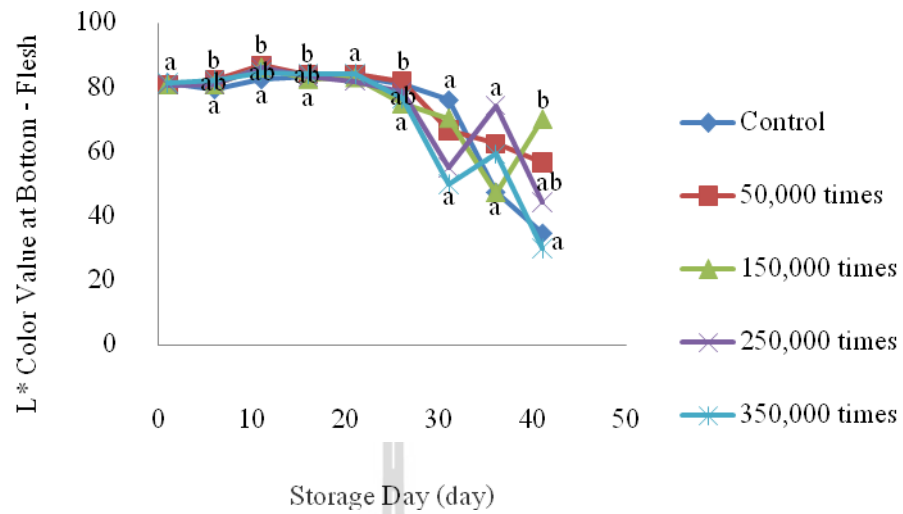
ค่า L^* เนื้อผลพบว่าในวันที่ 6 ถึงวันที่ 26 ของการเก็บรักษา ทรีตเมนต์ถ่านกัมมันต์ที่ 50,000 เท่า แสดงแนวโน้มว่าค่อนข้างอยู่สูง หรือคงความสว่าง – สะท้อนการสุกได้มากกว่าทรีตเมนต์อื่น ซึ่งนับเป็นค่าแรกที่พบแนวโน้มที่แสดงความแตกต่าง



รูปที่ 4.27 การเปลี่ยนแปลงค่าสี L^* ที่เนื้อบริเวณใกล้ขั้วผล ในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา ตัวอักษรบนเส้นกราฟแสดงการจัดระดับสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% โดยเป็นการเทียบระหว่างทรีตเมนต์ในวันต่อวัน (ดูเพิ่มเติมในตารางภาคผนวกที่ 15)



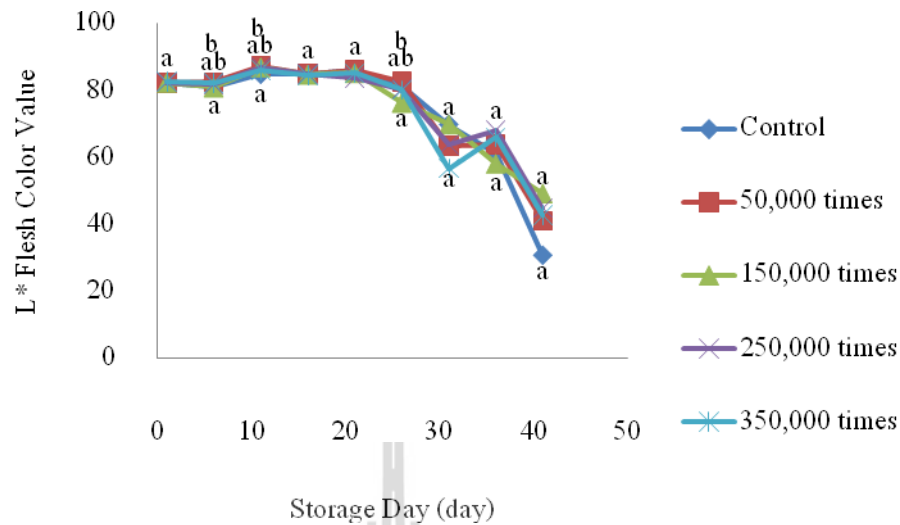
รูปที่ 4.28 การเปลี่ยนแปลงค่าสี L^* ที่เนื้อบริเวณกลางผล ในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา ตัวอักษรบนเส้นกราฟแสดงการจัดระดับสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% โดยเป็นการเทียบระหว่างทรีตเมนต์ในวันต่อวัน (ดูเพิ่มเติมในตารางภาคผนวกที่ 16)



รูปที่ 4.29 การเปลี่ยนแปลงค่าสี L^* ที่เนื้อบริเวณใกล้ปลายผล ในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา ตัวอักษรบนเส้นกราฟแสดงการจัดระดับสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% โดยเป็นการเทียบระหว่างทรีตเมนต์ในวันต่อวัน (ดูเพิ่มเติมในตารางภาคผนวกที่ 17)

ตารางที่ 4.8 ค่าการทดสอบโฮโมจีนิตีของค่าสี L^* เนื้อที่ตำแหน่งต่าง ๆ

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Flesh L^* - Top	1.677	4	670	0.153
Flesh L^* - Middle	5.371	4	670	0.000
Flesh L^* - Bottom	4.364	4	670	0.002

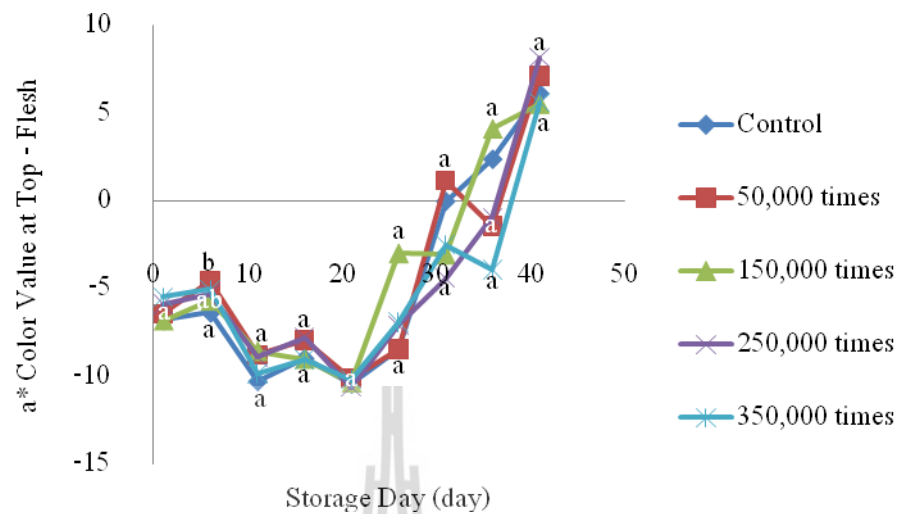


รูปที่ 4.30 การเปลี่ยนแปลงค่าสี L^* ที่เนื้อเฉลี่ยทั้ง 3 ตำแหน่งในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา ตัวอักษรบนเส้นกราฟแสดงการจัดระดับสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% โดยเป็นการเทียบระหว่างทรีตเมนต์ในวันต่อวัน (ดูเพิ่มเติมในตารางภาคผนวกที่ 18)

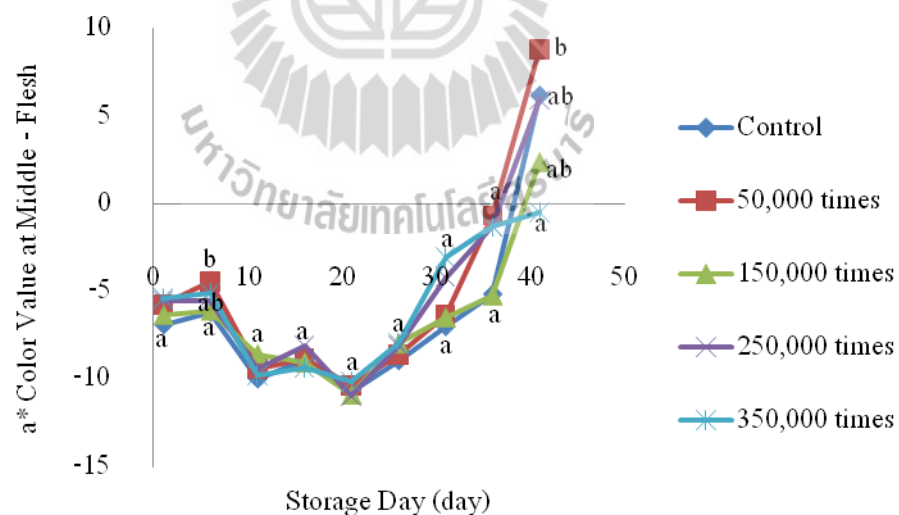
ค่าสี a^* ซึ่งแสดงค่าสีในเขียว ไน้ม สีส้ม แดง หรือความที่สีเขียวยิ่งหมดไป พบว่าสำหรับเนื้อผลของมะม่วงในชุดการผลิดนี้ในทรีตเมนต์ต่าง ๆ มีค่าเริ่มต้นที่ประมาณ -7 และค่อนข้างคงตัวจนถึงวันที่ 6 ของการเก็บรักษา จากนั้นเส้นกราฟจะลดลงกระทั่งถึงวันที่ 21 ของการเก็บรักษา (รูปที่ 4.31, 4.32 และ 4.33) ทุกตำแหน่งของการวัดสีจะมีค่าสี a^* เนื้อผลลดลงต่ำสุดคือประมาณ -12 แล้วจึงเพิ่มขึ้น ลักษณะค่าสี a^* เนื้อผลนี้ มีแนวโน้มคล้ายเส้นกราฟของสมการพาราโบลาหงายที่มีจุดวกกลับ (vertex) ในวันที่ 21 ของการเก็บรักษา

เหตุผลที่แนวโน้มสีเขียวของเนื้อผลควรหมดไป ไม่ควรเพิ่มขึ้น แต่กลับเห็นค่าแนวโน้มสีเขียวเพิ่มขึ้นจนถึงวันที่ 21 ก่อน แล้วจึงลดลงจนหมดไปนั้น เป็นธรรมชาติที่ปรากฏของเนื้อผลมะม่วงดิบตามความเป็นจริงจากการเก็บค่า และค่าที่ได้ก็แสดงลักษณะเป็นอันเดียวกันในทุกทรีตเมนต์และทุกตำแหน่งเนื้อ ว่าค่าสี a^* มีการลดลงหรือสีเขียวเพิ่มขึ้น แล้วค่า a^* จะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นหรือแนวโน้มสีเขียวลดลง หมดไป แล้วจึงปรากฏแนวโน้มความเป็นสีแดง แต่สายตามนุษย์ไม่สามารถแยกค่าความขาวที่ไน้มด้วยเขียวมากหรือน้อยกว่ากันเหมือนเครื่องวัดสี มนุษย์สังเกตเห็นเพียงว่าผลดิบมีเนื้อขาวแล้วเมื่อเนื้อผลสุกจึงเหลือง ไม่อาจพบวาระหว่างที่เนื้อดิบมีสีขาว ความขาวนั้นมีการเปลี่ยนแปลงของสีเขียวอยู่ด้วย

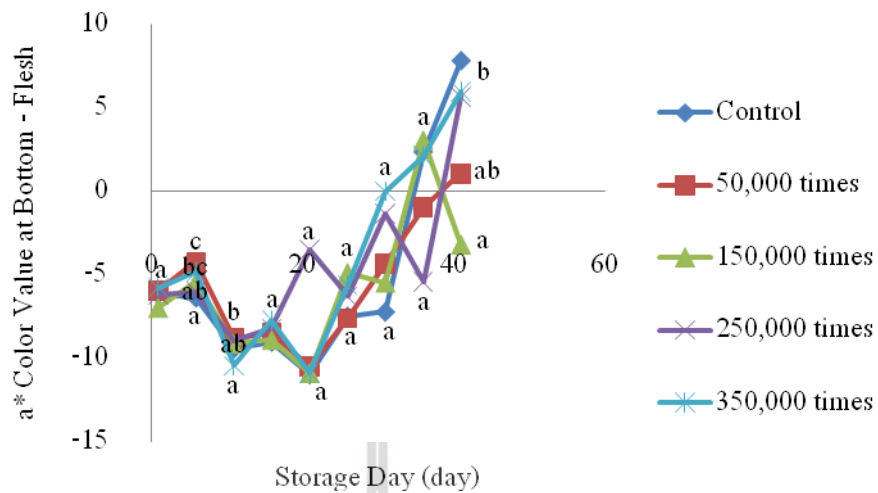
อย่างไรก็ตาม ค่าสี a^* เนื้อนี้ในตำแหน่งและทรีตเมนต์ต่าง ๆ ไม่ได้ทำให้ปรากฏถึงความสามารถในการชะลอการสุกอันเนื่องมาจากชะลอการลดลงของแนวโน้มสีเขียวที่ปรากฏในเนื้อผล (รูปที่ 4.31 ถึง 4.34)



รูปที่ 4.31 การเปลี่ยนแปลงค่าสี a^* ที่เนื้อบริเวณใกล้ขั้วผล ในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา ตัวอักษรบนเส้นกราฟแสดงการจัดระดับสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% โดยเป็นการเทียบระหว่างทรีตเมนต์ในวันต่อวัน (ดูเพิ่มเติมในตารางภาคผนวกที่ 19)



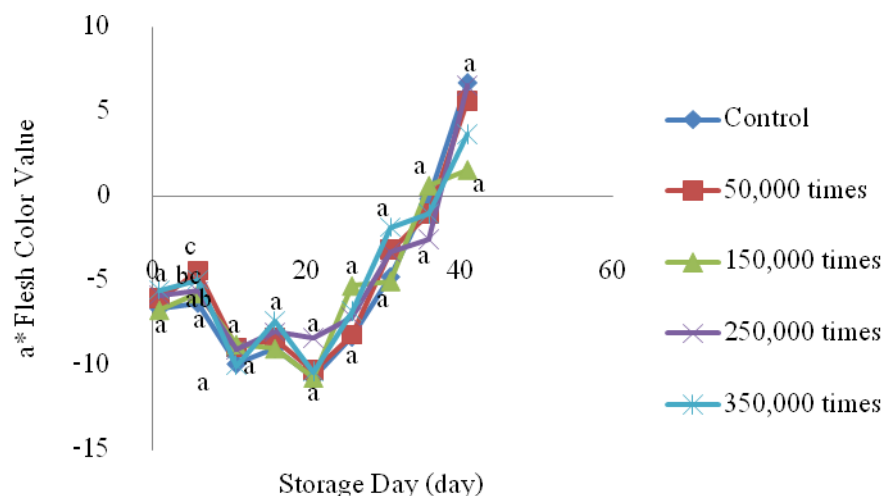
รูปที่ 4.32 การเปลี่ยนแปลงค่าสี a^* ที่เนื้อบริเวณกลางผล ในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา ตัวอักษรบนเส้นกราฟแสดงการจัดระดับสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% โดยเป็นการเทียบระหว่างทรีตเมนต์ในวันต่อวัน (ดูเพิ่มเติมในตารางภาคผนวกที่ 20)



รูปที่ 4.33 การเปลี่ยนแปลงค่าสี a^* ที่เนื้อบริเวณใกล้ปลายผล ในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา ตัวอักษรบนเส้นกราฟแสดงการจัดระดับสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% โดยเป็นการเทียบระหว่างทรีตเมนต์ในวันต่อวัน (ดูเพิ่มเติมในตารางภาคผนวกที่ 21)

ตารางที่ 4.9 ค่าการทดสอบโฮโมจีนิตีของค่าสี a^* เนื้อที่ตำแหน่งต่าง ๆ

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Flesh a^* - Top	1.249	4	670	0.289
Flesh a^* - Middle	2.997	4	670	0.018
Flesh a^* - Bottom	10.556	4	670	0.000

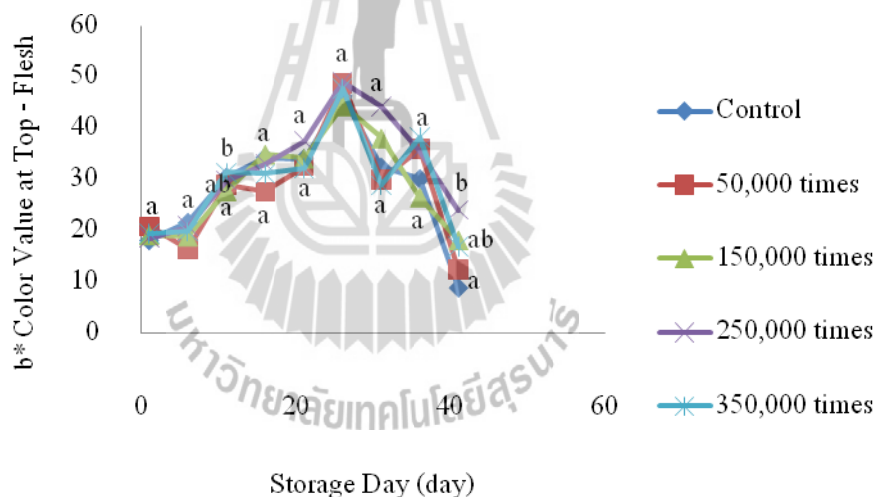


รูปที่ 4.34 การเปลี่ยนแปลงค่าสี a^* ที่เนื้อเฉลี่ยทั้ง 3 ตำแหน่งในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา ตัวอักษรบนเส้นกราฟแสดงการจัดระดับสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% โดยเป็น

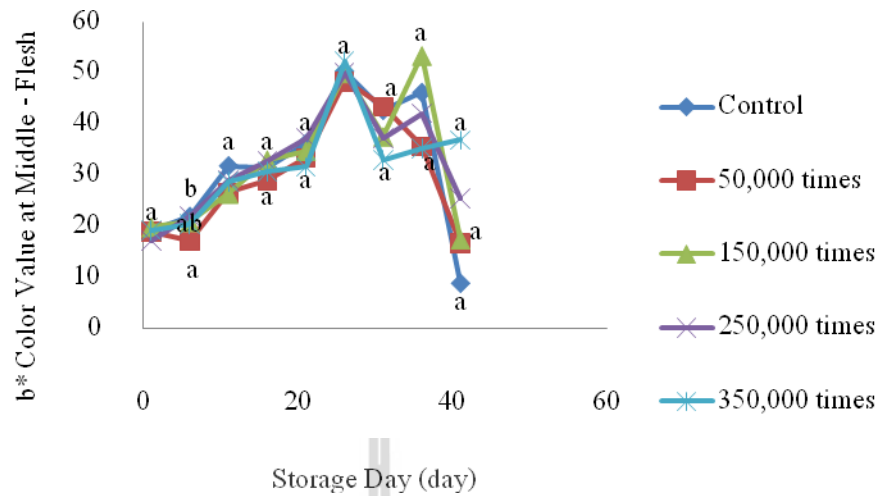
การเทียบระหว่างทรีตเมนต์ในวันต่อวัน (ดูเพิ่มเติมในตารางภาคผนวกที่ 22)

ค่าสี b^* ซึ่งแสดงค่าสีน้ำเงินโน้มสู่สีเหลือง โดยค่าที่เป็นจำนวนบวกนี้แสดงค่าความเหลืองที่เพิ่มมากขึ้น สำหรับเนื้อผลของมะม่วงในชุดการผลิตนี้เริ่มที่ค่าประมาณ 20 ในทุกตำแหน่งการวัดสี เพิ่มขึ้นไปสูงที่สุดในวันที่ 26 แล้วจึงลดลง สีเหลืองที่ลดลงภายหลังนี้มาจากความเสื่อมสภาพของผล

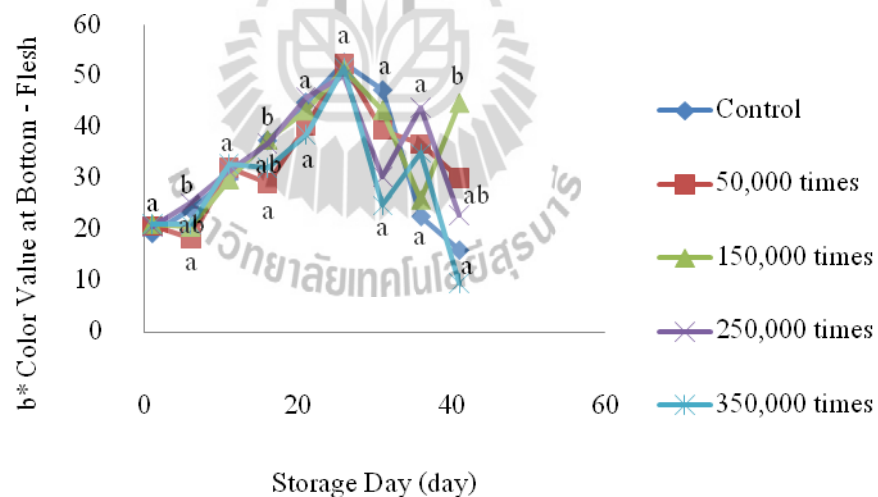
พิจารณารูปที่ 4.35 ถึง 4.38 พบว่าข้อมูลแทบทั้งสิ้นแสดงระดับนัยสำคัญทางสถิติเดียวกัน หรือกล่าวคือ ไม่มีทรีตเมนต์ใดที่บ่งชี้ความสามารถในการชะลอการสุกได้ดีกว่ากัน แต่ทรีตเมนต์ถ่านจำนวน 50,000 เท่า เนื้อบริเวณกลางผลและใกล้ปลายผลมีสีเหลืองที่น้อยกว่าทรีตเมนต์อื่นในวันที่ 6 และ 11 ของการเก็บรักษา กระทั่งแสดงความต่างอย่างมีนัยสำคัญ ในรูปที่ 4.36 และ 4.38



รูปที่ 4.35 การเปลี่ยนแปลงค่าสี b^* ที่เนื้อบริเวณใกล้ขั้วผล ในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา ตัวอักษรบนเส้นกราฟแสดงการจัดระดับสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% โดยเป็นการเทียบระหว่างทรีตเมนต์ในวันต่อวัน (ดูเพิ่มเติมในตารางภาคผนวกที่ 23)



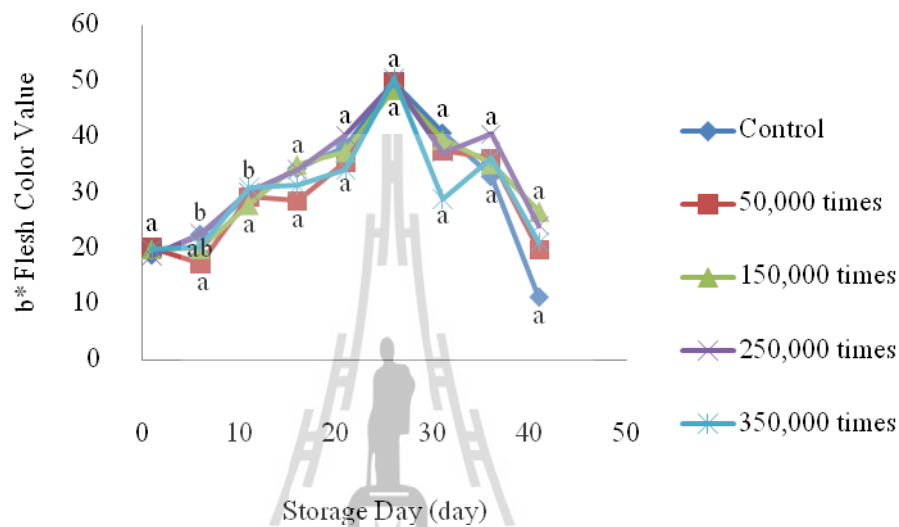
รูปที่ 4.36 การเปลี่ยนแปลงค่าสี b^* ที่เนื้อบริเวณกลางผล ในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา ตัวอักษรบนเส้นกราฟแสดงการจัดระดับสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% โดยเป็นการเทียบระหว่างทรีตเมนต์ในวันต่อวัน (ดูเพิ่มเติมในตารางภาคผนวกที่ 24)



รูปที่ 4.37 การเปลี่ยนแปลงค่าสี b^* ที่เนื้อบริเวณใกล้ปลายผล ในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา ตัวอักษรบนเส้นกราฟแสดงการจัดระดับสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% โดยเป็นการเทียบระหว่างทรีตเมนต์ในวันต่อวัน (ดูเพิ่มเติมในตารางภาคผนวกที่ 25)

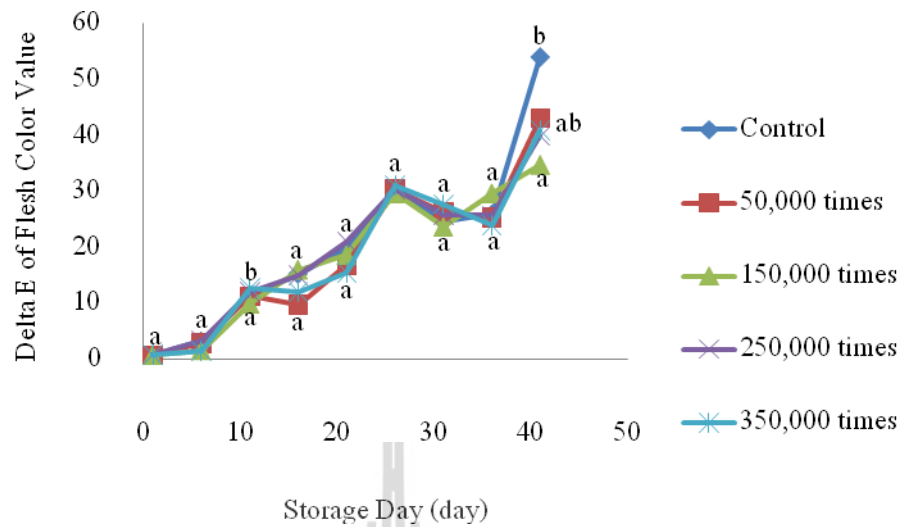
ตารางที่ 4.10 ค่าการทดสอบโฮโมจีนิตีของค่าสี b^* เนื้อที่ตำแหน่งต่าง ๆ

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Flesh b^* - Top	1.562	4	670	0.183
Flesh b^* - Middle	1.647	4	670	0.161
Flesh b^* - Bottom	2.071	4	670	0.083



รูปที่ 4.38 การเปลี่ยนแปลงค่าสี b^* ที่เนื้อเฉลี่ยทั้ง 3 ตำแหน่งในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา ตัวอักษรบนเส้นกราฟแสดงการจับระดับสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% โดยเป็นการเทียบระหว่างทรีตเมนต์ในวันต่อวัน (ดูเพิ่มเติมในตารางภาคผนวกที่ 26)

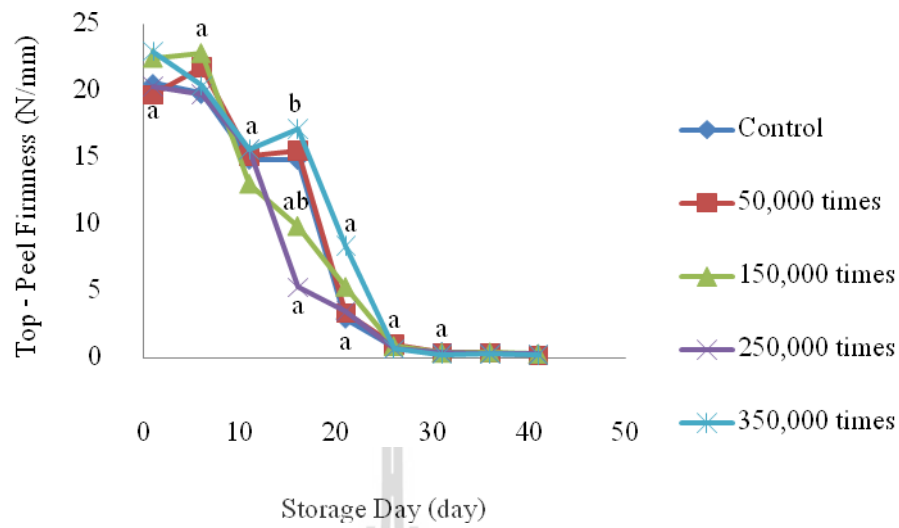
การเปลี่ยนแปลงสี ในลักษณะ Delta E สีเนื้อผล ไม่ให้ค่าความแตกต่างใด ๆ ที่จะยืนยันได้ว่ามีทรีตเมนต์ใดสามารถชะลอการสุกได้ (รูปที่ 4.39) ขณะที่วันที่ 41 ของการเก็บรักษา ซึ่งผลเสียสภาพระยะหนึ่งแล้ว ค่า Delta E สีเนื้อผลแม้จะแสดงการแบ่งช่วงทางสถิติก็ตาม แต่เมื่อสีเนื้อผลมีการเน่าเสีย การวัดสีว่าสีใดผิดแผกกว่าสีใดนั้นเป็นค่าที่ไม่พึงพิจารณา แต่ที่ได้นำมารวมเพื่อให้ครบตามจำนวนวัน เป็นประโยชน์สำหรับการพิจารณาแนวโน้มค่าสำหรับบางกราฟ อนึ่งว่าค่า Delta E สีเปลือก (รูปที่ 4.26) หรือสีเนื้อ ไม่ได้แจกแจงตำแหน่ง Delta E ที่ตำแหน่งใกล้ขั้วผลกลางผล ใกล้ปลายผล เนื่องจากได้แสดงอย่างละเอียดไปแล้วว่าแต่ละตำแหน่งไม่ได้แตกต่างทางสถิติอย่างไร เมื่อไม่ต่างกันทางสถิติจึงไม่มีประโยชน์จะแจกแจง การเปลี่ยนแปลงสี ในลักษณะ Delta E ที่ละตำแหน่งอีก



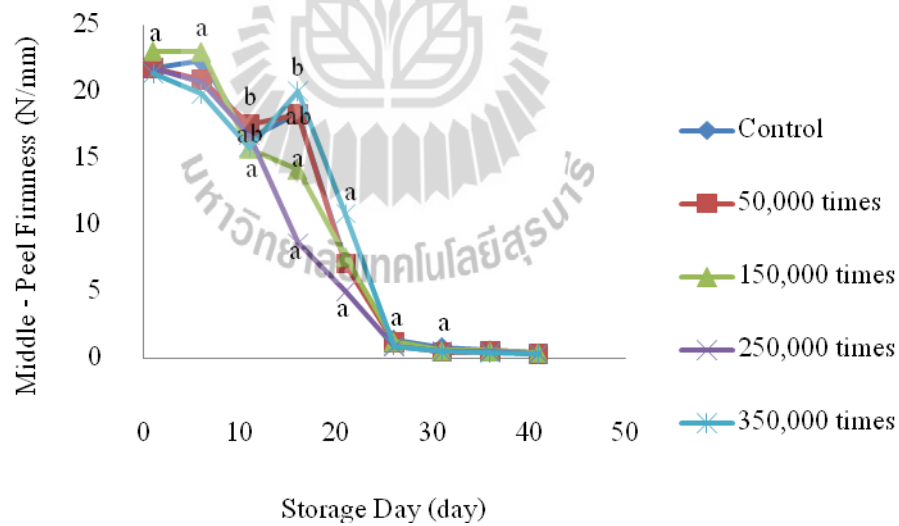
รูปที่ 4.39 การเปลี่ยนแปลงของค่าสี Delta E ที่เนื้อเฉลี่ยทั้ง 3 ตำแหน่งในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา ตัวอักษรบนเส้นกราฟแสดงการจัดระดับสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% โดยเป็นการเทียบระหว่างทรีตเมนต์ในวันต่อวัน (ดูเพิ่มเติมในตารางภาคผนวกที่ 27)

สามารถกล่าวผลการทดลองค่าสีโดยย่อได้ว่า ค่าสี L^* , a^* และ b^* ที่เปลือกกี้ตาม เนื้อกี้ตาม แต่ละค่าสีที่ตำแหน่งทั้ง 3 คือ ใกล้เคียงผล กลางผล ใกล้เคียงปลายผล ไม่มีตำแหน่งใดแตกต่างกัน มีนัยสำคัญแก่กัน อีกประการหนึ่ง การใช้ค่าสี L^* , a^* และ b^* ที่เปลือกกี้ตาม เนื้อกี้ตาม ตรวจสอบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของแต่ละทรีตเมนต์ระดับการบรรจุถ่าน พบว่าถ่านทุกปริมาณไม่ให้ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับ กลุ่มควบคุม และแก่กันและกัน กล่าวคือ ถ่านปริมาณใด ๆ ไม่แตกต่างกับการไม่ใช้ถ่าน หรือทรีตเมนต์ถ่านทุกทรีตเมนต์ชะลอการสุกไม่ได้ ยกเว้นทรีตเมนต์ถ่านที่ 50,000 เท่า แสดงค่าการชะลอการเปลี่ยนแปลงสี L^* เนื้อผลในวันที่ 6 ถึงวันที่ 26 ของการเก็บรักษา, ชะลอการเปลี่ยนแปลงสี a^* เนื้อผลในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา แต่ก็ไม่ชัดเจนเพราะปรากฏวันเดียว และชะลอการเปลี่ยนแปลงสี b^* เนื้อผลในวันที่ 6 และ 11 ของการเก็บรักษา

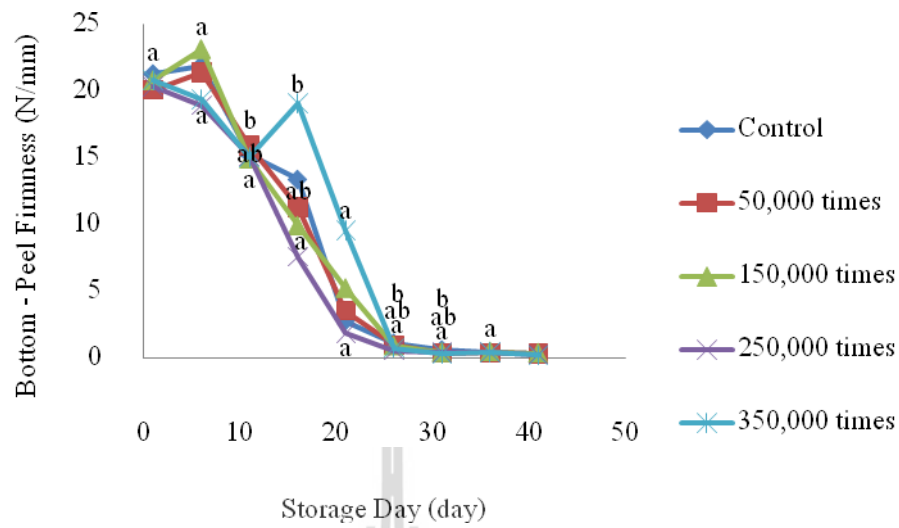
สรุปในขั้นการทดลอง นี้ได้ 2 ประการว่า ถ่านกัมมันต์ที่ปริมาณใด ๆ (ยกเว้นที่ได้แสดงเป็นข้อสงสัยได้ยกเว้นไว้เรื่องปริมาณถ่านที่ 50,000 เท่า) ไม่สามารถชะลอการสุกได้ และ อีกประการหนึ่งคือค่าสีระหว่างการสุกอาจใช้แยกความแตกต่างระหว่างการสุกไม่ได้ จึงไม่แสดงความแตกต่าง จึงจำต้องใช้ค่าทางคุณลักษณะอื่นมาทดสอบ ร่วมเพื่อพิจารณาต่อไป (ในตอนสุดท้ายของการทดลองทั้งหมด พบว่าค่าสีสามารถใช้แยกการสุกได้ โดยเฉพาะกราฟข้อมูลในรูปที่ 4.57 แสดงความแตกต่างได้อย่างเด่นชัด แต่ที่ไม่เห็นความแตกต่างในที่นี้เพราะการทดลองที่ 2 นี้ ถ่านกัมมันต์ปริมาณใด ๆ ในการทดลอง ไม่ช่วยชะลอการสุกโดยปริยายใด ๆ)



รูปที่ 4.40 การลดลงของค่าความแน่นเนื้อผ่านเปลือก บริเวณใกล้ขั้วผล ในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา ตัวอักษรบนเส้นกราฟแสดงการจัดระดับสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% โดยเป็นการเทียบระหว่างทรีตเมนต์ในวันต่อวัน (ดูเพิ่มเติมในตารางภาคผนวกที่ 28)



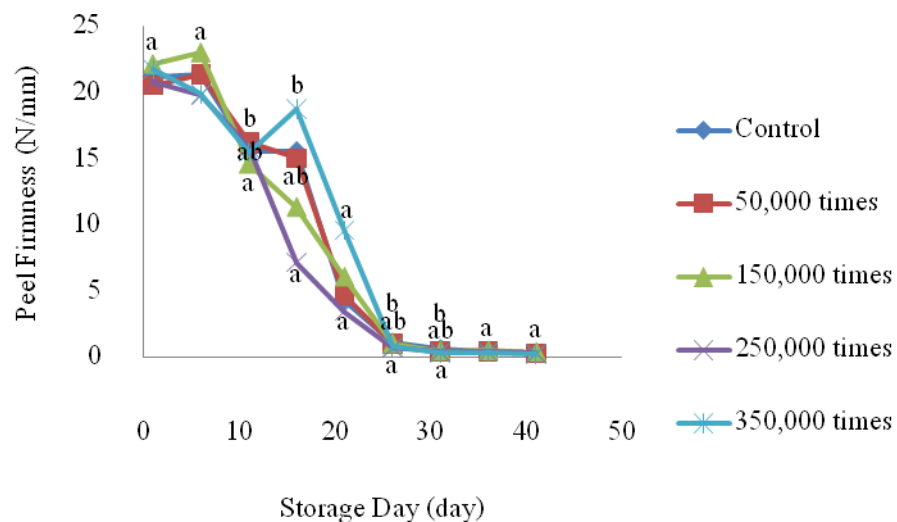
รูปที่ 4.41 การลดลงของค่าความแน่นเนื้อผ่านเปลือก บริเวณกลางผล ในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา ตัวอักษรบนเส้นกราฟแสดงการจัดระดับสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% โดยเป็นการเทียบระหว่างทรีตเมนต์ในวันต่อวัน (ดูเพิ่มเติมในตารางภาคผนวกที่ 29)



รูปที่ 4.42 การลดลงของค่าความแน่นเนื้อผ่านเปลือก บริเวณใกล้ปลายผล ในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา ตัวอักษรบนเส้นกราฟแสดงการจัดระดับสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% โดยเป็นการเทียบระหว่างทรีตเมนต์ในวันต่อวัน (ดูเพิ่มเติมในตารางภาคผนวกที่ 30)

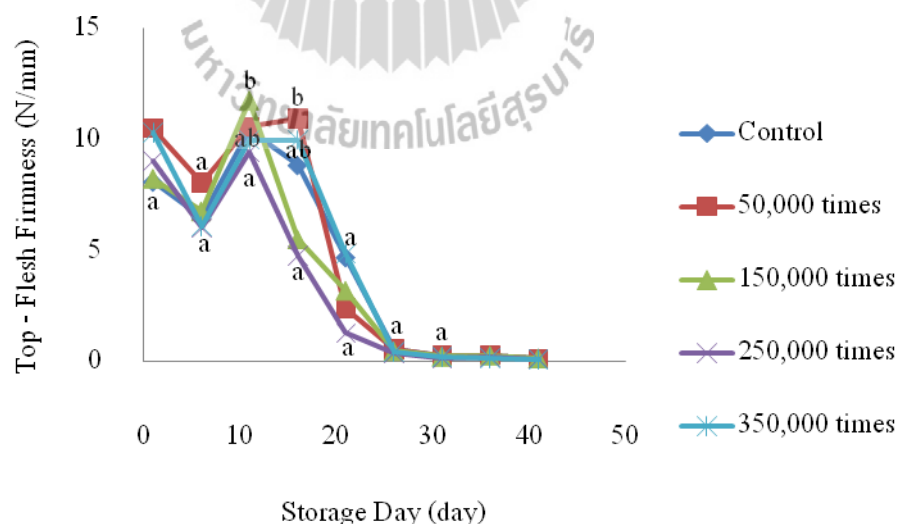
ตารางที่ 4.11 ค่าการทดสอบโอโมจินิติของความแน่นเนื้อผ่านเปลือกที่ตำแหน่งต่าง ๆ

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Peel Firmness - Top	1.938	4	670	0.103
Peel Firmness - Middle	0.652	4	670	0.625
Peel Firmness - Bottom	0.847	4	670	0.496

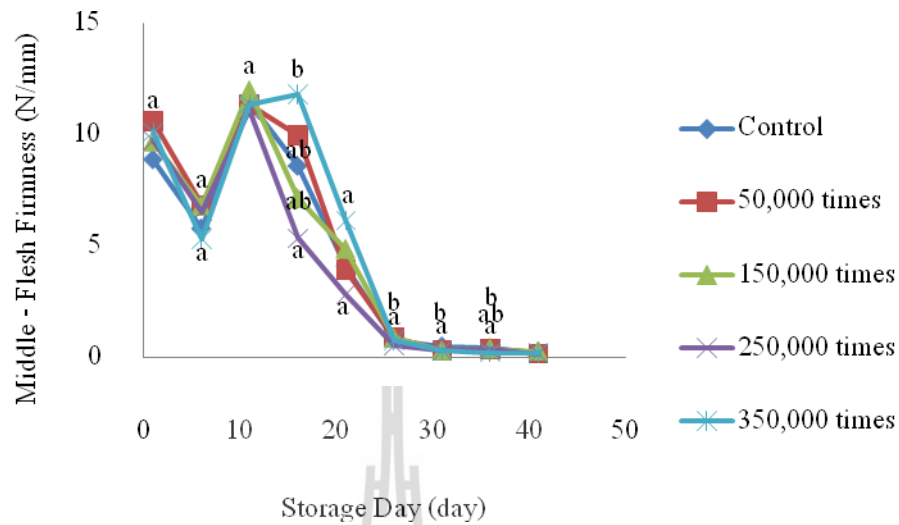


รูปที่ 4.43 การลดลงของค่าความแน่นเนื้อผ่านเปลือกเฉลี่ยทั้ง 3 ตำแหน่งในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา ตัวอักษรบนเส้นกราฟแสดงการจัดระดับสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% โดยเป็นการเทียบระหว่างทรีตเมนต์ในวันต่อวัน (ดูเพิ่มเติมในตารางภาคผนวกที่ 31)

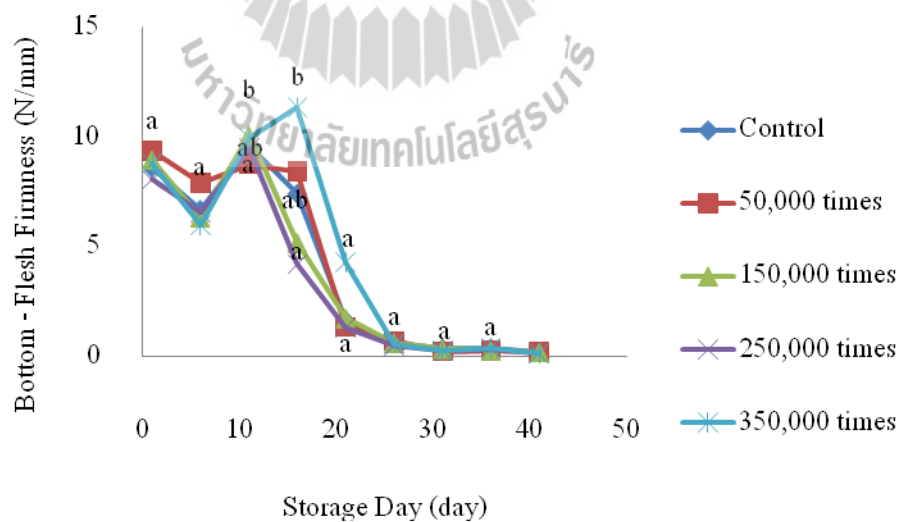
ก ความแน่นเนื้อที่ใกล้ขั้วผล กลางผล และใกล้ปลายผล (รูปที่ 4.44, 4.45 และ 4.46) และค่าเฉลี่ยรวมในทุกตำแหน่งการวัด (รูปที่ 4.47) พบว่า ค่าความแน่นเนื้อทั้ง 3 ตำแหน่ง มีการลดผิดปกติในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา คาดว่าเป็นความผิดปกติจากเครื่องมือ เนื่องจากไม่มีเหตุผลใดที่จะเกิดปรากฏการณ์ที่ทำให้ค่าที่วัดได้ตกไปพร้อมกันทุกทรีตเมนต์และทุกตำแหน่งการวัด จึงให้งดการพิจารณาในวันที่ 6 ของการเก็บรักษาในทุกตำแหน่งการวัดค่า จากนั้นวันที่ 11 ของการเก็บรักษา พบว่าค่าความแน่นเนื้อของมะม่วงในทรีตเมนต์ที่ปริมาณถ่านกัมมันต์ 150,000 เท่า มีค่ามากและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทั้งบริเวณใกล้ขั้วผล กลางผล และใกล้ปลายผล แต่ก็พบเพียงวันเดียวตลอดช่วงการเก็บรักษาทั้งหมด จึงไม่อาจกล่าวถึงความสามารถในการชะลอการสุกที่สำคัญแปลกไปจากทรีตเมนต์อื่น นอกจากนี้ ความแน่นเนื้อในวันเก็บรักษาที่ 16 และ 21 ที่ปรากฏในทรีตเมนต์ปริมาณถ่าน 350,000 เท่ามีค่าสูงและต่ำในทรีตเมนต์ปริมาณถ่าน 250,000 อย่างมีนัยสำคัญเป็นธรรมดาที่ความแน่นเนื้อของมะม่วงผลหนึ่ง ๆ จะมีความสอดคล้องไปกับความแน่นเนื้อผ่านเปลือก ฉะนั้นจึงจะอธิบายเป็นข้อสงสัยเหตุผลเช่นเดียวกันกับที่อธิบายในรูปที่ 4.40-4.43



รูปที่ 4.44 การลดลงของค่าความแน่นเนื้อบริเวณใกล้ขั้วผล ในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา ตัวอักษรบนเส้นกราฟแสดงการจัดระดับสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% โดยเป็นการเทียบระหว่างทรีตเมนต์ในวันต่อวัน (ดูเพิ่มเติมในตารางภาคผนวกที่ 32)



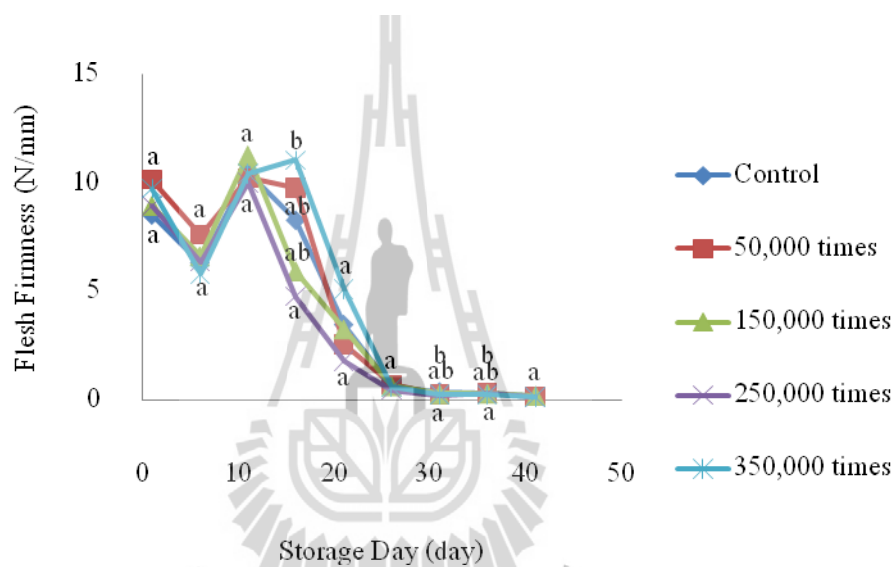
รูปที่ 4.45 การลดลงของค่าความแน่นเนื้อ บริเวณกลางผล ในทริตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา ตัวอย่างบนเส้นกราฟแสดงการจัดระดับสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% โดยเป็นการเทียบระหว่างทริตเมนต์ในวันต่อวัน (ดูเพิ่มเติมในตารางภาคผนวกที่ 33)



รูปที่ 4.46 การลดลงของค่าความแน่นเนื้อ บริเวณใกล้ปลายผล ในทริตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา ตัวอย่างบนเส้นกราฟแสดงการจัดระดับสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% โดยเป็นการเทียบระหว่างทริตเมนต์ในวันต่อวัน (ดูเพิ่มเติมในตารางภาคผนวกที่ 34)

ตารางที่ 4.12 ค่าการทดสอบไฮโมจินิติของความแน่นเนื้อที่ตำแหน่งต่าง ๆ

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Peel Firmness - Top	1.274	4	670	0.279
Peel Firmness - Middle	0.813	4	670	0.517
Peel Firmness - Bottom	0.609	4	670	0.656



รูปที่ 4.47 การลดลงของค่าความแน่นเนื้อเฉลี่ยทั้ง 3 ตำแหน่งในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา ตัวอักษรบนเส้นกราฟแสดงการจัดระดับสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% โดยเป็นการเทียบระหว่างทรีตเมนต์ในวันต่อวัน (ดูเพิ่มเติมในตารางภาคผนวกที่ 35)

สามารถสรุปในขณะนี้ได้ว่า ยังไม่พบว่าทรีตเมนต์ใดแสดงแนวโน้มที่จะยืนยันความสามารถของทรีตเมนต์คนได้อย่างชัดเจนว่ามีความสามารถในการชะลอการสุกอย่างแตกต่างจากกลุ่มควบคุม สำหรับการเกิดความต่างอย่างมีนัยสำคัญสำหรับบางวันในบางทรีตเมนต์นั้น คาดว่าเป็นความแปรปรวนของวัตถุดิบตัวอย่าง เพราะถึงแม้ว่าเกิดความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ก็เกิดเพียงจุดหรือสองจุด แต่ค่าทางคุณลักษณะอื่น ๆ ของทรีตเมนต์นั้นกลับไม่ได้แสดงแนวโน้มที่จะร่วมยืนยันได้ ทว่ายังไม่ตัดประเด็นข้อสังเกตใด ๆ ออกไป ให้พิจารณาค่าคุณลักษณะทางเคมี ดังจะได้อธิบายรายละเอียดต่อไป

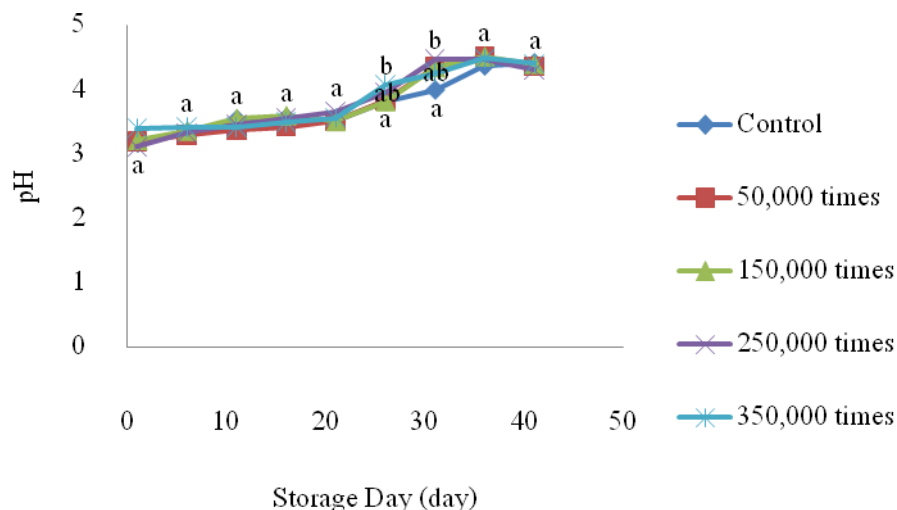
4.2.4 ค่าความเป็นกรดต่าง (pH)

มะม่วงในชุดทดลองนี้แสดงค่าความเป็นกรดต่างตามระยะเวลาการเก็บรักษาตามรูปที่ 4.48 โดยมีค่า pH ก่อนข้างคงตัวตั้งแต่วันแรกของการเก็บรักษาจนถึงประมาณวันที่ 21 แล้วจึงมีค่าเพิ่มขึ้น (ความเป็นกรดลดลง) ซึ่งวันที่ 21 มีข้อน่าสังเกตสำหรับค่าทางคุณลักษณะอื่น คือพบการพลิกกลับอย่างเด่นชัดของค่าสี a^* ของเนื้อผลในทุกตำแหน่ง และเป็นวันที่ค่าความแน่นเนื้อและความแน่นเนื้อผ่านเปลือก เริ่มลดต่ำลงมากใกล้ค่าที่จะเปลี่ยนแปลงได้อีกเล็กน้อย อาจใช้เป็นขั้นแสดงการเข้าสู่ระยะสุกพอดี

ในวันที่ 16 และ 21 ของการเก็บรักษา ที่มีข้อสงสัยในเรื่องความสามารถของทรีตเมนต์ปริมาณถ่าน 350,000 และ 250,000 การชะลอการสุกโดยชะลอหรือไม่ชะลอความแน่นเนื้อผ่านเปลือกและความแน่นเนื้อดังรูปที่ 4.40-4.43 และ 4.44-4.47 นั้น ค่า pH กลับไม่แสดงค่าความแตกต่างใด ๆ ด้วย โดยยังคงความสม่ำเสมอกับกลุ่มควบคุมและแก่กลุ่มทรีตเมนต์กันและกันเอง

ในวันที่ 26 ของการเก็บรักษา ค่า pH ของมะม่วงในทรีตเมนต์ถ่านกัมมันต์ 150,000 เท่า มีค่าน้อยที่สุด หรือยังคงความเปรี้ยวได้มาก ขณะที่ค่า pH ของมะม่วงในทรีตเมนต์ถ่านกัมมันต์ 350,000 เท่า มีค่าเพิ่มขึ้นสูง (ความเป็นกรดน้อยลงแล้ว) อย่างมีนัยสำคัญ และในวันที่ 31 ของการเก็บรักษา ค่า pH ของมะม่วงกลุ่มควบคุมมีค่าน้อยที่สุด หรือยังคงความเปรี้ยวได้มาก (ชะลอการสุกได้มาก) ขณะที่ค่า pH ของมะม่วงในทรีตเมนต์ถ่านกัมมันต์ 250,000 และ 50,000 เท่า มีค่าสูง (สุกไปมากกว่า) อย่างมีนัยสำคัญ

ในที่นี้ อาจยืนยันปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นได้ว่าเป็นความแปรปรวนที่ทรีตเมนต์ต่าง ๆ ให้ค่ามากกว่ากันบ้างแม้จะแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แต่ไม่สอดคล้องกับค่าทางคุณลักษณะอื่น และไม่แสดงแนวโน้มที่ฟังกล่าวได้ว่าทรีตเมนต์ใดชะลอการสุกได้ดีหรือแย่กว่ากัน กล่าวคือยังไม่สามารถกล่าวได้ว่าทรีตเมนต์ใดชะลอการสุกได้แตกต่างกัน

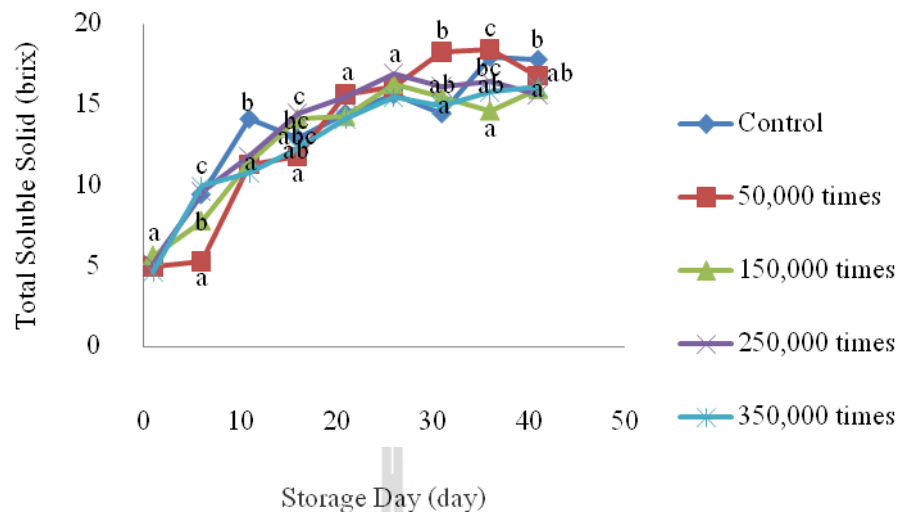


รูปที่ 4.48 การเพิ่มขึ้นของค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในทริตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา ตัวอย่างบนเส้นกราฟแสดงการจัดระดับสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% โดยเป็นการเทียบระหว่างทริตเมนต์ในวันต่อวัน (ดูเพิ่มเติมในตารางภาคผนวกที่ 36)

4.2.5 การวัดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (total soluble solids, TSS)

เมื่อมะม่วงสุกมากขึ้น ความแน่นของเนื้อจะลดลงซึ่งเกิดจากสารประกอบเพคติน (pectin compounds) ซึ่งมีโมเลกุลขนาดใหญ่ อยู่ในรูปโปรโตเพคติน (protopectin) ซึ่งไม่ละลายน้ำ เปลี่ยนรูปไปเป็นเพคติน (pectin) ซึ่งมีโมเลกุลขนาดเล็กลงและละลายน้ำได้ ทำให้ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้จึงเพิ่มสูงขึ้น (จริงแท้ ศิริพานิช, 2549; Ali et al., 1995)

พิจารณารูปที่ 4.49 จะพบค่าที่พึงถูกพิจารณาคือค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้จากน้ำคั้นมะม่วงในทริตเมนต์ของถ่านกัมมันต์ปริมาณ 50,000 เท่า ในวันที่ 6, 11 และ 16 ของการเก็บรักษา พบว่าต่ำ (ชะลอการสุก) กว่าทริตเมนต์อื่น ๆ อย่างเด่นชัดและมีนัยสำคัญ ต่อมาวันเก็บรักษาที่ 21 และ 26 ไม่พบทริตเมนต์ใด ๆ ให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ กระทั่งวันที่ 31 และ 36 ของการเก็บรักษา ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้จากน้ำคั้นมะม่วงในทริตเมนต์ของถ่านกัมมันต์ปริมาณ 50,000 เท่า กลับสูงขึ้น (หวานกว่าหรือสุกกว่า) ทว่าทริตเมนต์อื่น ๆ เมื่อจะขึ้นสูงสุดก่อนเน่าเสียก็ไม่มีทริตเมนต์ใดให้ค่าที่สูงเท่าสารละลายน้ำคั้นมะม่วงในทริตเมนต์ของถ่านกัมมันต์ปริมาณ 50,000 เท่า ฉะนั้นวันที่ 31 และ 36 ของการเก็บรักษาจึงยังไม่ควรยึดถือเป็นเหตุผล ถ้าจะมีค่าที่พิจารณาได้ก็ควรพิจารณาในวันที่ 6, 11 และ 16 ของการเก็บรักษา ว่าเป็นความสามารถของถ่านกัมมันต์ที่ปริมาณ 50,000 เท่าหรือไม่ แต่ค่าทางคุณลักษณะอื่น ๆ ที่จะสนับสนุนในทริตเมนต์ของถ่านกัมมันต์ปริมาณ 50,000 เท่านั้น ทั้งค่าสี L^* a^* b^* ความแน่นเนื้อผ่านเปลือก และค่าความแน่นเนื้อ ทั้งหมดนี้ที่ตำแหน่งใกล้ขั้วผล กลางผล หรือใกล้ปลายผลก็ตาม แม้ค่า pH และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ในรูปที่ 4.50 ก็ตาม ไม่ได้สนับสนุนข้อที่จะกล่าวได้ว่าทริตเมนต์ของถ่านกัมมันต์ปริมาณ 50,000 เท่า สามารถชะลอการสุกในช่วงต้นของการเก็บรักษา คือวันที่ 6, 11 และ 16 ได้เลย



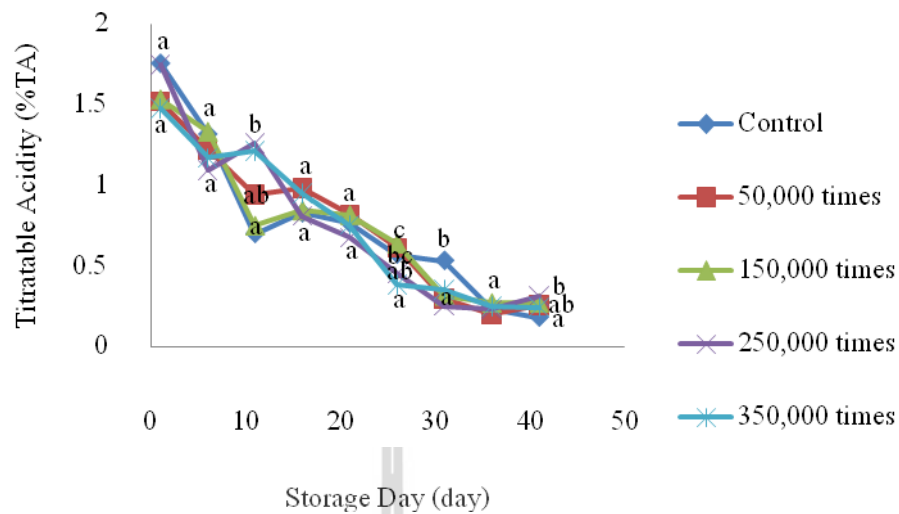
รูปที่ 4.49 การเพิ่มขึ้นของปริมาณของแข็ง ทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา ตัวอักษรบนเส้นกราฟแสดงการจัดระดับสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% โดยเป็นการเทียบระหว่างทรีตเมนต์ในวันต่อวัน (ดูเพิ่มเติมในตารางภาคผนวกที่ 37)

4.2.6 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้

ปริมาณสารละลายต่างมาตรฐานที่ใช้ไทเทรตถึงจุดยุติแสดงถึงปริมาณเนื้อกรดที่มีอยู่ในสารละลายน้ำคั้น ซึ่งในมะม่วงมีกรดมาลิก (malic acid) เป็นกรดที่แสดงอิทธิพลหรือกรดหลัก (predominant acid) มะม่วงที่ยังดิบจะมีปริมาณกรดมากกว่ามะม่วงสุก กรดที่หายไประหว่างการสุกถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานในกระบวนการหายใจระดับเซลล์

พิจารณารูปที่ 4.50 ค่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้แสดงความแตกต่างอย่างเด่นชัดและมีนัยสำคัญในวันที่ 11 ของการเก็บรักษา ทรีตเมนต์กลุ่มควบคุมและทรีตเมนต์ของถ่านกัมมันต์ปริมาณ 150,000 เท่าแสดงค่ากรดต่ำสุด (สุกไปมากกว่าทรีตเมนต์อื่น) และทรีตเมนต์ของถ่านกัมมันต์ปริมาณ 250,000 และ 350,000 เท่าแสดงค่ากรดสูงสุด (ชะลอการสุกมากกว่าทรีตเมนต์อื่น)

ในวันที่ 21 ของการเก็บรักษา มะม่วงในทรีตเมนต์ของถ่านกัมมันต์ปริมาณ 50,000 และ 150,000 เท่าแสดงค่ากรดสูงสุด (ชะลอการสุกได้ดี) ขณะที่มะม่วงในทรีตเมนต์ของถ่านกัมมันต์ปริมาณ 350,000 เท่ากลับแสดงค่ากรดต่ำสุด (สุกไปมาก) และในวันที่ 31 ของการเก็บรักษาพบว่ากลุ่มควบคุมกลับปรากฏว่ามีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้สูงที่สุด (แสดงการชะลอการสุกได้ดีที่สุด) แบ่งช่วงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากกลุ่มทรีตเมนต์ถ่านกัมมันต์โดยสิ้นเชิง



รูปที่ 4.50 การลดลงของปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ในทริตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา ตัวอักษรบนเส้นกราฟแสดงการจัดระดับสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% โดยเป็นการเทียบระหว่างทริตเมนต์ในวันต่อวัน (ดูเพิ่มเติมในตารางภาคผนวกที่ 38)

4.2.7 อัตราส่วนปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้

อัตราส่วนนี้บ่งชี้ถึงความหวานที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับเนื้อกรดที่ลดลง หากทริตเมนต์ในวันใดมีค่าอัตราส่วนปริมาณของแข็ง ทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ต่อ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ สูง อาจอนุมานได้ว่าผลมะม่วงในทริตเมนต์นั้นสุกไปมากกว่าหรือทริตเมนต์นั้นมีความสามารถในการชะลอการสุกได้ต่ำกว่า

พิจารณารูปที่ 4.51 ในวันที่ 6 และ 11 ของการเก็บรักษา ทริตเมนต์กลุ่มควบคุมแสดงค่าอัตราส่วน TSS/TA สูงอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งอาจเป็นการดีที่เป็นตามสมมติฐานว่า กลุ่มควบคุมควรมีความสามารถชะลอการสุกได้มากที่สุด ทว่าเมื่อถึงวันเก็บรักษาที่ 26 และ 31 กลุ่มควบคุมกลับแสดงค่าอัตราส่วน TSS/TA ต่ำกว่าทริตเมนต์อื่นอย่างชัดเจนและมีนัยสำคัญหรือถ่านกัมมันต์ปรากฏผลในการชะลอการสุกที่ต่ำกว่ากลุ่มควบคุมเสียอีก หรืออาจกล่าวปรากฏการณ์ที่แสดงในเห็นในกลุ่มควบคุมว่าสำหรับรูปที่ 4.51 ว่า ในช่วงแรก ๆ กลุ่มทริตเมนต์ถ่านกัมมันต์ปริมาณต่าง ๆ สามารถชะลอการสุกได้เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม แต่เมื่อเวลาผ่านไปเกิดการสุกในระดับหนึ่ง กลุ่มทริตเมนต์ถ่านกัมมันต์กลับทำให้การสุกเกิดมากกว่ากลุ่มควบคุม

ขณะที่ค่าอัตราส่วนของ TSS/TA ในน้ำคั้นมะม่วงในทริตเมนต์ปริมาณถ่านกัมมันต์ 50,000 เท่า ในวันที่ 6, 11 และ 16 มีค่าต่ำ แต่ในวันที่ 31 และ 36 กลับขึ้นไปสูงอย่างมีนัยสำคัญ หากพิจารณาเฉพาะในที่นี่อาจกล่าวได้ว่าในวันแรก ๆ ในช่วงก่อนการสุก มะม่วงในทริตเมนต์ปริมาณ

ถ่านกัมมันต์ 50,000 เท่า สามารถชะลอการสุกได้ดี แต่เมื่อผ่านการสุกไปแล้วระยะหนึ่ง คุณภาพกลับทวีความแย่กว่าทรีตเมนต์อื่น ๆ ทั้งหมด

ค่าอัตราส่วนของ TSS/TA ในน้ำคั้นมะม่วงในทรีตเมนต์ปริมาณถ่านกัมมันต์ 150,000 เท่า ของวันต่าง ๆ ในรูปที่ 4.51 แสดงค่าที่ค่อนข้างต่ำ ทั้งแนวโน้มและความที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ หากจะพิจารณาเฉพาะรูปที่ 4.51 นี้ ควรกล่าวว่าทรีตเมนต์ปริมาณถ่านกัมมันต์ 150,000 เท่า ชะลอการสุกได้ตลอดช่วงการเก็บรักษา

อย่างไรก็ตาม ค่า อัตราส่วนปริมาณของแข็ง ทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ต่อ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ เกิดจากผลหารของสองค่า หากแต่ละค่ามีความคลาดเคลื่อนอันเกิดจากความแปรปรวนจากวัตถุดิบของตนเองอยู่ (natural error) ผลที่ตัวเลขสองจำนวนนำมา คูณหรือหารกันย่อมเกิดความคลาดเคลื่อนสะสม (cumulative error) ขนาดใหญ่ยิ่งขึ้น วิธีแก้ไขปัญหาคือ ค่า อัตราส่วนปริมาณของแข็ง ทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ต่อ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ให้ใช้เป็นค่าเสริมหรือข้อสงสัย ยังไม่สามารถใช้เป็นหลักฐานได้ ให้กลับไปพิจารณาค่า ปริมาณของแข็ง ทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (รูปที่ 4.49) และค่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (รูปที่ 4.50) ทีละอย่าง

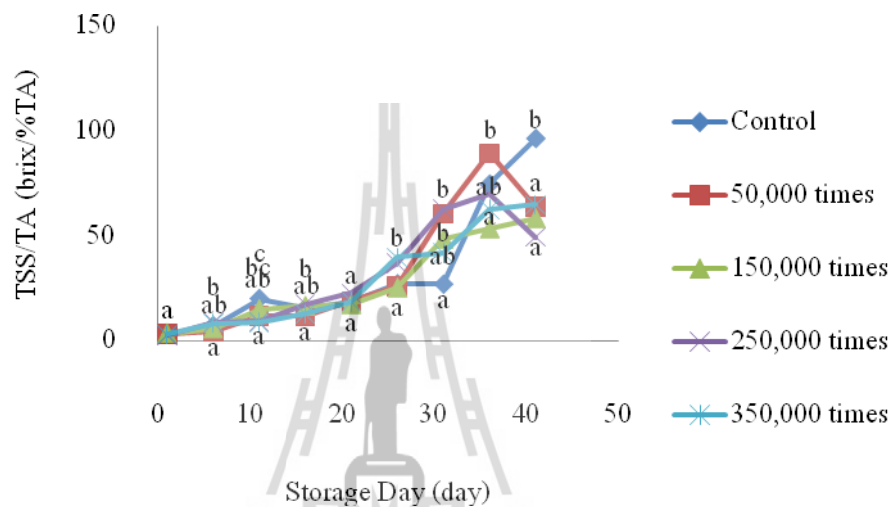
พิจารณารูปที่ 4.49 การเพิ่มขึ้นของปริมาณของแข็ง ทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS) และรูปที่ 4.50 การลดลงของปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA) ในกรณีของทรีตเมนต์กลุ่มควบคุม พบว่าวันเก็บรักษาที่ 6 และ 11 TSS มีค่าสูงแสดงการสุกไปมาก TA ต่ำก็แสดงการสุกไปมากเช่นกัน การให้ค่าอัตราส่วน TSS/TA สูง หรือมีการสุกไปมาก ก็เป็นการคล้อยตามกันทั้งสิ้น, ขณะที่วันเก็บรักษาที่ 26 และ 31 TSS มีค่าต่ำแสดงการสุกไปน้อยหรือชะลอการสุกได้ดีในช่วงวันนั้นและมีค่า TA สูงก็แสดงการชะลอการสุกได้ดีเช่นกัน การที่ค่าอัตราส่วน TSS/TA จะต่ำในช่วงวันเก็บรักษาที่ 26 และ 31 สำหรับทรีตเมนต์กลุ่มควบคุม ก็เป็นเรื่องสอดคล้องทางพีชคณิต

ต่อมาพิจารณารูปที่ 4.49 และ 4.50 ในทรีตเมนต์ปริมาณถ่านกัมมันต์ 50,000 เท่าอีกครั้ง ในวันเก็บรักษาที่ 6 และ 11 ค่า TSS ปรากฏว่าต่ำ อนุมานได้ว่าการชะลอการสุกได้ดีกว่า ทรีตเมนต์อื่น แต่ค่า TA พบว่า ตกในช่วงกลาง ๆ สำหรับวันนั้น เมื่อทำค่าอัตราส่วน TSS/TA แล้ว ก็สอดคล้องไปตามค่า TSS, ขณะที่วันเก็บรักษาที่ 31 และ 36 ของการเก็บรักษา ค่า TSS มีค่าสูงแสดงการสุกไปมาก และมีค่า TA ต่ำ สอดคล้องไปเช่นกัน จึงสมควรที่ค่าอัตราส่วน TSS/TA จะสูง หรือชะลอได้ไม่ดี จึงไม่มีข้อขัดแย้ง เพราะค่าที่ได้เป็นไปสอดคล้องกัน

จากนั้นพิจารณารูปที่ 4.49 และ 4.50 ในทรีตเมนต์ปริมาณถ่านกัมมันต์ 150,000 เท่า ค่าอัตราส่วน TSS/TA ในรูปที่ 4.51 พบว่าต่ำตลอดช่วงการเก็บรักษาซึ่งบ่งชี้ว่าน่าจะชะลอการสุกได้ดี เมื่อพิจารณาค่า TSS พบว่าเป็นค่าที่ค่อนข้างต่ำตลอดอายุการเก็บรักษา, เมื่อพิจารณาค่า TA พบการที่ค่าลดต่ำในวันที่ 11 หรือสุกไปมาก และค่าขึ้นสูงในวันที่ 26 หรือชะลอการสุกได้มาก เมื่อมีการทำเป็นอัตราส่วน ค่าทั้งหลายเหล่านี้ปรากฏว่าได้เป็นเส้นกราฟที่ค่อนข้างต่ำ ตามลักษณะของ

TSS

การที่มะม่วงทรีตเมนต์ใด มีทั้งค่า TSS, TA และ TSS/TA สันนิษฐานกันว่าสามารถชะลอการสุกได้น้อยหรือมากในวันใด ๆ นั้น ไม่สามารถกล่าวได้ว่าเป็นการยืนยันด้วยเหตุผลจาก 3 ค่าทางคุณลักษณะ เพราะเหตุว่าหากมะม่วงทรีตเมนต์วันใดดิบหรือสุกกว่ากันก็ตาม ค่า TSS, TA และ TSS/TA ของมะม่วงผลนั้น ๆ จะเป็นไปด้วยกันอยู่แล้ว



รูปที่ 4.51 การเปลี่ยนแปลงของค่าอัตราส่วนปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ต่อ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา ตัวอักษรบนเส้นกราฟแสดงการจัดระดับสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% โดยเป็นการเทียบระหว่างทรีตเมนต์ในวันต่อวัน (ดูเพิ่มเติมในตารางภาคผนวกที่ 39)

ดังที่ได้กล่าวไปแล้วว่า ค่าทางคุณลักษณะใดที่ปรากฏว่าชะลอได้ดีหรือแย่เพียงวันหรือสองวัน แต่ค่าทางคุณลักษณะอื่น ๆ เช่นสีเปลือก สีเนื้อ ความแน่นเนื้อผ่านเปลือกและความแน่นเนื้อ ที่ตำแหน่งต่าง ๆ หาได้ตอบสนองสนับสนุนค่าทางคุณลักษณะนั้นไม่ และค่าทางคุณลักษณะนั้นก็มิได้ปรากฏแนวโน้มที่จะยืนยันอิทธิพลของปัจจัยที่มีต่อหน่วยทดลองในทรีตเมนต์ตน และผลการทดลองของค่าทางคุณลักษณะอื่น ๆ (ที่มีใช้ค่าที่จะเป็นไปตามกันอย่าง TSS, TA และ TSS/TA) ก็มิได้คล้อยตามกัน ซ้ำยังแสดงความคิดที่ค่าทั้งหลายนั้นไม่ได้แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

พิจารณาตัวอย่างแสดงลักษณะปรากฏของมะม่วงในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ที่ปรากฏในวันที่ 16, 33 และ 45 ของการเก็บรักษา ดังรูปที่ 4.52-4.54 ตามลำดับ



รูปที่ 4.52 สภาพผลมะม่วงในวันที่ 16 ของการเก็บรักษา ผลที่ 1-3 เป็นหน่วยทดลองของกลุ่มควบคุม ผลที่ 4-6, 7-9, 10-12 และ 13-15 เป็นหน่วยทดลองในทริตเมนต์ถ่านกัมมันต์ 50,000 150,000 250,000 และ 350,000 เท่าตามลำดับ



รูปที่ 4.53 สภาพผลมะม่วงในวันที่ 21 ของการเก็บรักษา ผลที่ 1-3 เป็นหน่วยทดลองของกลุ่มควบคุม ผลที่ 4-6, 7-9, 10-12 และ 13-15 เป็นหน่วยทดลองในทริตเมนต์ถ่านกัมมันต์ 50,000 150,000 250,000 และ 350,000 เท่าตามลำดับ



รูปที่ 4.54 สภาพผลมะม่วงในวันที่ 33 ของการเก็บรักษา ผลที่ 1-3 เป็นหน่วยทดลองของกลุ่มควบคุม ผลที่ 4-6, 7-9, 10-12 และ 13-15 เป็นหน่วยทดลองในทริตเมนต์ถ่านกัมมันต์ 50,000 150,000 250,000 และ 350,000 เท่าตามลำดับ

การทดลองที่ 2 เพื่อศึกษาอิทธิพลของปริมาณถ่านกัมมันต์โดยเทียบอัตราส่วนพื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์ต่อพื้นที่ผิวผลมะม่วง 50,000 150,000 250,000 และ 350,000 เท่า โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ $13 \pm 1^{\circ}\text{C}$ $95 \pm 2\% \text{rh}$. ในการชะลอการสุกของมะม่วงน้ำดอกไม้ พบว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับกลุ่มควบคุม แม้จะปรากฏความแตกต่างในบางทริตเมนต์ก็มิได้แสดงแนวโน้มและค่าทางคุณลักษณะอื่นสำหรับทริตเมนต์ที่แสดงความแตกต่างมากกว่าหรือน้อยกว่าบ้างก็มิได้สอดคล้องเพื่อที่จะสรุปความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญอย่างไรได้ หรืออาจกล่าวอีกนัยหนึ่งว่าปริมาณถ่านกัมมันต์ตามแผนการทดลองที่ 2 นี้ไม่ให้ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญใดกับกลุ่มควบคุมและแก่กันและกันเอง ทั้งแนวโน้มของค่าและค่านัยสำคัญทางสถิติ

จากการพิจารณาค่าทางคุณลักษณะรวมพบว่า ระยะเวลาที่สามารถยืดได้ในช่วงดิบถึงสุก และสุกจนกระทั่งเน่าเสียของการทดลองที่ 1 เก็บรักษามะม่วงได้มากกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ $27 \pm 1^{\circ}\text{C}$ $65 \pm 5\% \text{rh}$. และการทดลองที่ 2 เก็บรักษามะม่วงน้ำดอกไม้ในสภาวะเก็บรักษาด้วยความเย็นและถ่านกัมมันต์ ที่อุณหภูมิ $13 \pm 1^{\circ}\text{C}$ $95 \pm 2\% \text{rh}$. อยู่ที่ประมาณวันที่ 5-6 และ 20-21 ตามลำดับ พบว่าที่อุณหภูมิ $13 \pm 1^{\circ}\text{C}$ $95 \pm 2\% \text{rh}$. ว่าสามารถยืดอายุการสุกได้ 15 วัน โดยค่าทางคุณลักษณะต่าง ๆ ที่ปริมาณถ่านดังกล่าวไม่มีแนวโน้มที่จะยืนยันความแตกต่างและนัยสำคัญ

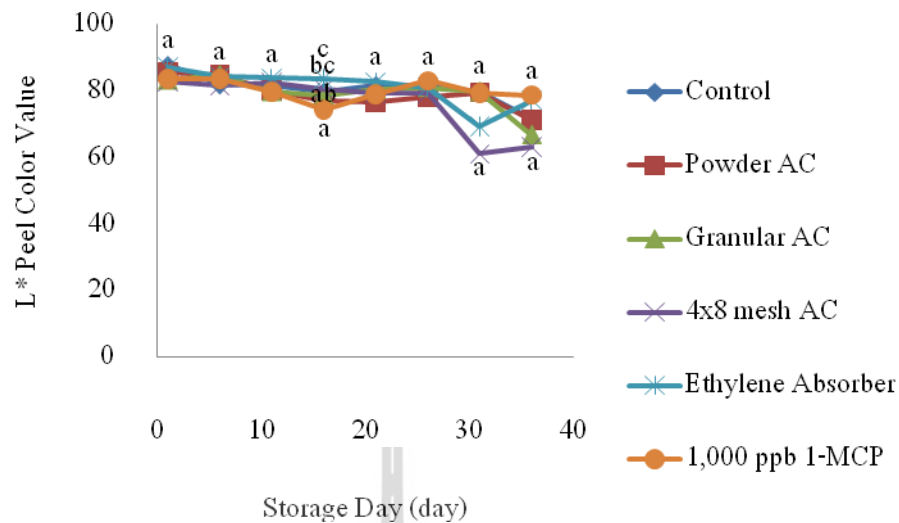
4.3 ผลการทดลองที่ 3 การศึกษาการชะลอการสุกของมะม่วงน้ำดอกไม้ด้วยถ่านกัมมันต์ โดยเทียบกับสารดูดซับเอทิลีนทางการค้า และ 1-Methylcyclopropene

4.3.1 การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและสีเนื้อมะม่วง

จากผลการทดลองที่ 1 และ 2 ค่าสีเปลือก หรือสีเนื้อ ได้แสดงให้เห็นว่า ที่ตำแหน่ง โกล้ขั้วผล กลางผล และโกล้ปลายผล ไม่ได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ในการทดลองที่ 3 นี้ จึงจะวัดสีด้วยกระบวนการภาพถ่าย (image processing) ที่ตำแหน่งกลางผลเท่านั้น โดยบันทึกภาพ ด้วยกล้องดิจิทัล ซึ่งกำหนดค่าแสงและระยะกล้องให้คงที่สำหรับการถ่ายภาพผลทุกรูป และไม่ใช้ แสงแฟลช การถ่ายภาพแต่ละผลประกอบด้วยถ่ายภาพผลทั้งเปลือก และเนื้อที่ปอกแล้ว

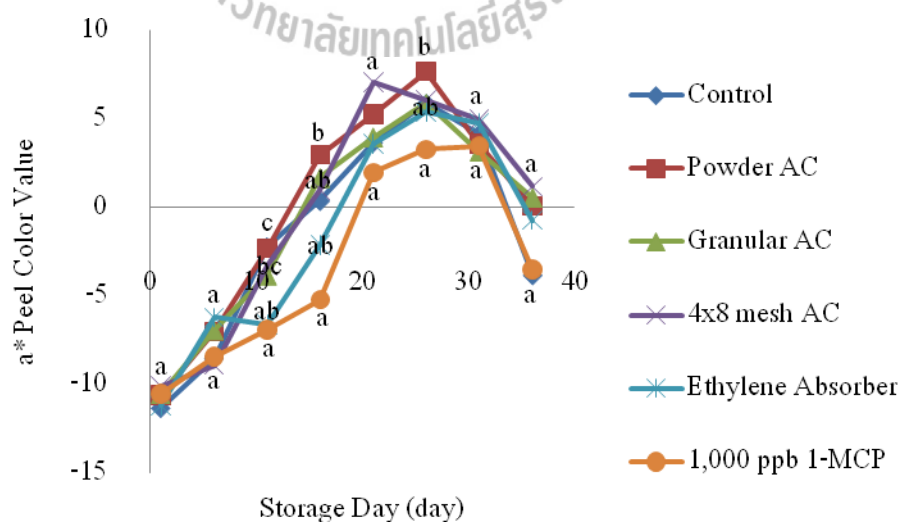
ด้วยเหตุที่แสงจากแหล่งกำเนิดแตกต่างกัน แสงจากหลอดไฟทดลองทดลองในการ ทดลองที่ 3 กับแสงจากแหล่งกำเนิดแสงของเครื่องวัดสีในการทดลองที่ 1 และ 2 ย่อมต่างกัน จึงไม่ ควรเทียบว่ามากน้อยกว่ากัน นอกจากนี้การทดลองที่ 3 เป็นมะม่วงคนละปี คนละชุดการผลิต (lot) กับปีก่อน ฉะนั้น การทดลองที่ 1 และ 2 ในปี 2554 และการทดลองที่ 3 ในปี 2555 ตรีตเมนต์ในปี เดียวกันสามารถเทียบกันเองได้ แต่ไม่ควรเทียบเอาค่าตัวเลขข้ามชุดการทดลอง

ค่าสี L^* ที่เปลือกบริเวณกลางผลในตรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา (รูป ที่ 4.55) พบว่ามีค่าที่ประมาณ 80 และลดลงเรื่อย ๆ ตามข้อมูลได้แสดงให้เห็นว่าพบความแตกต่าง อย่างมีนัยสำคัญในวันเก็บรักษาที่ 16 โดยตรีตเมนต์ 1,000 ppb 1-MCP มีค่าต่ำที่สุด (แสดงการสุก ไปมากที่สุด) แต่ตรีตเมนต์การใช้สารดูดซับเอทิลีนทางการค้า ยังคงค่าสูงที่สุด (ชะลอการลดลงของ ค่าความสว่างได้ดีที่สุด) และในวันเก็บรักษาที่ 31 และ 36 พบช่วงต่างของค่า L^* ที่เปลือก อย่างมาก พิจารณาดังภาพ ทว่าเป็นปริมาณที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ $P < 0.05$



รูปที่ 4.55 การเปลี่ยนแปลงค่าสี L* ที่เปลือกบริเวณกลางผลในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา ตัวอักษรบนเส้นกราฟแสดงการจัดระดับสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% โดยเป็นการเทียบระหว่างทรีตเมนต์ในวันต่อวัน (ดูเพิ่มเติมในตารางภาคผนวกที่ 40)

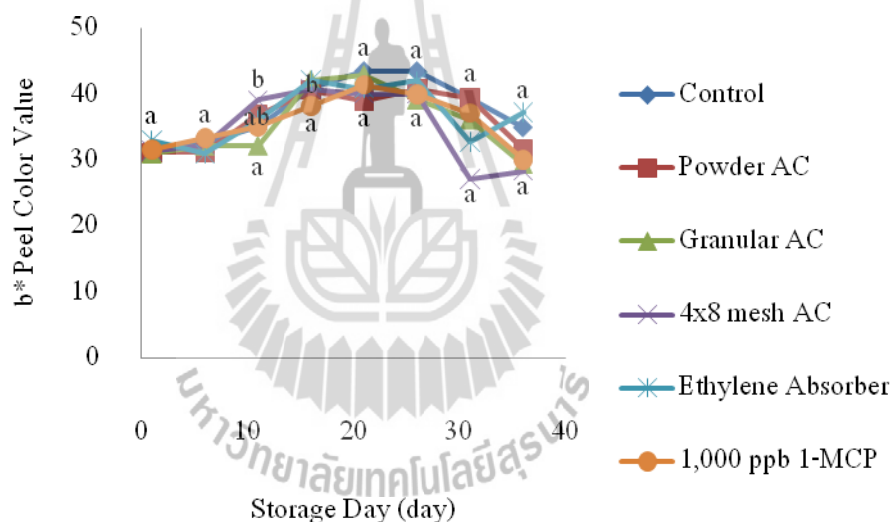
พิจารณารูปที่ 4.56 ค่าสี a* (แนวโน้มสีเขียว-แดง) ที่เปลือกบริเวณกลางผลในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา ปริมาณค่าที่สูง (สูญเสียสีเขียวมากกว่า) ปรากฏในทรีตเมนต์ถ่านกัมมันต์แบบผง และถ่านกัมมันต์แบบเกล็ด 4x8 mesh ขณะที่ทรีตเมนต์ 1,000 ppb 1-MCP จะลดการสูญเสียสีเขียวได้อย่างชัดเจนดังปรากฏในเส้นกราฟ



รูปที่ 4.56 การเปลี่ยนแปลงค่าสี a* ที่เปลือกบริเวณกลางผลในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา ตัวอักษรบนเส้นกราฟแสดงการจัดระดับสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% โดยเป็นการ

เทียบระหว่างทรีตเมนต์ในวันต่อวัน (ดูเพิ่มเติมในตารางภาคผนวกที่ 41)

ค่าสี b^* (แนวโน้มสีน้ำเงิน-เหลือง หรือค่าสีเหลืองที่เพิ่มขึ้น) ของเปลือกที่เปลี่ยนแปลงไป (รูปที่ 4.57) พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในวันที่ 11 และ 16 ของการเก็บรักษา โดยในวันที่ 11 ทรีตเมนต์ของถ่านกัมมันต์แบบแกรนูล แสดงค่าความเหลืองต่ำที่สุดหรือชะลอการเหลืองได้ดีที่สุด แต่เปลือกมะม่วงในทรีตเมนต์ของถ่านกัมมันต์แบบเกล็ด 4x8 mesh แสดงความเหลืองมากที่สุด ขณะที่ทรีตเมนต์อื่นนอกจากทรีตเมนต์ถ่านกัมมันต์แบบแกรนูลและเกล็ด 4x8 mesh ยังคงค่าเกาะกลุ่มอยู่กลางพิสัย ถัดมาในวันที่ 16 ของการเก็บรักษา มะม่วงในทรีตเมนต์ 1,000 ppb 1-MCP แสดงค่าความเหลืองน้อยที่สุด แต่ทรีตเมนต์อื่นก็แสดงค่าทางสถิติสูงขึ้นไปอีกระดับทั้งสิ้น



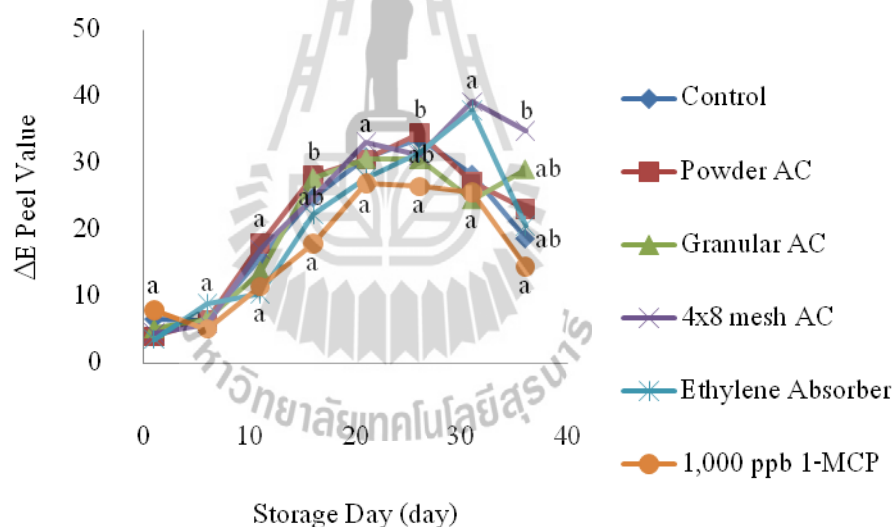
รูปที่ 4.57 การเปลี่ยนแปลงค่าสี b^* ที่เปลือกบริเวณกลางผลในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา ตัวอักษรบนเส้นกราฟแสดงการจัดระดับสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% โดยเป็นการเทียบระหว่างทรีตเมนต์ในวันต่อวัน (ดูเพิ่มเติมในตารางภาคผนวกที่ 42)

มะม่วงที่ได้รับการคัดเลือกความบริบูรณ์ (mature) และความสุก (ripeness) แล้วก็ตาม เป็นธรรมดาที่จะพบความแปรปรวนได้โดยอาจมีการแสดงค่าที่สูงต่ำทั้งแบบมีนัยสำคัญและไม่มีความสำคัญในบางจุด แต่ค่าที่แสดงอิทธิพลของทรีตเมนต์อย่างเด่นชัดดังทรีตเมนต์ 1,000 ppb 1-MCP การเปลี่ยนแปลงค่าสี a^* ในรูปที่ 4.56 ก็เป็นค่าที่พึงสังเกตว่าหาใช่ความแปรปรวนของตัวอย่างไม่ แต่เป็นการแสดงอิทธิพลที่เด่นชัดว่าเกิดจากปัจจัยของ 1-MCP อย่างไรก็ตาม ให้

พิจารณาค่าอื่น ๆ ร่วมดังจะได้แสดงต่อไป

การ เปลี่ยนแปลงค่าสีในลักษณะ Delta E เกิดจากผลของรากที่สองของผลรวมของผลต่างของแต่ละ L^* , a^* และ b^* เทียบกับวันเริ่มแรกยกกำลังสอง กล่าวคือ ค่า Delta E นั้นเกิดจากค่ารวมของสีทั้งสามหน่วย ช่วยลดความแปรปรวนอันมาจากการพิจารณาค่า L^* a^* หรือ b^* หน่วยสีใดสีหนึ่ง พิจารณารูปที่ 4.58 แสดงค่าการเปลี่ยนแปลงค่าสี Delta E เปลือกในทรีตเมนต์ต่าง ๆ จะเห็นว่าช่วงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $LSD_{0.05}$ ดังปรากฏอักษร a, ab และ b นั้น แสดงให้เห็นในวันที่ 16, 26 และ 36 ของการเก็บรักษา

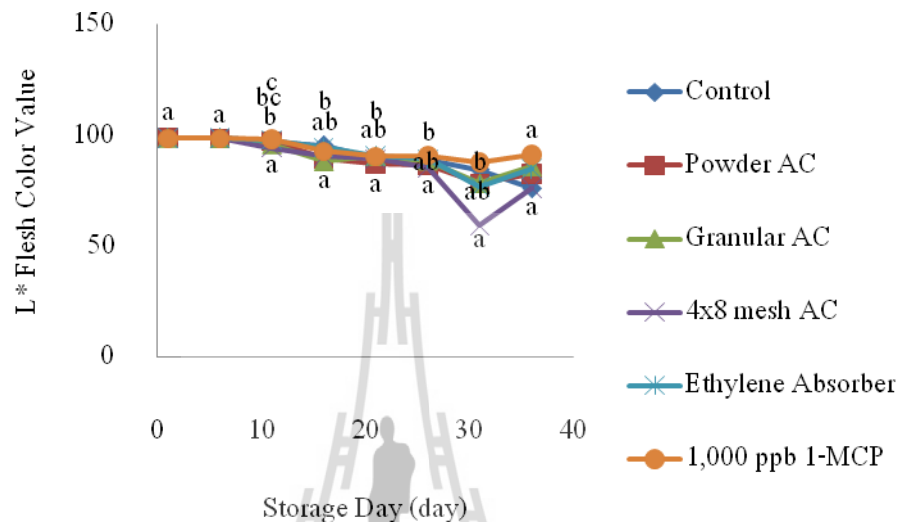
ในวันเก็บรักษาที่ 16, 26 และ 36 ทรีตเมนต์ 1,000 ppb 1-MCP มีค่าการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ขณะที่ค่าการเปลี่ยนแปลงสีที่สูงแบ่งช่วงอย่างมีนัยสำคัญนั้นปรากฏในทรีตเมนต์ถ่านกัมมันต์แบบผงในวันที่ 16 และ 26 และในทรีตเมนต์ของถ่านกัมมันต์แบบเกล็ด 4x8 mesh ในวันที่ 36 ของการเก็บรักษา



รูปที่ 4.58 การเปลี่ยนแปลงของค่าสี Delta E ที่เปลือกบริเวณกึ่งกลางผลในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา ตัวอักษรบนเส้นกราฟแสดงการจัดระดับสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% โดยเป็นการเทียบระหว่างทรีตเมนต์ในวันต่อวัน (ดูเพิ่มเติมในตารางภาคผนวกที่ 43)

เมื่อได้พิจารณาการเปลี่ยนแปลงของค่าสี Delta E ที่เปลือกแล้ว ลำดับต่อมาจะได้พิจารณาสีเนื้อ รูปที่ 4.59 ในทรีตเมนต์ของถ่านกัมมันต์แบบเกล็ด 4x8 mesh มีค่าที่ต่ำอย่างเด่นชัดในวันที่ 31 และ 36 ของการเก็บรักษา และหากไม่พิจารณาวันที่ 31 และ 36 ของการเก็บรักษาแล้วพบว่าทรีตเมนต์ต่าง ๆ มีค่าค่อนข้างเกาะกลุ่มกัน ถึงจะมีความแตกต่างในแต่ละวันอย่างมีนัยสำคัญก็

ตาม แต่ปรากฏเป็นช่วงต่างที่น้อย แม้ว่าทริตเมนต์ 1,000 ppb 1-MCP จะแสดงค่าที่สูงกว่าทริตเมนต์อื่นในทุกวันเก็บรักษา

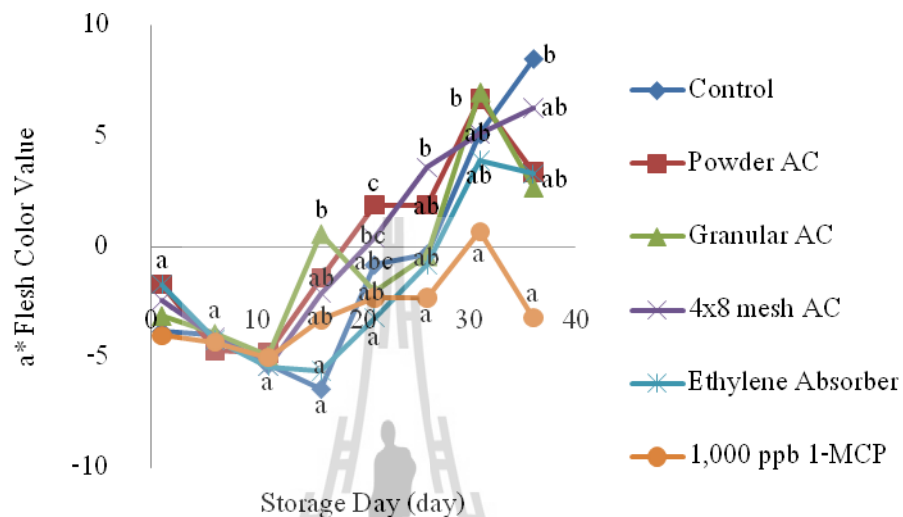


รูปที่ 4.59 การเปลี่ยนแปลงค่าสี L^* ที่เนื้อบริเวณกลางผลในทริตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา ตัวอักษรบนเส้นกราฟแสดงการจัดระดับสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% โดยเป็นการเทียบระหว่างทริตเมนต์ในวันต่อวัน (ดูเพิ่มเติมในตารางภาคผนวกที่ 44)

การเปลี่ยนแปลงค่าสี a^* ที่เนื้อผลในชุดการผลิตนี้ (รูปที่ 4.60) กลับไม่แสดงเส้นรูปพาราโบลาเหมือนการทดลองที่ 2 (รูปที่ 4.31, 4.32 และ 4.33) เหตุผลที่อาจเป็นไปได้คือ ทริตเมนต์ของถ่านกัมมันต์ที่ได้ทำการทดลองนั้นมีชนิดแตกต่างกัน หรืออาจเพราะเกิดจากความแปรปรวนของตัวอย่างในปีการทดลองนี้เองเหมือนดังเช่นบางค่าทางคุณลักษณะที่พบได้บ้าง แต่ประการสำคัญที่พึงตระหนักอีกประการหนึ่งคือความแตกต่างของอายุความบริบูรณ์ของตัวอย่างที่คัดเลือกมา ในการทดลองที่ 2 ใช้มะม่วงน้ำดอกไม้สุกอายุความบริบูรณ์เต็มที่แต่ยังเขียว (100% mature green) แต่การทดลองนี้เลือกใช้มะม่วงอายุความบริบูรณ์ที่ 85% อาจทำให้ค่าทางคุณลักษณะบางอย่างแสดงออกมาแตกต่างกัน

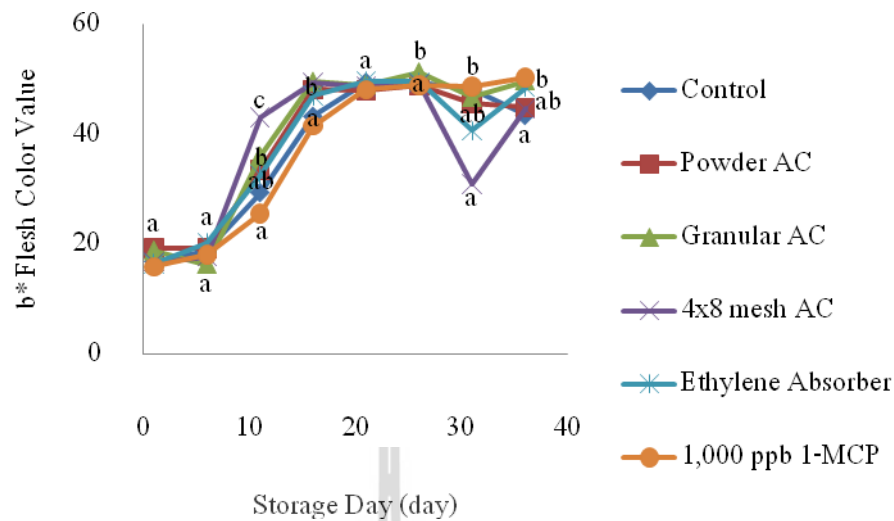
รูปที่ 4.60 แสดงการกระจายตัวอย่างไม่เป็นระเบียบ ทริตเมนต์ที่ค่อนข้างเป็นไปได้ในระดับสถิติเดียวกันคือค่าจากทริตเมนต์ถ่านกัมมันต์ประเภทผงและประเภทเกล็ด 4x8 mesh ค่าค่อนข้างขึ้นไปสูง เมื่อเทียบกับทริตเมนต์กลุ่มควบคุมและสารดูดซับเอทิลีนทางการค้าที่มีการลดลงของค่าถึงประมาณ -7 ในวันเก็บรักษาที่ 16 แล้วจึงเพิ่มสูงขึ้น ขณะที่ถ่านกัมมันต์ประเภทแกรนูล ไม่

สมควรถูกพิจารณาในรูปที่ 4.60 นี้ ด้วยเหตุว่าน่าจะเกิดผลจากความแปรปรวนบางอย่างในวันที่ 16 ของการเก็บรักษา นอกจากนี้ภาพจากกราฟพบว่ามีความแปรปรวนก็ตาม ถึงกระนั้นค่าที่ได้จากทรีดเมนต์ 1,000 ppb 1-MCP มีที่ยังคงแสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงที่ต่ำกว่าทรีดเมนต์อื่นทั้งหมด



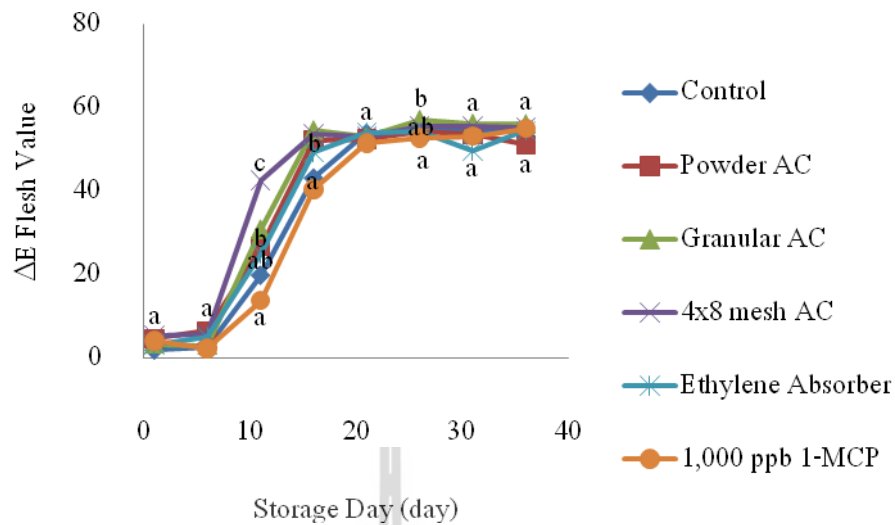
รูปที่ 4.60 การเปลี่ยนแปลงค่าสี a^* ที่เนื้อบริเวณกลางผลในทรีดเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา ตัวอักษรบนเส้นกราฟแสดงการจัดระดับสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% โดยเป็นการเทียบระหว่างทรีดเมนต์ในวันต่อวัน (ดูเพิ่มเติมในตารางภาคผนวกที่ 45)

ค่าการเปลี่ยนแปลงสีเหลืองของเนื้อผล (รูปที่ 4.61) พบว่าค่าสี b^* ของมะม่วงในทรีดเมนต์ถ่านกัมมันต์ประเภทเกล็ด 4x8 mesh มีค่าที่เพิ่มสูงขึ้นก่อนทรีดเมนต์อื่น ๆ ดังปรากฏในวันที่ 11 ของการเก็บรักษา เมื่อผลเริ่มเสียดสีสภาพก็มีการลดลงของค่าอย่างเด่นชัดกว่าทรีดเมนต์อื่นในวันที่ 31 สอดคล้องกับการสุกที่เกิดก่อนทรีดเมนต์อื่น ขณะที่ค่าสี b^* ของมะม่วงในทรีดเมนต์กลุ่มควบคุม ถ่านกัมมันต์ประเภทผง, แกรนูล สารดูดซับเอทิลีนทางการค้า และ 1-MCP มีค่าที่ค่อนข้างเกาะกลุ่ม ไม่แตกต่างกันนักแต่ก็พบความแตกต่างทางสถิติในบางวันเก็บรักษา



รูปที่ 4.61 การเปลี่ยนแปลงค่าสี b^* ที่เนื้อบริเวณกลางผลในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา ตัวอย่างกราฟแสดงการจัดระดับสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% โดยเป็นการเทียบระหว่างทรีตเมนต์ในวันต่อวัน (ดูเพิ่มเติมในตารางภาคผนวกที่ 46)

การเปลี่ยนแปลงค่าสีในลักษณะ Delta E ของเนื้อผล พิจารณารูปที่ 4.62 ด้วยเหตุที่เกิดจากการใช้ค่าทั้ง L^* , a^* และ b^* จึงลดการกระจายตัวของเส้นกราฟที่อาจเกิดจากความแปรปรวนของการใช้หน่วยสีใดเพียงหน่วยสีเดียว จากภาพพบว่าค่าสี Delta E เนื้อผลของมะม่วงในทรีตเมนต์ถ่านกัมมันต์ประเภทเกล็ด 4x8 mesh มีค่าการเปลี่ยนแปลงเร็วกว่าทรีตเมนต์อื่นอย่างเด่นชัดและมีนัยสำคัญ ที่ระดับทางสถิติ $LSD_{0.05}$ แบ่งด้วยอักษรสัญลักษณ์ c ดังปรากฏในวันที่ 11 ของการเก็บรักษา ทรีตเมนต์ที่มีระดับการเปลี่ยนแปลงสีเนื้อต่ำลงมาคือ ทรีตเมนต์ของถ่านกัมมันต์ประเภทแกรนูล, ประเภทผง, กลุ่มควบคุม และทรีตเมนต์สารดูดซับเอทิลีนทางการค้าทุกระดับทางสถิติบ้างในระดับกลาง ๆ ในลักษณะค่าที่เกาะกลุ่มกัน แต่ทรีตเมนต์ 1,000 ppb 1-MCP มีค่าต่ำที่สุดและมีความต่ำกว่าค่าปรากฏในทรีตเมนต์อื่นตั้งแต่วันที่ 6, 11, 16, 21 และ 26 ของการเก็บรักษา



รูปที่ 4.62 การเปลี่ยนแปลงของค่าสี Delta E ที่เนื้อบริเวณกึ่งกลางผลในทรีตเมนต์ต่างๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา ตัวอักษรบนเส้นกราฟแสดงการจัดระดับสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% โดยเป็นการเทียบระหว่างทรีตเมนต์ในวันต่อวัน (ดูเพิ่มเติมในตารางภาคผนวกที่ 47)

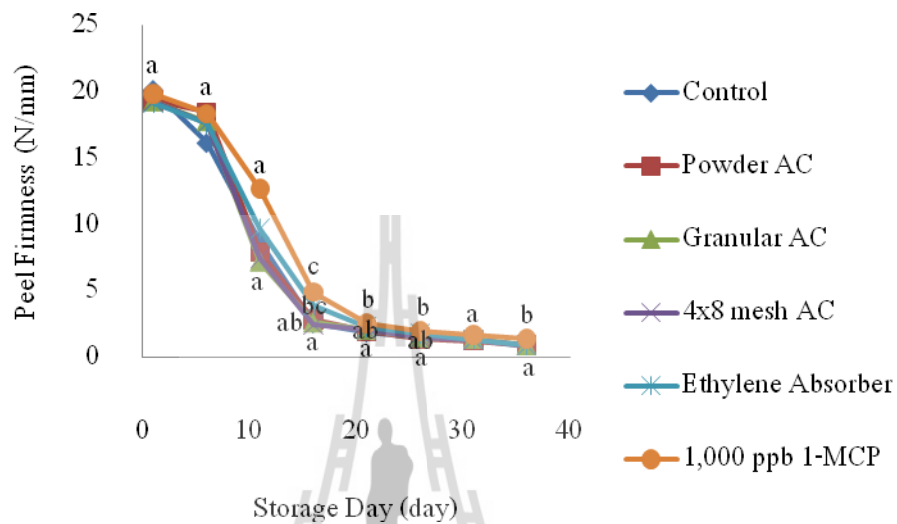
4.3.2 ความแน่นเนื้อผ่านเปลือกและความแน่นเนื้อ

จากผลการทดลองที่ 1 และ 2 ค่าความแน่นเนื้อผ่านเปลือกและค่าความแน่นเนื้อ ได้แสดงให้เห็นว่าที่ตำแหน่งใกล้ขั้วผล กลางผล และใกล้ปลายผล ไม่ได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ในการทดลองนี้ จึงจะวัดค่าความแน่นเนื้อผ่านเปลือกและค่าความแน่นเนื้อที่ตำแหน่งกลางผลเท่านั้น ด้านละฝั่งมีถ้วยรอง ไม่ใช่การกดความแน่นเนื้อย่อยความแน่นเนื้อผ่านเปลือก หนึ่งอาจมีข้อโต้แย้งได้ว่า การทดลองที่ 1 และ 2 ใช้ digital penetrometer ก็จริงแต่เป็นแบบมือหมุนให้กดลงได้ระยะอาจก่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนของค่าที่ควรอ่านได้ หรือเครื่องมี sensing ที่หาย (โดยความเป็นจริงแล้วหาได้เป็นเช่นนั้นไม่ และถูกใช้เป็นมาตรฐานของวงการพืชสวน) ในการทดลองนี้จึงปิดข้อโต้แย้งนั้นด้วยการใช้ texture analyser

ค่าแรงกดต่อระยะในหน่วย N/mm พบว่าความแน่นเนื้อผ่านเปลือกและความแน่นเนื้อในวันแรกของการเก็บรักษา จากการใช้เครื่อง penetrometer ในการทดลองที่ 2 (รูปที่ 4.43 และ 4.47) และการใช้ texture analyzer (รูปที่ 4.63 และ 4.64) มีค่าเริ่มต้นของการเก็บรักษาที่ประมาณ 20 และ 10 เช่นเดียวกัน

พิจารณารูปที่ 4.63 แสดงค่าการลดลงของความแน่นเนื้อผ่านเปลือก วันที่ 11 ของการเก็บรักษา ความแน่นเนื้อผ่านเปลือกของมะม่วงในทรีตเมนต์ 1,000 ppb 1-MCP มีค่าประมาณ 13 N/mm ในทรีตเมนต์ที่ใช้สารดูดซับเอทิลีนทางการค้ามีค่าประมาณ 9-10 N/mm และความแน่น

เนื้อผ่านเปลือกของมะม่วงในทริตเมนต์กลุ่มควบคุมและถ่านกัมมันต์ทั้ง 3 ประเภทตกลงไปถึง 7-8 N/mm แม้ยังไม่เป็นความแตกต่างโดยนัยสำคัญ ในวันที่ 16, 21 และ 26 ของการเก็บรักษาปรากฏความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญแม้ระยะช่วงต่างของปริมาณจะน้อยกว่าวันเก็บรักษาวันที่ 11

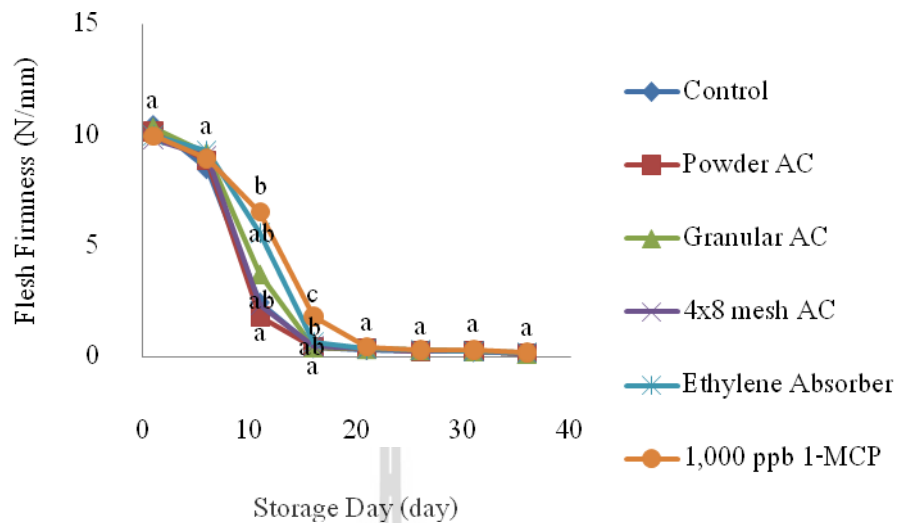


รูปที่ 4.63 การลดลงของความแน่นเนื้อผ่านเปลือกบริเวณกึ่งกลางผลในทริตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา ตัวอักษรบนเส้นกราฟแสดงการจัดระดับสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% โดยเป็นการเทียบระหว่างทริตเมนต์ในวันต่อวัน (ดูเพิ่มเติมในตารางภาคผนวกที่ 48)

การลดลงของความแน่นเนื้อ (รูปที่ 4.64) ปรากฏความแตกต่างของปริมาณและนัยสำคัญในวันที่ 11 และ 16 ของการเก็บรักษา

ในวันที่ 11 ของการเก็บรักษา ความแน่นเนื้อของมะม่วงในทริตเมนต์ 1,000 ppb 1-MCP มีค่า 6.54 N/mm ปรากฏระดับความแตกต่างทางสถิติ $LSD_{0.05}$ ที่สัญลักษณ์อักษร b ทริตเมนต์สารดูดซับเอทิลีนทางการค้ามีค่า 5.59 N/mm ทริตเมนต์ถ่านกัมมันต์ประเภทแกรนูล กลุ่มควบคุม และทริตเมนต์ถ่านกัมมันต์ประเภทเกล็ด 4x8 mesh มีค่าความแน่นเนื้อ 3.72, 2.47 และ 2.32 N/mm ตามลำดับ แสดงระดับความแตกต่างทางสถิติที่สัญลักษณ์อักษร ab และทริตเมนต์ถ่านกัมมันต์ประเภทผงมีค่าความแน่นเนื้อ 1.82 N/mm ระดับความแตกต่างทางสถิติที่สัญลักษณ์อักษร a

ในวันที่ 16 ของการเก็บรักษา ความแน่นเนื้อของมะม่วงในทริตเมนต์ 1,000 ppb 1-MCP มีค่า 1.79 N/mm ส่วนในทริตเมนต์อื่นนั้น ค่าความแน่นเนื้อต่ำกว่า 1.00 แม้จะปรากฏความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

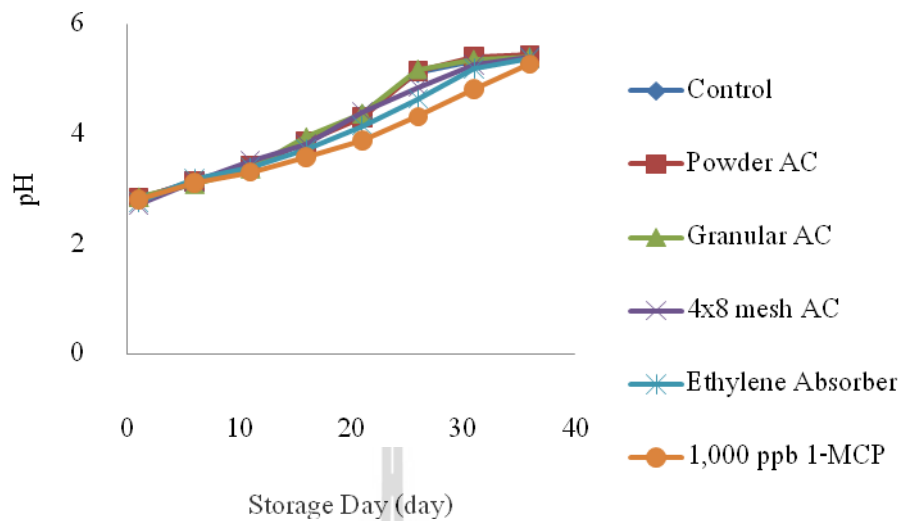


รูปที่ 4.64 การลดลงของความแน่นเนื้อบริเวณกึ่งกลางผลในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา ตัวอักษรบนเส้นกราฟแสดงการจัดระดับสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% โดยเป็นการเทียบระหว่างทรีตเมนต์ในวันต่อวัน (ดูเพิ่มเติมในตารางภาคผนวกที่ 49)

4.3.3 ค่าความเป็นกรดต่าง (pH)

ค่าคุณลักษณะทางเคมี ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ได้จากสารละลายรวมทั้ง 3 ผล หรือเสมือนเป็นค่าเฉลี่ยทั้ง 3 ผลต่อวันของแต่ละทรีตเมนต์แล้ว จึงไม่มีซ้ำ ดังนั้นจึงไม่ปรากฏการแสดงค่าทางสถิติของแต่ละวัน

รูปที่ 4.65 แสดงค่า pH ที่เป็นสารละลายรวมของแต่ละทรีตเมนต์มีการเพิ่มขึ้นด้วยการแสดงกราฟเชิงพรรณนา ในวันที่ 26 ของการเก็บรักษาปรากฏช่วงห่างอย่างเด่นชัด ค่า pH ทรีตเมนต์ที่ใช้ถ่านกัมมันต์แบบแกรนูล, แบบผง และกลุ่มควบคุม มีค่า pH 5.19 5.15 5.13 ตามลำดับ เกาะกลุ่มสูงที่สุดหรือแสดงความเป็นกรดที่เหลือน้อย อนุมานได้ว่าการสุกเกิดไปมาก ลำดับถัดมาคือการใช้ทรีตเมนต์ถ่านกัมมันต์ประเภทเกล็ด 4x8 mesh มีค่า pH 4.86, ทรีตเมนต์สารดูดซับเอทิลีนทางการค้า มีค่า pH 4.65 และทรีตเมนต์ 1,000 ppb 1-MCP มีค่า pH 4.33 ทรีตเมนต์รักษาค่าความเป็นกรดต่างได้ที่ดีที่สุดตลอดอายุการเก็บรักษาคือ ทรีตเมนต์ 1,000 ppb 1-MCP รองลงมาคือ ทรีตเมนต์สารดูดซับเอทิลีนทางการค้า

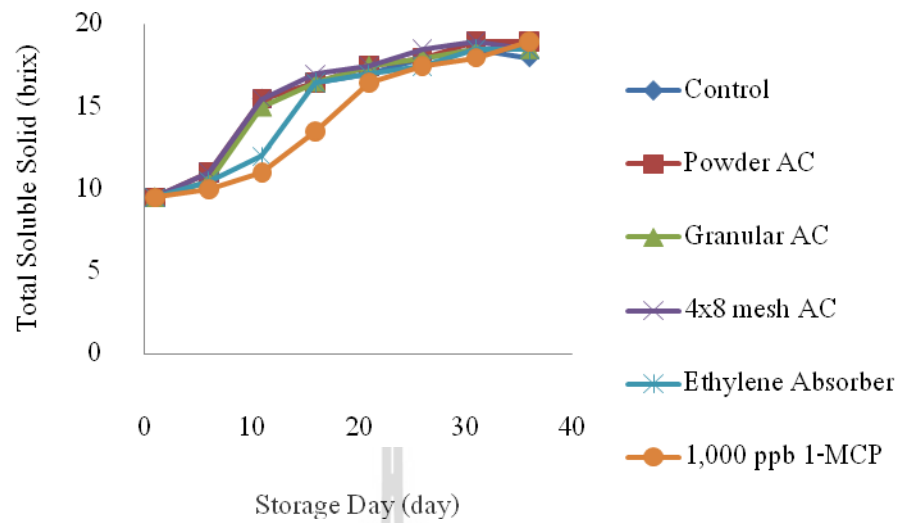


รูปที่ 4.65 การเพิ่มขึ้นของปริมาณของค่าความเป็นกรด-ด่างในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา (ดูเพิ่มเติมในตารางภาคผนวกที่ 50)

4.3.4 การวัดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้

รูปที่ 4.66 ในการทดลองที่ 3 นี้พบการเปลี่ยนแปลงที่เป็นระเบียบกว่ารูปที่ 4.49 การเพิ่มขึ้นของปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ในการทดลองที่ 2 อาจเนื่องจาก 1) การทดลองที่ 3 มีการคัดเลือกความบริสุทธิ์ทั้งนับวันและการลอยจมน้ำแต่การทดลองที่ 2 นับวันอย่างเดียว, 2) การทดลองที่ 3 ใช้มะม่วงดิบความบริสุทธิ์ 85% แต่การทดลองที่ 2 ใช้มะม่วงดิบที่มีความบริสุทธิ์ 100% สีเปลือกเขียวเนื้อแข็งแน่นแต่สันนิษฐานว่าบางผลอาจเริ่มมีการสุกอยู่ภายในผลแล้วก็เป็นได้ กล่าวคือการทดลองที่ 3 ได้เตรียมตัวอย่างมาคัดผลก่อนเริ่มต้นการทดลองที่เข้มงวดกว่าเพื่อปิดข้อโต้แย้งที่อาจเกิดขึ้นจากความไม่สม่ำเสมอของตัวอย่างที่นำมาทดลอง

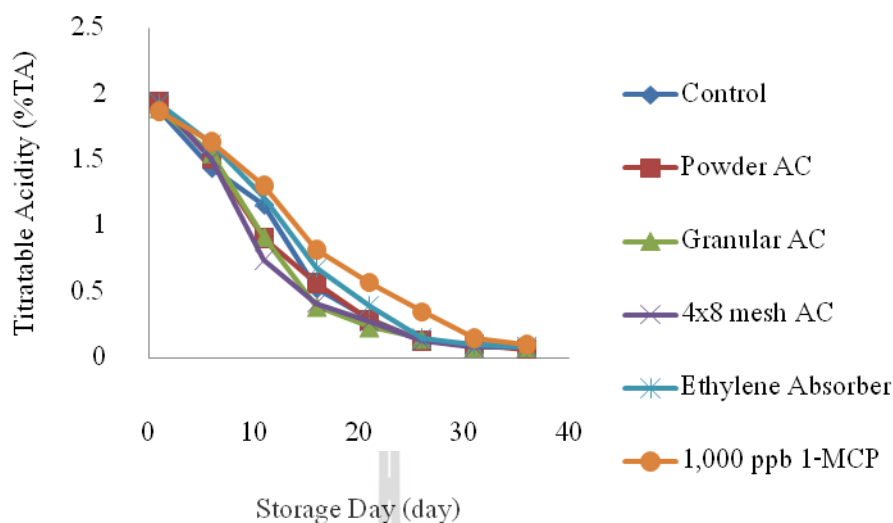
ในวันที่ 11 ของการเก็บรักษา สามารถเห็นความแตกต่างจากอิทธิพลของทรีตเมนต์ โดยกลุ่มควบคุมกับกลุ่มของทรีตเมนต์ถ่านกัมมันต์ทั้ง 3 ประเภท มีค่า TSS เกะกลุ่ม 15 brix ขณะที่ทรีตเมนต์สารดูดซับเอทิลีนทางการค้า และ 1,000 ppb 1-MCP ให้ค่า 12 และ 11 brix ตามลำดับ วันที่ 16 ของการเก็บรักษา ทรีตเมนต์สารดูดซับเอทิลีนทางการค้า แสดงค่ายกตัวเพิ่มสูงขึ้นเกาะกลุ่มกับกลุ่มควบคุมและกลุ่มถ่านกัมมันต์ทั้ง 3 ประเภทที่ 16.5 brix แต่ทรีตเมนต์ 1-MCP แสดงค่าที่ 13.5 brix จากนั้นวันเก็บรักษาที่ 21 เป็นต้นไป ค่า TSS ของทุกทรีตเมนต์ค่อนข้างคงตัว



รูปที่ 4.66 การเพิ่มขึ้นของปริมาณของแข็ง ทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา (ดูเพิ่มเติมในตารางภาคผนวกที่ 51)

4.3.5 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้

ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้มีการลดลงเรื่อย ๆ จากประมาณ 1.9% เป็นลักษณะต่าง ๆ ดังรูปที่ 4.67 กลุ่มควบคุมในวันเก็บรักษาที่ 11 กลับแสดงค่าสูงกว่ากลุ่มถ่านกัมมันต์ทั้ง 3 ประเภท และตลอดอายุการเก็บรักษา ทรีตเมนต์ สารดูดซับเอทิลีนทางการค้า แสดงค่าอยู่ในระดับกลาง ๆ โดยมีค่า %TA สูงกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มทรีตเมนต์ถ่านกัมมันต์ทั้ง 3 ประเภท แต่ต่ำกว่าทรีตเมนต์ 1,000 ppb 1-MCP



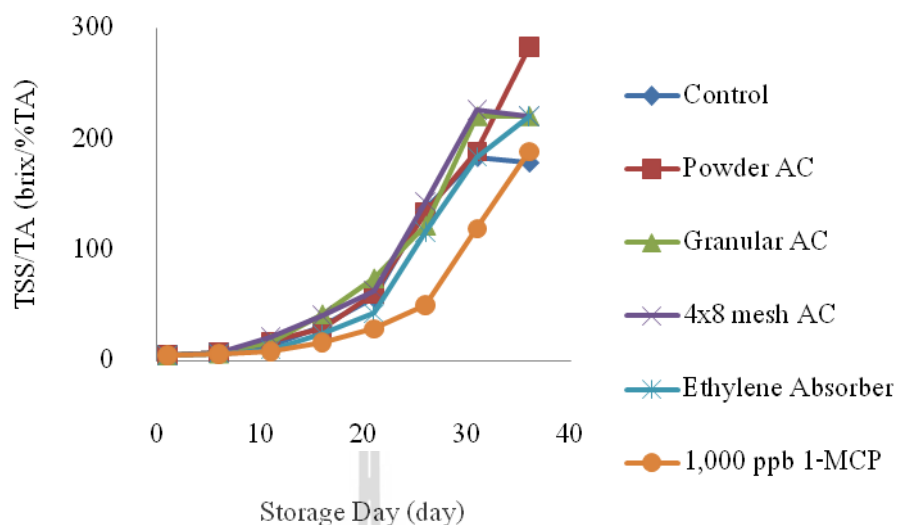
รูปที่ 4.67 การลดลงของปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ในทริตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา (ดูเพิ่มเติมในตารางภาคผนวกที่ 52)

4.3.6 อัตราส่วนปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้

อัตราส่วนนี้เกิดจากผลหารของสองค่าตามชื่อเรียก ซึ่งแต่ละค่า ก็แสดงผลแก่กันและกันอยู่แล้วกล่าวคือ หากผลก่อนข้างคิบ จะมีค่า TSS น้อย TA มาก อัตราส่วนในระยะแรกจึงต่ำใกล้ 0 และหากผลก่อนข้างสูง จะมีค่า TSS มาก TA น้อย อัตราส่วนในระยะหลังจึงมาก อย่างไรก็ตามกรดในมะม่วงจะยังคงเหลืออยู่แม้สุกแล้ว หากที่ตัวหารจะได้ค่าเข้าสู่ 0 ได้ผลของอัตราส่วนที่อนันต์

แม้ว่าทั้ง TSS และ TA จะเป็นผลของกันและกันอยู่แล้วก็ตาม แต่อัตราส่วนนี้มีประโยชน์เพราะเป็นการใช้ค่าทางคุณลักษณะทั้งสองค่า อาจลดความแปรปรวนจากการพิจารณาโดยใช้เพียงค่าใดค่าหนึ่ง (แต่หากมีความแปรปรวนทั้ง 2 ค่า ก็อาจเกิดความคลาดเคลื่อนสะสมเพิ่มขึ้นได้) แต่ค่าใดค่าหนึ่งก็มีความหมายเฉพาะตอนที่ไม่ได้ลดคุณค่าลงไป และอีกประการหนึ่งคือค่าแต่ละค่านั้นมีระยะเวลาการเปลี่ยนแปลงที่ไม่เหมือนกันแบบสัดส่วนโดยตรง พิจารณารูปที่ 4.66 จะเห็นการแบ่งตัวของค่าจากทริตเมนต์ชัดเจนแต่รูปที่ 4.67 ไม่ได้เป็นเช่นนั้น การพิจารณาค่าอัตราส่วนปริมาณของแข็ง ทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ต่อ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ จึงอาจช่วยพิจารณาอิทธิพลของทริตเมนต์ได้เพิ่มขึ้น

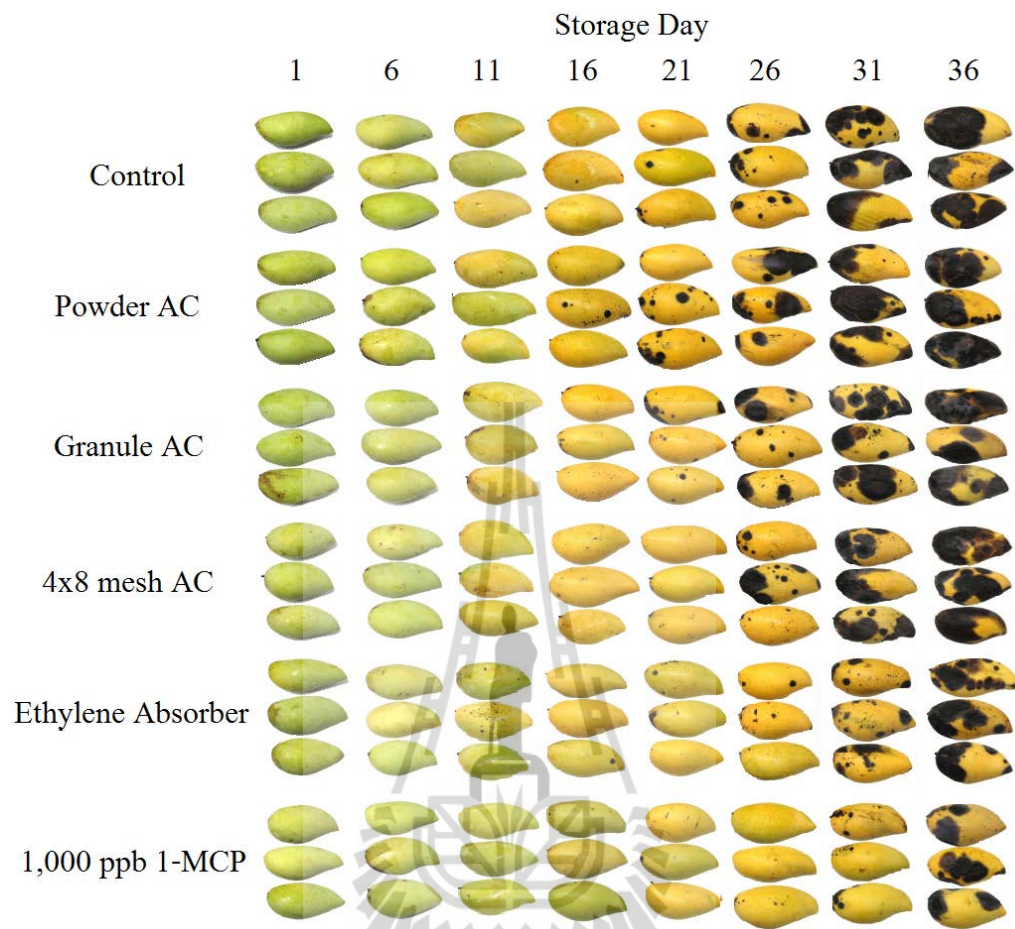
พิจารณารูปที่ 4.68 ค่าอัตราส่วน TSS/TA แสดงค่าของทริตเมนต์สารดูดซับเอทิลีนทางการค้าได้ค่าอยู่ในกลุ่มเดียวกับทริตเมนต์กลุ่มควบคุมและถ่านกัมมันต์ทั้ง 3 ชนิด แม้ว่าจะคงพยายามโน้มค่าออกมา ขณะที่ 1,000 ppb 1-MCP มีค่าบนเส้นกราฟที่แบ่งตัวออกจากกลุ่มอย่างชัดเจน



รูปที่ 4.68 การเปลี่ยนแปลงของค่า อัตราส่วนปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ในพีทริเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา (ดูเพิ่มเติมในตารางภาคผนวกที่ 53)

การใช้ค่าใดค่าหนึ่งเพียงอย่างเดียวไม่สามารถแบ่งจำนวนวันเก็บรักษาได้ชัด เช่นไม่สามารถกล่าวได้ว่าพีทริเมนต์ 1,000 ppb 1-MCP มีค่าประมาณ 15 brix ในวันเก็บรักษาที่ 21 กลุ่มควบคุมและกลุ่มถ่านกัมมันต์ทั้ง 3 ประเภทมีค่าประมาณ 15 brix ในวันเก็บรักษาที่ 11 จึงยึดอายุการสุกได้ 21-11=10 วัน แม้ว่าค่า pH ในรูปที่ 4.65 กลุ่มควบคุมและกลุ่มถ่านกัมมันต์มีค่า pH ขึ้นสูงสุดในวันเก็บรักษาตั้งแต่ที่ 26 แต่ 1-MCP สูงสุดในวันที่ 36 ดังนั้น 36-26=10 ด้วยก็ตาม เพราะหากพิจารณาด้วยค่าความแน่นเนื้อผ่านเปลือกหรือความแน่นเนื้อในรูปที่ 4.63 และ 4.64 จะไม่ได้ระยะต่างดังกล่าว 10 วัน ฉะนั้นระยะการสุกจึงขึ้นอยู่กับว่าต้องการใช้ค่าใดเป็นเกณฑ์เทียบ มิฉะนั้นหากพิจารณาค่าทางคุณลักษณะรวมก็ต้องพึงยอมรับบุคคลผู้ทำการประเมินสภาพรวมซึ่งชำนาญงาน แม้กระนั้นบุคคลแต่ละคนก็อาจมีเกณฑ์ประเมินตัดสินที่แตกต่างกัน

มะม่วงน้ำดอกไม้มีกลุ่มควบคุมและกลุ่มการใช้ถ่านกัมมันต์ประเภทต่าง ๆ ในการทดลองที่ 2 และ 3 ซึ่งไม่มีนัยสำคัญในการชะลอการสุกแต่อย่างใดนี้ มีอายุการเก็บรักษาสอดคล้องกับงานทดลองของกรมวิชาการเกษตร (2555) ซึ่งเก็บมะม่วงน้ำดอกไม้ที่ 13°C 85-95%rh. พบว่ามีอายุการเก็บรักษาประมาณ 2-3 สัปดาห์ และอภิตา บุญศิริ (2553) เก็บรักษาที่ 13±2°C 85-90%rh. ได้นาน 2-3 สัปดาห์เช่นกัน



รูปที่ 4.69 ภาพแสดงลักษณะผลมะม่วง ในที่รีตเมนต์ต่างๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา

บทที่ 5

บทสรุป

5.1 ผลการทดลองที่ 1 การศึกษาพฤติกรรมการระหว่างการสุกของมะม่วงน้ำดอกไม้ หลังการเก็บเกี่ยวที่สภาวะปกติ

ความถ่วงจำเพาะ ปกติแล้วสามารถใช้เพื่อคัดเลือกความบริบูรณ์ (mature) แต่ไม่สามารถนำมาใช้แบ่งชั้นการสุก (ripe) ของผลมะม่วงน้ำดอกไม้ได้ ขณะที่การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและสีเนื้อที่ตำแหน่งใกล้ขั้วผล กลางผล และใกล้ปลายผล ทั้ง 3 ตำแหน่งดังกล่าวไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการสังเกตลักษณะโดยรวมพบว่าผลเริ่มสุกในวันที่ 5 ของการเก็บรักษา ค่าความแน่นเนื้อผ่านเปลือกและค่าความแน่นเนื้อมีลักษณะการตกของเส้นกราฟก็บ่งชี้ถึงวันที่ 5 เช่นกัน แต่ค่าการเปลี่ยนแปลงสีเกิดชัดเจนในวันที่ 7-8 นั้นหมายถึงการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อผ่านเปลือกและเนื้อจะเกิดก่อนการเปลี่ยนแปลงสีทั้งเปลือกและเนื้อ ค่าความแน่นเนื้อผ่านเปลือกและค่าความแน่นเนื้อที่ตำแหน่งทั้ง 3 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และมีความสอดคล้องกันด้วยค่าสหสัมพันธ์สูงมาก แตกต่างจากการทดลองของ Jha และคณะ (2010) ซึ่งทำในมะม่วงลูกผสมอัมระปาลี-เซนเซชั่น ที่กล่าวว่าแต่ละตำแหน่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ค่า pH ของมะม่วงเพิ่มสูงขึ้น ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ลดต่ำลงในลักษณะเอ็กซ์โพเนนเชียล ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้นในลักษณะลอการิทึม และอัตราส่วน TSS/TA เพิ่มสูงขึ้นในลักษณะเอ็กซ์โพเนนเชียล มะม่วงที่เสียหาย ทั้งหมดจะเกิดจุดดำหรือป็นดำ

5.2 ผลการทดลองที่ 2 การศึกษาการชะลอการสุกของมะม่วงน้ำดอกไม้ในสภาวะเก็บ รักษาด้วยความเย็นและถ่านกัมมันต์

ความถ่วงจำเพาะของมะม่วงน้ำดอกไม้ทั้ง 5 ทริตเมนต์ไม่พบการแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $LSD_{0.05}$ ค่า L^* , a^* หรือ b^* ที่เปลือกหรือเนื้อก็ตาม ที่ตำแหน่งใกล้ขั้วผล กลางผล ใกล้ปลายผลก็ตาม และความแน่นเนื้อผ่านเปลือก ความแน่นเนื้อ ที่ตำแหน่งใด ๆ ก็ตาม ทั้งหมดนั้น ไม่แสดงนัยสำคัญทางสถิติที่จะบ่งชี้ว่ากลุ่มคอนโทรลและถ่านกัมมันต์ปริมาณ พื้นที่ผิว 50,000 150,000 250,000 และ 350,000 เท่าของพื้นที่ผิวของผลมะม่วงมีความแตกต่างกัน นอกจากนี้ ค่า pH TSS TA และอัตราส่วน TSS/TA ทุกค่าไม่มีข้อใดจะแสดงความสามารถในการชะลอการสุกได้ แม้ในลักษณะแนวโน้มก็ไม่ปรากฏว่าจะมีถ่านกัมมันต์ปริมาณใดมีความสามารถดี

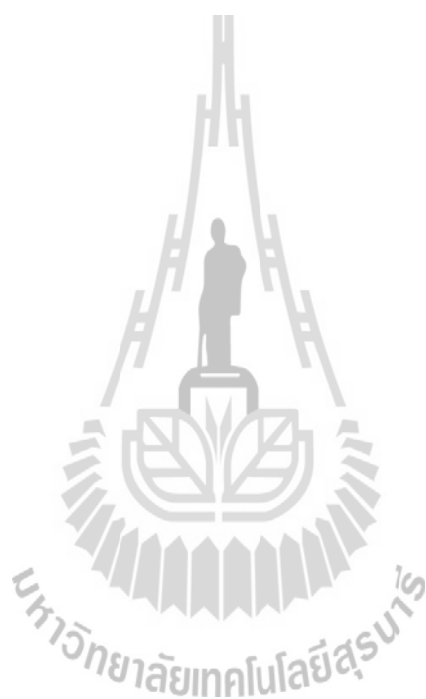
หรือแตกต่างจากกลุ่มควบคุมกว่ากัน หรือกล่าวได้ว่าไม่มีประโยชน์ใดที่จะใช้ถ่านกัมมันต์ในสภาวะการเก็บรักษามะม่วงน้ำดอกไม้ที่สภาวะเก็บรักษา $13\pm 1^{\circ}\text{C}$ $95\pm 2\%\text{rh}$. แต่โดยความสามารถแล้ว ถ่านกัมมันต์เป็นวัสดุดูดซับแบบไม่จำเพาะ ในสภาพความชื้นสัมพัทธ์ในการเก็บรักษาสูง ความชื้นและก๊าซชนิดอื่น ๆ สารหอมระเหยขณะสุกในกลุ่มไฮโดรคาร์บอนมากกว่า 100 ชนิด (สุมิตรา บุญบำรุง และสิโร โดชิ ทากามูระ, 2546) ทำให้ปริมาตรช่องว่างของถ่านกัมมันต์ลดลง ความสามารถในการดูดซับเอทิลีนจึงลดลงทำให้ไม่ประสบผลสำเร็จ เพราะปริมาณถ่าน 350,000 เท่า สำหรับกล่องที่มีมะม่วงลูกใหญ่ ๆ อาจใช้ถ่านกัมมันต์ถึง 45 g ไม่มีเหตุผลที่จะกล่าวว่ายังน้อยเกินไป เนื่องจากหากต้องใช้มากกว่านี้ในทางอุตสาหกรรม จะต้องเสียค่าใช้จ่ายในการขนน้ำหนักถ่านไปกับพัสดุภัณฑ์จำนวนมาก

อุณหภูมิ $13\pm 1^{\circ}\text{C}$ $95\pm 2\%\text{rh}$. สามารถยืดช่วงระยะเวลาจากคืบไปสู่ได้เมื่อเทียบกับการทดลองที่ 1 ที่สภาวะปกติ อุณหภูมิ $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ $65\pm 5\%\text{rh}$. เท่ากับ $21 - 5 = 16$ วัน หรือประมาณ 2 สัปดาห์

5.3 ผลการทดลองที่ 3 การศึกษาการชะลอการสุกของมะม่วงน้ำดอกไม้ด้วยถ่านกัมมันต์ โดยเทียบกับสารดูดซับเอทิลีนทางการค้า และ 1-Methylcyclopropene

เมื่อเปรียบเทียบค่าความแน่นเนื้อผ่านเปลือกและความแน่นเนื้อ ค่าสี (L,a,b) ค่า pH, TSS และ %TA ของทรีตเมนต์ที่ทำการทดลอง พบว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยกลุ่มของทรีตเมนต์ที่ใช้ถ่านกัมมันต์ไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุมหรือไม่สามารถชะลอการสุกได้ แต่การใช้สารดูดซับเอทิลีนทางการค้าและ 1-MCP สามารถชะลอการสุกได้ ซึ่งบางค่าทางคุณลักษณะอาจชัดหรือไม่ชัดเจนมากน้อยกว่ากันบ้าง แต่ปรากฏแนวโน้มว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สามารถชะลอการสุกได้ ทั้งนี้การที่ทรีตเมนต์ถ่านกัมมันต์แบบผง แกรนูล หรือเกล็ด ในการทดลองนี้ ไม่สามารถชะลอการสุกได้ อาจเป็นเพราะปริมาณการบรรจุน้อยเกินไป หรือการที่ถ่านดูดซับความชื้นและก๊าซชนิดอื่น ๆ ในสภาพเก็บรักษา ทำให้พื้นที่ผิวว่างซึ่งเป็นความสามารถในการดูดซับสารลดลง การชะลอการสุกจึงไม่ประสบผลสำเร็จ ในขณะที่สารดูดซับเอทิลีนทางการค้ามีสารสำคัญคือ KMnO_4 มีความสามารถในการออกซิไดซ์เอทิลีนในสภาวะทดลอง ไม่สูญเสียไปด้วยอิทธิพลของความชื้นในสภาพเก็บรักษาแม้ว่าความชื้นจะลดพื้นที่ผิวรูพรุนของ zeolite ซึ่งเป็นวัสดุรูพรุนของต่างทับทิมในสารดูดซับเอทิลีนทางการค้า และ 1-MCP ซึ่งมีความจำเพาะและความถาวรต่อ ethylene receptor ไม่ได้รับอิทธิพลจากความชื้น จึงสามารถชะลอการสุกได้ในสภาพเก็บรักษาเดียวกัน วิธีการใช้สารดูดซับเอทิลีนและกรรมวิธีการใช้ 1-MCP ความเข้มข้น 1,000 ppb เป็นเวลา 6

ชั่วโมง ให้ผลแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมและกลุ่ม
ถ่านกัมมันต์ชนิดต่าง ๆ โดยสามารถชะลอการสุกได้ประมาณ 2 และ 8 วันตามลำดับ



รายการอ้างอิง

- กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ. 2555. ขั้นตอนการส่งออก. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา www.thaifita.com/trade/document/aunz_subj5finol.doc (24 มกราคม 2555).
- กรมวิชาการเกษตร. 2555. การเก็บรักษาผลไม้และผัก. สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ. 40 หน้า.
- กันยา แอน์กาศ. 2547. การควบคุมการสุกของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกในระหว่างการเก็บรักษาด้วยสาร 1-เมธิลไซโคลโพรเพน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว). มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 132 หน้า.
- คุณวุฒิ สุวพานิช. 2540. ผลของการเก็บรักษาในสภาพควบคุมบรรยากาศที่มีผลต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของผลมะม่วง (*Mangifera indica*) พันธุ์เขียวเสวยและน้ำดอกไม้. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 184 หน้า.
- จิ่งแท้ ศิริพานิช. 2538. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน. นครปฐม. 396 หน้า.
- จิ่งแท้ ศิริพานิช และดารณี ศิริวงศ์ไพศาล. 2539. การใช้ซีลีเนียมเป็นพาหะของ $KMnO_4$ สำหรับกำจัดเอทิลีน. รายงานการประชุมวิชาการเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผลิตผลพืชสวน ครั้งที่ 4 วันที่ 8-10 พฤษภาคม 2539 ณ โรงแรมไดมอนพลาซ่า อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา. หน้า 88-99 (130 หน้า). พิมพ์โดยสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ กองโครงการและประสานงานวิจัย. กรุงเทพฯ.
- จิ่งแท้ ศิริพานิช. 2549. ชีววิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและการหายใจของพืช. พิมพ์ครั้งที่ 1 โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน. นครปฐม. 453 หน้า.
- จารุวัฒน์ โรจนภัทรากุล. 2544. ผลของ 1-Methylcyclopropene ต่อการชะลอการสุกของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 161 หน้า.
- จารุวัฒน์ โรจนภัทรากุล และศิริชัย กัลยาณรัตน์. 2545. ผลของ 1-Methylcyclopropene ต่อการชะลอการสุกของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้. ว. วิทย. กษ. 33 (6 พิเศษ): 60-67.

- จำนง อุทัยบุตร, กอบเกียรติ แสงนิล, กานดา หวังชัย และวิลาวัลย์ คำปวน. 2552. รายงานการวิจัย ฉบับสมบูรณ์ การชะลอการสุกของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองเพื่อการส่งออก. สถาบันวิจัย เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 99 หน้า.
- เจือจันทร์ ตั้งเดิมทอง. 2541. การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและองค์ประกอบทางเคมีของมะม่วง พันธุ์น้ำดอกไม้ที่เก็บรักษาในอุณหภูมิต่ำ. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.phtnet.org/research/view-abstract.asp?research_id=ca004 (18 กันยายน 2555).
- เฉลิมชัย วงษ์อารี และชวนพิศ จิระพงษ์. 2554. ผลของการจุ่มเอทิลพอนและการฉายรังสีต่อคุณภาพของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้. ว.วิทย์. กษ. 42 (1 พิเศษ): 204-204.
- ชัยพร สามพุ่มพวง และรังสิณี โสธรวิทย์. 2550. กระบวนการผลิตกระดาษฟางข้าวเพื่อดูดซับเอทิลีน. ว.วิทย์. กษ. 38 (5 พิเศษ): 283-286.
- ณัฐพงศ์ ขุนอาสา. 2553. การพัฒนาแผ่นกันกระแทกจากเยื่อหุ้มเปลือกผสมเยื่อเวียนทำใหม่ชุบ โพลีเอทิลีนแอมมอเนียมแก๊สเพื่อยืดอายุกล้วยหอมทอง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีการพิมพ์และบรรจภัณฑ์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 140 หน้า.
- ดร.ณิ นภาพร. 2556. สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช. ใน ธวัชชัย รัตน์เลิศ, วิลาวัลย์ คำปวน และธีรานุช เจริญกิจ. 2556. มะม่วง-การผลิตและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว. ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา. 836 หน้า.
- ดาเรศร์ กิตติโยภาส, ฐิติกานต์ กลัมพสุต และนฤมล ลดาวัลย์ ณ อยุธยา. 2555. ระบบห่วงโซ่อุปทาน และโลจิสติกส์มะม่วงส่งออกในเขตภาคกลางและภาคเหนือ. การประชุมวิชาการวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวแห่งชาติครั้งที่ 10. 23-24 สิงหาคม 2555 โรงแรมเซนทาราคอนเวนชัน เซนเตอร์ ขอนแก่น. 205 หน้า.
- ธีระ วัฒนศิริเวช. 2545. การศึกษาชนิดและปริมาณสารหอมระเหย น้ำตาล และกรดบางชนิดใน มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่มีระยะการสุกและสภาวะการสุกแตกต่างกัน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีอาหาร) มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 103 หน้า.
- ธีราพร ไชยวรรณ. 2536. การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีระหว่างการสุกของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ หนึ่งกลางวัน และแรด. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การสอนชีววิทยา) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 80 หน้า.
- นิธิยา รัตนานนท์ และคณีย์ บุญเกียรติ. 2548. การปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. พิมพ์ครั้งที่ 5 สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ. 236 หน้า.

- นิพัฒน์ สุขวิบูลย์. 2556. การติดผล. ใน รัชชัช รัตน์ชเลศ, วัฒวัลย์ คำปวน และธีรนุช เจริญกิจ. 2556. มะม่วง-การผลิตและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว. ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา. 836 หน้า.
- เบญจมาศ รัตนชินกร, คารินทร์ กำแพงเพชร และจตุพร สิงโต. 2548. ผลของ 1-MCP ต่อคุณภาพการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง. การประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่ 5, 26-29 เมษายน 2548 ณ โรงแรมเวลคัมจอมเทียนบีช พัทยา จ.ชลบุรี. หน้า 226.
- เบญจวรรณ ชูติชูเดช และวัฒวัลย์ คำปวน . 2556. การปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว. ใน รัชชัช รัตน์ชเลศ, วัฒวัลย์ คำปวน และธีรนุช เจริญกิจ. 2556. มะม่วง-การผลิตและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว. ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา. 836 หน้า.
- ปริญญา เทพนรงค์, เรณู จำเลิศ และอัศจรรย์ สุขขำรง. 2555. อิทธิพลของอุณหภูมิและ CaCl_2 ต่อการเกิดอาการส้านหนาวในมะเขือเทศเชอร์รี่พันธุ์ CH154. การประชุมวิชาการวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวแห่งชาติครั้งที่ 10. 23-24 สิงหาคม 2555 โรงแรมเซนทาราคอนเวนชัน เซนเตอร์ ขอนแก่น. น. 57, 205 หน้า.
- ปรินทร์ เต็มถาวรศิลป์. 2551. การเตรียมและการวิเคราะห์คุณลักษณะเฉพาะของถ่านกัมมันต์จากไม้ตงและไผ่หมาจู้. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (เคมี) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 285 หน้า.
- ปาริชาติ แสงทอง และอุษาวดี ชนสุด. 2555. การใช้กรดซัลฟิวริกและเมธิลจัสโมเนทลดการเกิดอาการส้านหนาวของผลส้มสายน้ำผึ้ง. การประชุมวิชาการวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวแห่งชาติครั้งที่ 10. 23-24 สิงหาคม 2555 โรงแรมเซนทาราคอนเวนชันเซนเตอร์ ขอนแก่น. น. 130, 205 หน้า.
- ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์, อภิรดี อุทัยรัตนกิจ, เฉลิมชัย วงษ์อารี และ ชิตีมา วงษ์จิří. 2552. ผลของการฉายรังสีแกมมาต่อคุณภาพของผลมะม่วง. ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว ปีงบประมาณ 2552. 284 หน้า.
- พงศธร ล้อสุวรรณ, จิตศิริ ราชตะนะพันธุ์ และศศิธร จันทนวางกูร. 2551. สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด สมบัติการต้านอนุมูลอิสระและการต้านจุลินทรีย์ของเปลือกผลไม้. เรื่องเต็มการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 46 สาขาอุตสาหกรรมเกษตร วันที่ 29 มกราคม – 1 กุมภาพันธ์ 2551. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 544-561, 617 หน้า.
- พรชัย ราชตะนะพันธุ์, สุพัฒน์ คำไทย และดวงใจ น้อยวัน. 2553. ผลของบรรจุภัณฑ์แอคทีฟจากกระดาษดูดซับเอทิลีนต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและอายุการเก็บรักษามะม่วงน้ำดอกไม้. ว. วิทย. กษ. 41 (1 พิเศษ): 227-230.

- พรพรรณ จำปา. 2554. ผลของโอโซนต่อการควบคุมเอทิลีนเพื่อยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์ น้ำดอกไม้สีทอง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 133 หน้า.
- เพ็ญศรี เจริญวานิช, วรณช ศรีเชษฐารักษ์ และทิพย์วรรณ งามศักดิ์. 2545. การศึกษาช่องทางการจัดจำหน่ายมะม่วงสดในตลาดเป้าหมาย. เอกสารประกอบการสัมมนาวิชาการบริหารธุรกิจ ครั้งที่ 2 ณ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตภูเก็ต ระหว่างวันที่ 16 – 18 ตุลาคม 2545. หน้า 281-293.
- ภรณ์ ต่างวิวัฒน์. 2543. มะม่วง. ประมวลสารชุดวิชาการส่งเสริมการเกษตรนานาชาติ. โรงพิมพ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. น. 132-137.
- ภูวนาท พักเกิด, วิษณุ นิยมเหลา และศิริชัย กัลยาณรัตน์, 2550. การควบคุมกระบวนการสุกของ มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้โดยใช้ acetaldehyde ก่อนหรือหลังการให้เอทิลีน. Postharvest Newsletter, ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว. 6(2): 1-3.
- มยุรี สักทอง. 2538. ผลของต่างทับทิมต่อการยืดอายุการเก็บรักษาร้อยโคโล่. สัมมนาทางวิชาการ เทคโนโลยีการเกษตรครั้งที่ 4 และการประชุมสามัญประจำปี ชมรมวิทยาการเกษตรแห่งประเทศไทยครั้งที่ 2. หน้า 23 (60 หน้า). พิมพ์โดยสำนักงานสภาสถาบันราชภัฏ. กรุงเทพฯ 19.ภรณ์ ต่างวิวัฒน์. 2543. มะม่วง. ประมวลสารชุดวิชาการส่งเสริมการเกษตรนานาชาติ. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. น. 132-137.
- รวริน เพชรสลับแก้ว. 2547. แวะชมสวนมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองส่งนอกที่แปดริ้ว. วารสาร เทคโนโลยีชาวบ้าน. 16 (329): 38-40.
- รัฐพล เมืองแก้ว และพีระศักดิ์ ฉายประสาท. 2555. ผลของสารละลายแคลเซียม-โบรอน (Ca-B) ที่มีผลต่อการยืดอายุการเก็บรักษาและคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของมะม่วงมหาชนก. การประชุมวิชาการวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวแห่งชาติครั้งที่ 10. 23-24 สิงหาคม 2555 โรงแรม เซนทาราคอนเวนชันเซนเตอร์ ขอนแก่น. น.71, 205 หน้า.
- เรณู ขำเลิศ. 2549. เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผลิตผลสด. สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. 192 หน้า. นครราชสีมา.
- วิชา จิตติประเสริฐ. 2544. ฐานข้อมูลเชื้อพันธุ์พืชมะม่วง. Plant germplasm database for mango. สำนักคุ้มครองพันธุ์พืชแห่งชาติ กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ. 142 หน้า.
- วิเชียร เลี่ยมนาค. 2541. ผลของการเคลือบผิวด้วยไคโตซานต่อการควบคุมโรคและคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้และเขียวเสวย. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 119 หน้า.

- วิทวัส ศาสนันทน์, วิชชา สะอาดสุด และอุราภรณ์ สะอาดสุด. 2545. ผลของน้ำร้อนและไคโตซาน ต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและอายุการวางจำหน่ายมะม่วงพันธุ์มหาชนก. ว. วิทย์. กษ. 33(6): 71-74.
- วิลาวัลย์ คำปวน. 2552. ผลของสารต้านเชื้อราที่มีในยางของผลมะม่วงต่อโรคหลังการเก็บเกี่ยวของ มะม่วงเขียวมรกต. ว. วิทย์. กษ. 40(3): 679-682.
- วิลาวัลย์ คำปวน. 2556. ดัชนีการเก็บเกี่ยว. ใน ธวัชชัย รัตน์เลิศ, วิลาวัลย์ คำปวน และธีรนุช เจริญ กิจ. 2556. มะม่วง-การผลิตและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว. ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลัง การเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา. 836 หน้า.
- วุฒิรัตน์ พัฒนินุญต์. 2551. การผลิตสารดูดกลืนเอทิลีนเพื่อยืดอายุหลังการเก็บเกี่ยวกล้วยหอมทอง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 169 หน้า.
- ศิริชัย กัลยาณรัตน์. 2546. ผลของวัยและ heat treatment ต่อสมการการหายใจของมะม่วงพันธุ์ น้ำดอกไม้. ผลงานวิจัยโครงการพัฒนาบัณฑิตและวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว ปี 2545-2546. หน้า 223-232.
- ศิริชัย กัลยาณรัตน์. 2547. ผลของ salicylic acid และ jasmonic acid ต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยว ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้. โครงการพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยเทคโนโลยีประจำปี งบประมาณ 2547. 98 หน้า.
- สายชล เกตุษา. 2528. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวฝักและผลไม้. โรงพิมพ์ศูนย์ ส่งเสริมการเกษตรแห่งชาติ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม. 364 หน้า.
- สายชล เกตุษา. 2530. การสุกของผลไม้. ข่าวสารเกษตรศาสตร์. 31(6): 1-8.
- สายชล เกตุษา และสุนทร โปทา. 2535. คุณภาพของผลมะม่วงสุกและการเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บ เกี่ยวของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่เก็บเกี่ยวอายุต่างกัน. ว. วิทย์. กษ. 26: 12-19.
- สายชล เกตุษา. 2549. การบ่มผลไม้ให้สุก. วารสารราชบัณฑิตยสถาน 31(4): 1177-1186.
- สำนักงานพัฒนาคุณภาพสินค้าเกษตร. 2553 . กระบวนการส่งออกมะม่วง. สำนักงานพัฒนา คุณภาพสินค้าเกษตร กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ
- สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (มกอช. 5-2546) . 2546. มาตรฐานสินค้า เกษตรและอาหารแห่งชาติ-มะม่วง. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ. 10 หน้า.
- สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2550. คู่มือแนวทางปฏิบัติเพื่อการส่งออก ผลไม้ไปสหรัฐอเมริกา. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ. 115 หน้า.

- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2555. ปริมาณและมูลค่าส่งออกมะม่วงสดของประเทศไทย ระหว่างปี 2545-2554. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา www.oae.go.th/main.php?filename=agri_production (20 ธันวาคม 2554).
- สุมิตรา บุญบำรุง และสิโร โตชิ ทามูระ. 2546. การศึกษาชนิดของสารหอมระเหยที่ให้กลิ่นหอมเฉพาะของมะม่วงอกร่อง. การประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติครั้งที่ 3, 22-25 เมษายน 2546 โรงแรมมิราเคิลแกรนด์ กรุงเทพฯ น. 100.
- เสาวลักษณ์ แต่ชูตระกูล. 2550. การพัฒนาบรรจุภัณฑ์ดูดซับเอทิลีนจากเยื่อกระดาษรีไซเคิลผสมผงถ่านเพื่อยืดอายุการเก็บมะเขือเทศสด. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต เทคโนโลยีการพิมพ์และบรรจุภัณฑ์ วิศวกรรมอุตสาหการและเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- อภิญา แสงศิริโรจน์. 2553. การเคลือบสารดูดซับเอทิลีนบนแผ่นกระดาษเพื่อยืดอายุการเก็บและกั้นกระแทกกล้วยหอมทอง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. เทคโนโลยีการพิมพ์และบรรจุภัณฑ์ วิศวกรรมอุตสาหการและเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- อภิธา บุญศิริ. 255 3. วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวมะม่วงและมังคุดเพื่อการส่งออก. เอกสารประกอบการบรรยายในการสัมมนา “การพัฒนาการผลิตมะม่วงอย่างยั่งยืน” วันที่ 20 กรกฎาคม 2553 ณ อารามานา ภูพิมานีสอร์ทแอนด์สปา อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา. 14 หน้า.
- อภิธา บุญศิริ. 2554. กระบวนการหลังการเก็บเกี่ยวมะม่วงเพื่อการส่งออก ในจดหมายข่าวสมาคมชาวสวนมะม่วงไทย. มกราคม 2554 ปีที่ 2 ฉบับที่ 3 น. 18, 22 หน้า.
- อภิธา บุญศิริ. 255 6. การบ่ม. ใน ธวัชชัย รัตน์ชเลศ, วิลาวัลย์ คำปวน และธีรนุช เจริญกิจ. 2556. มะม่วง-การผลิตและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว. ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา. 836 หน้า.
- อัจฉรา บุญโรจน์. 2530. การยืดอายุปักแจกันของดอกกล้วยไม้หวายยูพตีวัน โดยใช้กลูโคส ซูโครส ไฮดรอกซีควิโนลีนซัลเฟต ซิลเวอร์ไนเตรท และซิลเวอร์ไอโอซัลเฟต. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 142 หน้า.
- Abeles, F.B., P. Morgan and M.E. Saltveit. 1992. **Ethylene in plant biology**, 2nd edition, Academic Press, San Diego, CA.
- Ali, Z.M., S. Armugam and H. Lazan. 1995. **β -galactosidase and its significance in ripening mango fruit**. *Phytochemistry* 38: 1109-1114.

- Beyer, E.M., 1978. **Effect of Ag⁺, CO₂ and O₂ on ethylene action and metabolism.** Plant Physiology 61: 896-899.
- Chacko, E.K., 1970, **Gibberellin-like substances in developing fruit of mango (*Mangifera indica* L.),** HortScience 45: 317-378.
- David, W.F., S.R. Michael and F.Y. Shang. 1980. **Effect of aminooxyacetic acid on postharvest characteristics of carnation.** Acta Horticulturae 113: 59-64.
- Eaks, I.L., 1985. **Effect of calcium on ripening, respiratory rate, ethylene production and quality of avocado fruit.** Journal of American Society for Horticultural Science 110: 145-148.
- Fan, X., S.M. Blankenship and J.P. Mattheis. 1999 . **1-Methylcyclopropene inhibits apple ripening,** Journal of American Society for Horticultural Science 124: 690-695.
- Hirayama, T. and H. Nozaki. 1973. **A facile stereospecific preparation of olefins from pinacols.** Bulletin of Chemistry Society Japan 46: 2248-2249.
- Jha S.K., S. Sethi, M. Srivastav, A.K. Dubey, R.R. Sharma, D.V.K. Samuel and A.K. Singh. 2010. **Firmness characteristics of mango hybrids under ambient storage.** Journal of Food Engineering 97: 280-212.
- Kapse, B.M. and J.S. Katrodia. 1997. **Ripening behaviour of 'Kesar' mangoes in relation to specific gravity.** Acta Horticultural 455: 669-678.
- Kader, A.A.. 1985. **Postharvest biochemistry and technology: An overview, in Postharvest technology of horticultural crops,** Edited by Kader, A.A., R.F. Kasmire, F.G. Mitchell, M.S. Reid, N.F. Sommer and J.F. Thomson. University of California, Div of Agri and Natl. Res. p. 3-7.
- Kader, A.A. and B. Mitcham. 2008. **Optimum procedures for ripening mangoes.** p. 47-48. In: **Fruit ripening and ethylene management.** Publication series 9. University of California postharvest technology research and information center. Davis, CA.
- Leslie, C.A. and R.G.Romani. 1988. **Inhibition of ethylene biosynthesis by salicylic acid.** Plant Physiol. 88: 833-837.
- Li, N., B.L. Parsons, D. Liu and A.K. Mattoo. 1992. **Accumulation of wound-inducible ACC synthase transcript in tomato fruit is inhibited by salicylic acid and polyamines.** Plant Mol. Biol. 18: 477-487.

- Lizada, M.C.C.. 1993. **Mango, Biochemistry of fruit ripening**. Edited by Seymour, G.B., J.E. Taylor and G.A. Tucker. Chapman&Hall, New York, 255-271 pp.
- Luangprasert, K., J. Uthaibutra and K. Saengnil. 2010. **The effect of sugar application on the concentrations of anthocyanin and flavonol of 'Mahajanaka' mango (*Mangifera indica* L. cv. Mahajanaka) fruit**. Chiang Mai Journal of Science 37(2): 355-362.
- Magid, R.M., T.C. Clarke, and C.D. Duncan. 1971. **An efficient and convenient synthesis of 1-methylcyclopropene**, Journal Organic Chemistry. 36: 1320-1321.
- Mapeli, A.M., M.A. Moura, F.L. Finger, and J.G. Barbosa. 2009. **Postharvest quality of *Epidendrum ibaguense* inflorescences**. Magestra 21: 321-328.
- McDonald, R.E., T.G. McCollum and E.A. Baldwin. 1998. **Heat treatment of mature green tomatoes: differential effects of ethylene and partial ripening**.
- P.K. Siam Mart Co., Ltd.. 2012. การส่งออกมะม่วง. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.pk-siam.com/website/mart/fruits/mango/mango_exp.html# (20 มิถุนายน 2555).
- Pe'rez A.G., C. Sanz, J.J. Ri'os, R. Oli'as and J.M. Oli'as. 1999. **Effect of ozone treatment on postharvest strawberry quality**. J Agric Food Chem 47(4): 1652-1656.
- Pearson D.. 1971. **The Chemical Analysis of Food**. Chemical Publishing, New York.
- Pesis, E., D. Faiman and R. Goren. 1995. **Inhibition of ethylene production and ACC oxidase activity in avocado by acetaldehyde vapours**. Proc. World Avocado Congress III. 354-361 pp.
- Production: **Growth is the Norm**. Chemical and Engineering News 84(28): 59. July 10, 2006. p. 59-68 <http://pubs.acs.org/cen/coverstory/84/pdf/8428production.pdf>
- Rhodes, M.J.C.. 1980. **The maturation and ripening of fruits**. In K.V. Thimann. Senescence in plants. CRC Press, Inc., Florida. 157-205 pp.
- Robert C.J. Spencer. 2003. **Ozone as a postharvest treatment for potatoes**. A thesis for the degree of Master of Science. In the department of plant sciences. University of Saskatchewan Saskatoon, SK, Canada. 139 pages.
- Ryu, Z., J. Zheng, M. Wang and B. Zhang. 1999. **Characterization of pore size distributions on carbonaceous adsorbents by DFT**. Carbon. 37(8): 1257-1264.
- Salunkhe, D.K. and B.B. Desai. 1984. **Postharvest biotechnology of fruits**. 1: 208-210.

- Santer, S.S., K.A. Nishijima and H.T. Chen. 1994. **Heat treating 'Sharwil' avocado for cold tolerance in quarantine cold treatment.** HortScience 29: 1166-1168.
- Serek, M., M.S. Reid and E.C. Sisler. 1994. **A volatile ethylene inhibitor improves the postharvest life of potted roses.**
- Sirisomboon P., S., Boonmung, P., Pornchaloempong and M., Pithuncharurnlap. 2008. **A preliminary study on classification of mango maturity by compression test.** Tayloe & Francis 11: 206-212.
- Sisler, E.C. and S.M. Blankenship. 1993. **Diazocyclopentadiene (DACP) a light sensitive reagent for the ethylene receptor in plants.** Plant Growth Regulator 12: 125-132.
- Sisler, E.C., E. Dupille and M. Serek. 1996. **Effect of 1-methylcyclopropene and methylenecyclopropane on ethylene binding and ethylene action on cut carnation.** Plant Growth Regulator 18: 79-86.
- Sisler, E.C., R. Goren and M. Huberman. 1985. **Effect of 2,5-norbornadiene on abscission and ethylene production in citrus leaf plants.** Physiology Plant. 63: 114-120.
- Sisler, E.C. and M. Serek. 1999. **Compounds controlling the ethylene receptor.** Botanical Bulletin of Academia Sinica 40: 1-7.
- Veen, H. and J.H.M. Overbeek. 1989. **The action of silver thiosulfate in carnation petals, biochemical and higher plants,** Edited by Clijsters, H., Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 109-117 pp.
- Wilson, C.W., P.E. Shaw and R.J. Knight. 1990. **Importance of some lactones and 2,5-dimethyl-4-hydroxy-3 (2H)-furanone to mango (*Mangifera indica* L.) aroma.** Journal of Agricultural and Food Chemistry 38: 1556-1559.
- Yang, S.F. 1974. **The biochemistry of ethylene: biogenesis and metabolism.** Recent Adv. Phytochem 7: 131-164.
- Yang, S.F. and N.E. Hoffman. 1984. **Ethylene biosynthesis and its regulation in higher plants.** Ann. Rev. Plant Physiology 35: 155-189.
- Zagory D.. 1995. **Ethylene-removing packaging.** In: M.L. Rooney (ed.), Active Food Packaging. Chapman & Hall, 38-51 pp.

ภาคผนวก ก

คุณลักษณะถ่านกัมมันต์ สารดูดซับเอทีดีน และ 1-MCP ที่ใช้ในการทดลอง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ค่าทางห้องปฏิบัติการ (specification) ของถ่านกัมมันต์ และสารเคมีที่นำมาใช้ในงานวิจัย

ถ่านกัมมันต์ชนิดผง

ได้จากบริษัท Union Science Co., Ltd. เลขที่ 257/18-19 ถ.สุเทพ ต.สุเทพ อ.เมือง จ. เชียงใหม่ 50200 เป็นถ่านกัมมันต์เกรดห้องปฏิบัติการ (laboratory reagent grade) รหัสประเภท E16 การตรวจตามมาตรฐาน JIS (Japanese Industrial Standard JIS K 1474) พบว่ามีค่าความชื้น 8.8% ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) 10.6 ปริมาณเถ้า 4.9% และปริมาณผงถ่านที่ไม่ลอดผ่านตะแกรงขนาด 200 mesh 16.1% ความสามารถในการดูดซับไอโอดีนตรวจตามมาตรฐาน JWVA (Japanese Water Works Association JWVA K 1132001) 905 mg/g ผลิตเมื่อพฤษภาคม 2010 ผู้ลงนามออกใบรับประกัน คือ บริษัท Century Chemical Works Sdn. Bhd. เมืองปีนัง ประเทศมาเลเซีย

ถ่านกัมมันต์ชนิดแกรนูล

เป็นถ่านกัมมันต์เกรดเคมีวิเคราะห์ (analytical reagent grade) ได้จากบริษัท Loba Chemie Co., Ltd. ประเภทแกรนูล (granular) ผลิตเมื่อเดือนกรกฎาคม 2010 ทำการเคมีวิเคราะห์เพื่อออกใบ certificate of analysis เมื่อวันที่ 18 กรกฎาคม 2010 รหัส article no. : 2693, batch no. : S052810 มีลักษณะแกรนูลสีดำ มีส่วนที่ละลายได้ในกรด HCl 1.22% ผ่านมาตรฐาน <5% มีส่วนที่ละลายได้ในน้ำ 0.52% ผ่านมาตรฐาน <2% ผ่านการทดสอบสารประกอบไซยาโน (cyano compound) โพลีไซคลิกอโรมาติก (polycyclic aromatics) และทาร์ (tar product) ปริมาณโลหะหนัก <0.01% สารหนู (As) <0.0005% ตะกั่ว (Pb) <0.005% ธาตุเหล็ก 0.04% ธาตุสังกะสี (Zn) <0.15% ความสามารถในการดูดซับ n-Hexane <30% สารที่เหลือเมื่อเผาที่ 800°C 1.93% การสูญเสียเมื่ออบแห้งที่ 120°C 8.08% ความสามารถในการดูดซับไอโอดีน 790 mg/g ผู้ลงนามออกใบรับประกัน คือ บริษัท Loba Chemie Co., Ltd. เมืองมุมไบ ประเทศอินเดีย

ถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ด

เป็นของบริษัท C. Gigantic Carbon Co., Ltd. ตั้งอยู่เลขที่ 67 หมู่ 2 ถนนราชสีมา-โชคชัย ต.หนองบัวศาลา อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000 เป็นถ่านกัมมันต์เกรดการค้า (commercial grade) รหัสประเภทของบริษัท CGC-11A ผลิตจากกะลามะพร้าว ขนาด 4x8 mesh ตรวจค่าพื้นที่ผิวทั้งหมด ด้วยวิธี N_2 Brunauer, Emmett and Teller (BET) Method 1,050 m^2/g มีความหนาแน่นปรากฏ (apparent density) 0.48-0.54 g/cc. ค่า iodine number ไม่ต่ำกว่า 1,050 mg/g ความสามารถในการดูดซับ Carbon tetrachloride ไม่ต่ำกว่า 55%w/w ปริมาณเถ้าสูงสุดมีไม่เกิน 6% ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) 9-11

สารดูดซับเอทิลีนทางการค้า

Ethyl-GONE Ethylene Absorber ได้จากบริษัท ไบโอเซฟเฟอร์ จำกัด เลขที่ 99/220 ถนนเทศบาลสงเคราะห์ แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900 บรรจุซองละ 10 g ไม่ได้แสดงสารประกอบเพราะเป็นความลับกรรมวิธีของแต่ละบริษัท แต่ผู้เขียนเห็นลักษณะคล้าย zeolite มีสีม่วง และเมื่อใช้แล้วเป็นสีค่อนข้างน้ำตาลไป สันนิษฐานว่าเป็นสารสำคัญของการออกซิไดซ์เอทิลีน คือ KMnO_4

1-Methylcyclopropene

ชื่อการค้า คือ ไบโอลิน ได้จากบริษัท (ผู้แทนจำหน่าย) ไบโอเซฟเฟอร์ จำกัด เลขที่ 99/220 ถนนเทศบาลสงเคราะห์ แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900 เป็นของแข็งสีขาว ซึ่งจะปลดปล่อย 1-MCP ในอัตรา 900 ppb/m^3 เมื่อ 1 เมตร (น้ำหนัก 1.200 g) ละลายในน้ำอุ่น 40°C 15-20 mL





ภาคผนวก ข

แสดงค่าการจัดระดับทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 1 แสดงการจัดระดับสถิติของค่าความถ่วงจำเพาะในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา

Storage Day	Control		50,000 times		150,000 times		250,000 times		350,000 times	
1	1.01	a	1.02	a	1.01	a	1.02	a	1.02	a
2	1.02	a	1.02	a	1.03	a	1.03	a	1.01	a
3	1.01	a	1.01	a	1.01	a	1.02	a	1.01	a
4	1.02	a	1.02	a	1.04	a	1.04	a	0.97	a
5	1.01	a	1.01	a	1.02	a	1.02	a	1.05	b
6	1.03	a	1.02	a	1.02	a	1.03	a	1.02	a
7	1.01	a	1.02	a	1.01	a	1.03	a	1.01	a
8	1.01	a	1.03	a	1.02	a	1.03	a	1.01	a
9	1.02	a	1.03	a	1.01	a	1.02	a	1.01	a
10	1.02	a	1.02	a	1.02	a	1.02	a	1.02	a
11	1.02	a	1.01	a	1.03	a	1.03	a	1.03	a
12	1.02	a	1.04	a	1.03	a	1.01	a	1.02	a
13	1.02	a	1.03	a	1.04	a	1.02	a	1.02	a
14	1.04	b	1.03	ab	1.02	a	1.02	a	1.03	ab
15	1.02	a	1.02	a	1.03	a	1.03	a	1.03	a
16	1.03	a	1.01	a	1.02	a	1.01	a	1.01	a
17	1.03	a	1.01	a	1.01	a	1.00	a	1.02	a
18	1.02	a	1.03	a	1.02	a	1.01	a	1.02	a
19	1.02	a	1.03	a	1.01	a	1.01	a	1.03	a
20	1.03	a	1.02	a	1.02	a	1.01	a	1.01	a
21	1.03	a	1.02	a	1.01	a	1.02	a	1.02	a
22	1.05	b	1.02	ab	1.01	a	1.00	a	1.01	a
23	1.02	a	1.04	a	1.02	a	1.01	a	1.01	a
24	1.02	a	1.02	a	1.01	a	1.00	a	1.01	a
25	1.02	a	1.03	a	1.02	a	1.01	a	1.03	a
26	1.03	a	1.03	a	1.02	a	1.02	a	1.01	a
27	1.04	a	1.02	a	1.03	a	1.03	a	1.02	a
28	1.03	a	1.03	a	1.02	a	1.01	a	1.03	a
29	1.03	a	1.05	a	1.01	a	1.09	a	1.01	a
30	1.01	a	1.02	a	1.01	a	1.01	a	1.01	a
31	1.02	a	1.03	a	1.01	a	1.03	a	1.02	a
32	1.02	a	1.02	a	1.03	a	1.02	a	1.04	a
33	1.02	a	1.01	a	1.03	a	1.02	a	1.01	a
34	1.03	a	1.04	a	1.02	a	1.01	a	1.02	a
35	1.03	a	1.02	a	1.03	a	1.01	a	1.03	a
36	1.03	a	1.04	a	1.04	a	1.02	a	1.03	a
37	1.05	a	1.03	a	1.03	a	1.03	a	1.02	a
38	1.04	a	1.04	a	1.03	a	1.03	a	1.02	a
39	1.04	a	1.03	a	1.04	a	1.04	a	1.03	a
40	1.03	a	1.03	a	1.01	a	1.02	a	1.02	a
41	1.04	b	1.04	b	1.03	b	1.01	a	1.03	ab
42	1.03	a	1.03	a	1.02	a	1.03	a	1.02	a
43	1.02	a	1.03	a	1.02	a	1.02	a	1.03	a
44	1.01	a	1.04	a	1.02	a	1.02	a	1.02	a
45	1.01	a	1.03	a	1.00	a	1.03	a	1.03	a

ตัวอักษรหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวนอนแสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

ตารางภาคผนวกที่ 2 แสดงการจัดระดับสถิติของค่าสี L* ที่เปลี่ยนบริเวณใกล้ขั้วผลในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา

Storage Day	Control	50,000 times	150,000 times	250,000 times	350,000 times
1	69.71 a	69.98 a	65.98 a	67.60 a	66.63 a
2	75.72 a	75.49 a	73.17 a	72.56 a	72.02 a
3	71.58 ab	77.21 b	73.79 ab	70.44 a	70.68 a
4	73.71 a	73.34 a	75.32 a	72.80 a	71.42 a
5	74.28 a	77.01 a	76.48 a	72.62 a	74.60 a
6	72.84 a	73.52 a	69.70 a	73.28 a	71.17 a
7	69.56 ab	73.84 b	70.88 ab	69.07 ab	67.00 a
8	81.07 ab	79.41 ab	79.85 ab	82.17 b	75.26 a
9	79.83 a	79.50 a	77.97 a	78.38 a	78.00 a
10	77.38 a	79.40 a	75.85 a	77.34 a	78.93 a
11	79.65 a	77.80 a	80.05 a	77.56 a	79.08 a
12	79.98 a	80.19 a	81.70 a	76.99 a	78.92 a
13	70.62 a	80.13 a	59.85 a	80.59 a	78.65 a
14	80.37 b	80.35 b	78.05 ab	76.89 a	76.80 a
15	79.06 a	76.12 a	78.78 a	80.38 a	79.89 a
16	77.23 a	80.56 a	78.27 a	78.27 a	75.35 a
17	80.82 a	78.43 a	80.36 a	79.68 a	80.74 a
18	81.08 a	82.13 a	82.77 a	79.41 a	81.81 a
19	78.71 a	81.19 a	78.01 a	80.72 a	79.13 a
20	77.56 a	77.49 a	74.44 a	76.33 a	76.02 a
21	81.49 a	80.98 a	81.41 a	78.89 a	80.26 a
22	81.96 a	81.43 a	78.80 a	81.32 a	68.04 a
23	73.28 a	80.40 a	80.71 a	68.72 a	80.38 a
24	69.69 a	82.10 a	79.54 a	80.05 a	82.44 a
25	62.71 a	80.26 a	79.38 a	79.32 a	70.15 a
26	80.33 b	78.43 b	56.60 a	78.75 b	79.64 b
27	77.50 a	55.27 a	68.97 a	67.49 a	77.01 a
28	77.43 a	79.97 a	79.91 a	79.40 a	75.74 a
29	48.15 a	78.67 a	76.24 a	55.82 a	52.20 a
30	72.12 a	74.21 a	48.36 a	59.11 a	65.09 a
31	61.81 a	44.78 a	65.47 a	59.12 a	63.40 a
32	61.46 a	70.28 a	51.37 a	63.22 a	44.65 a
33	76.43 a	75.05 a	50.66 a	62.84 a	74.37 a
34	44.48 a	58.50 a	51.10 a	33.68 a	40.81 a
35	52.09 ab	72.25 b	36.49 a	59.59 ab	72.40 b
36	61.66 a	38.04 a	46.04 a	63.24 a	52.28 a
37	54.91 a	70.53 a	45.06 a	54.12 a	48.50 a
38	30.86 a	38.16 a	45.40 a	34.01 a	48.13 a
39	39.29 a	63.77 b	30.06 a	38.97 a	46.06 ab
40	31.31 a	55.51 ab	33.09 ab	65.96 b	44.03 ab
41	36.07 a	40.14 a	42.23 a	34.35 a	51.40 a
42	47.89 a	42.94 a	39.30 a	33.33 a	41.58 a
43	36.85 a	36.02 a	50.20 a	34.09 a	44.03 a
44	38.85 a	41.02 a	35.02 a	34.18 a	46.40 a
45	32.85 a	37.57 a	37.06 a	34.03 a	32.85 a

ตัวอักษรหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวนอนแสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

ตารางภาคผนวกที่ 3 แสดงการจัดระดับสถิติของค่าสี L* ที่เปลือกบริเวณกลางผลในทรีตเมนต์
ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา

Storage Day	Control	50,000 times	150,000 times	250,000 times	350,000 times
1	68.85 a	68.12 a	63.93 a	65.68 a	63.97 a
2	74.28 a	71.88 a	72.87 a	71.66 a	71.80 a
3	70.07 ab	74.41 b	71.42 ab	69.08 a	72.57 ab
4	71.00 ab	71.39 ab	73.41 b	70.94 ab	67.78 a
5	72.91 ab	74.39 b	75.21 b	69.94 a	70.37 a
6	70.54 a	71.67 a	67.98 a	69.98 a	71.87 a
7	69.32 a	70.45 a	69.00 a	69.61 a	65.56 a
8	79.57 b	77.53 ab	76.74 ab	78.53 b	73.99 a
9	78.27 a	78.76 a	76.86 a	78.36 a	53.79 a
10	78.40 a	78.03 a	75.38 a	77.16 a	75.00 a
11	79.46 b	76.02 ab	77.93 ab	76.62 ab	75.19 a
12	78.94 a	77.82 a	80.03 a	77.01 a	76.18 a
13	79.70 a	77.99 a	77.25 a	76.01 a	76.65 a
14	79.17 a	78.99 a	76.88 a	76.78 a	77.23 a
15	77.10 a	75.49 a	75.97 a	76.86 a	78.06 a
16	76.38 a	78.10 a	76.11 a	77.50 a	74.96 a
17	80.59 b	78.86 b	78.22 b	74.40 a	79.67 b
18	79.45 a	80.53 a	80.20 a	77.19 a	79.59 a
19	76.90 a	77.52 a	76.76 a	76.85 a	77.45 a
20	74.13 a	76.20 a	74.26 a	71.99 a	73.41 a
21	80.33 a	79.73 a	78.25 a	76.80 a	78.71 a
22	78.82 a	79.69 a	79.83 a	80.27 a	78.61 a
23	72.87 a	80.29 a	79.71 a	80.32 a	79.20 a
24	78.77 a	81.68 b	79.71 ab	79.86 ab	80.53 ab
25	74.88 a	79.56 a	80.47 a	77.93 a	78.30 a
26	79.22 a	80.15 a	73.07 a	78.93 a	80.50 a
27	78.49 a	67.54 a	66.54 a	63.35 a	75.49 a
28	77.56 a	78.93 a	78.24 a	78.53 a	77.43 a
29	62.84 a	78.53 a	78.72 a	71.09 a	75.37 a
30	77.00 a	73.76 a	65.79 a	77.07 a	75.32 a
31	72.83 a	66.87 a	74.00 a	61.28 a	57.16 a
32	68.21 a	71.63 a	66.95 a	75.13 a	56.03 a
33	72.18 a	74.98 a	62.91 a	69.18 a	76.70 a
34	47.25 a	59.73 a	74.79 a	74.83 a	67.39 a
35	74.89 a	78.59 a	70.96 a	60.54 a	61.10 a
36	77.74 a	64.27 a	75.88 a	65.28 a	64.28 a
37	46.25 a	75.38 a	62.52 a	64.96 a	66.25 a
38	42.68 a	35.40 a	54.09 ab	73.82 b	78.62 b
39	38.31 a	69.56 a	47.28 a	51.43 a	57.36 a
40	47.31 a	74.12 a	61.82 a	72.35 a	61.16 a
41	61.64 b	45.08 ab	41.57 ab	35.82 a	52.73 ab
42	52.44 a	48.69 a	47.42 a	35.06 a	53.76 a
43	47.96 a	43.42 a	60.13 a	41.91 a	47.15 a
44	35.06 a	47.90 a	34.91 a	35.06 a	35.94 a
45	33.33 a	37.27 a	56.14 a	42.77 a	44.98 a

ตัวอักษรหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวนอนแสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

ตารางภาคผนวกที่ 4 แสดงการจัดระดับสถิติของค่าสี L* ที่เปลี่ยนบริเวณใกล้ปลายผลในทุเรียนพันธุ์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา

Storage Day	Control	50,000 times	150,000 times	250,000 times	350,000 times
1	66.15 a	64.68 a	60.72 a	63.03 a	61.50 a
2	71.93 a	68.50 a	67.87 a	70.09 a	68.08 a
3	65.45 a	70.08 a	68.29 a	65.20 a	69.85 a
4	70.55 a	68.87 a	70.51 a	64.57 a	63.98 a
5	70.90 ab	71.70 b	70.98 ab	66.57 a	66.27 a
6	66.76 a	76.24 a	66.45 a	67.75 a	69.26 a
7	68.04 bc	69.34 c	67.30 bc	65.85 ab	63.83 a
8	76.19 b	75.04 ab	74.04 ab	77.53 b	71.27 a
9	73.85 a	76.86 a	74.06 a	75.85 a	75.12 a
10	74.59 a	77.52 a	73.28 a	76.86 a	75.46 a
11	75.42 b	70.80 a	76.25 b	73.19 ab	73.75 ab
12	77.57 a	73.69 a	78.27 a	76.56 a	75.98 a
13	78.11 a	76.14 a	74.88 a	76.15 a	73.69 a
14	81.09 b	76.95 ab	75.60 a	73.50 a	74.40 a
15	73.44 a	75.10 a	75.61 a	75.52 a	73.50 a
16	71.53 ab	77.45 b	73.17 ab	74.12 ab	69.07 a
17	76.71 a	76.73 a	78.42 a	76.99 a	76.97 a
18	78.19 a	79.31 a	78.11 a	76.82 a	80.37 a
19	74.37 a	76.68 a	76.88 a	74.82 a	76.87 a
20	70.92 a	76.29 b	73.09 ab	75.26 ab	72.40 ab
21	78.84 a	77.87 a	77.85 a	75.50 a	77.38 a
22	77.84 a	76.98 a	77.61 a	78.66 a	78.52 a
23	78.46 a	77.78 a	78.26 a	78.37 a	76.86 a
24	76.59 a	79.22 a	77.16 a	77.08 a	79.17 a
25	73.75 a	78.35 a	77.56 a	79.16 a	75.90 a
26	76.93 a	79.20 a	77.84 a	79.29 a	78.39 a
27	77.42 a	77.53 a	74.22 a	76.21 a	77.67 a
28	72.36 a	77.24 a	77.02 a	76.59 a	60.84 a
29	59.52 a	77.59 a	58.33 a	76.57 a	60.64 a
30	61.85 a	74.71 a	60.20 a	72.70 a	68.93 a
31	64.17 a	56.91 a	69.23 a	63.97 a	53.16 a
32	61.52 ab	69.92 b	69.42 b	71.66 b	48.79 a
33	72.18 a	72.79 a	62.10 a	71.40 a	73.69 a
34	46.88 a	59.56 a	63.45 a	74.27 a	52.71 a
35	74.11 a	75.37 a	56.06 a	64.63 a	55.14 a
36	72.50 a	74.36 a	48.22 a	61.58 a	61.54 a
37	37.58 a	57.37 ab	71.17 b	58.12 ab	73.69 b
38	36.21 a	49.73 a	58.25 a	61.01 a	74.68 a
39	39.26 a	48.36 a	58.41 a	58.57 a	48.24 a
40	48.03 a	61.07 a	65.36 a	50.54 a	36.29 a
41	51.27 a	47.11 a	48.37 a	48.96 a	41.40 a
42	48.73 a	54.32 a	44.88 a	39.88 a	52.89 a
43	38.04 a	33.85 a	34.68 a	38.07 a	46.52 a
44	36.64 a	56.58 a	38.73 a	47.05 a	55.85 a
45	46.38 a	36.16 a	47.76 a	35.20 a	44.23 a

ตัวอักษรหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวนอนแสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

ตารางภาคผนวกที่ 5 แสดงการจัดระดับสถิติของการเปลี่ยนแปลงค่าสี L* ที่เปลือกเมล็ดแห้ง 3
ตำแหน่งในทริตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา

Storage Day	Control	50,000 times	150,000 times	250,000 times	350,000 times
1	68.24 a	67.59 a	63.54 a	65.44 a	64.04 a
2	73.98 a	71.96 a	71.30 a	71.44 a	70.63 a
3	69.03 ab	73.90 b	71.17 ab	68.24 a	71.03 ab
4	71.75 ab	71.20 ab	73.08 b	69.44 ab	67.73 a
5	72.70 ab	74.37 b	74.22 b	69.71 a	70.41 a
6	70.05 ab	73.81 b	68.04 a	70.33 ab	70.76 ab
7	68.97 ab	71.21 b	69.06 ab	68.18 ab	65.46 a
8	78.94 b	77.33 ab	76.88 ab	79.41 b	73.51 a
9	77.32 a	78.37 a	76.30 a	77.53 a	68.97 a
10	76.79 a	78.32 a	74.84 a	77.12 a	76.47 a
11	78.18 a	74.87 a	78.07 a	75.79 a	76.01 a
12	78.83 a	77.23 a	80.00 a	76.85 a	77.02 a
13	76.14 a	78.09 a	70.66 a	77.58 a	76.33 a
14	80.21 c	78.76 bc	76.84 ab	75.72 a	76.14 a
15	76.53 a	75.57 a	76.79 a	77.59 a	77.15 a
16	75.05 a	78.70 a	75.85 a	76.63 a	73.13 a
17	79.37 a	78.01 a	79.00 a	77.02 a	79.13 a
18	79.57 a	80.66 a	80.36 a	77.81 a	80.59 a
19	76.66 a	78.47 a	77.22 a	77.46 a	77.82 a
20	74.20 a	76.66 a	73.93 a	74.53 a	73.94 a
21	80.22 a	79.53 a	79.17 a	77.06 a	78.78 a
22	79.54 a	79.36 a	78.75 a	80.08 a	75.06 a
23	74.87 a	79.49 a	79.56 a	75.80 a	78.82 a
24	75.02 a	81.00 a	78.81 a	79.00 a	80.71 a
25	70.45 a	79.39 a	79.14 a	78.80 a	74.78 a
26	78.83 b	79.26 b	69.17 a	78.99 b	79.51 b
27	77.80 a	66.78 a	69.91 a	69.02 a	74.45 a
28	75.78 a	78.71 a	78.39 a	78.17 a	71.34 a
29	56.84 a	78.27 b	71.10 ab	67.83 ab	62.74 ab
30	56.74 a	74.23 a	58.12 a	69.63 a	69.78 a
31	66.27 a	56.19 a	69.57 a	61.46 a	57.91 a
32	63.73 a	70.61 a	62.58 a	70.00 a	49.82 a
33	73.59 a	74.27 a	58.56 a	67.81 a	74.92 a
34	46.20 a	59.27 a	63.11 a	60.93 a	53.64 a
35	67.03 ab	75.40 b	54.50 a	61.59 ab	62.88 ab
36	70.63 a	58.89 a	56.71 a	63.37 a	59.37 a
37	46.25 a	67.76 a	59.58 a	59.07 a	62.81 a
38	36.58 a	41.10 ab	52.58 ab	56.28 ab	67.14 b
39	38.95 a	60.56 a	45.25 a	49.66 a	50.55 a
40	42.22 a	63.57 a	53.43 a	62.95 a	47.16 a
41	49.66 a	44.11 a	44.06 a	39.71 a	48.51 a
42	49.68 a	48.65 a	43.87 a	36.09 a	49.41 a
43	40.95 a	37.76 a	48.34 a	38.02 a	45.90 a
44	36.85 a	48.50 a	36.22 a	38.76 a	46.06 a
45	37.52 a	37.00 a	46.99 a	37.33 a	40.69 a

ตัวอักษรหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวนอนแสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

ตารางภาคผนวกที่ 6 แสดงการจัดระดับสถิติของค่าสี a* ที่เปลือกบริเวณใกล้ขั้วผลในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา

Storage Day	Control	50,000 times	150,000 times	250,000 times	350,000 times
1	-12.06 a	-10.29 a	-11.17 a	-12.86 a	-12.18 a
2	-3.87 a	-6.92 a	-8.35 a	-7.08 a	-5.31 a
3	-10.54 a	-4.87 a	-9.17 a	-10.09 a	-7.24 a
4	-5.38 a	-7.38 a	-6.86 a	-8.59 a	-8.13 a
5	-7.73 a	-3.67 a	-4.49 a	-6.34 a	-4.88 a
6	-6.27 a	-6.49 a	-8.28 a	-5.23 a	-8.32 a
7	-9.47 a	-3.80 a	-7.91 a	-8.73 a	-9.25 a
8	-4.23 a	-7.11 a	-8.24 a	-5.46 a	-6.97 a
9	-5.81 a	-7.16 a	-7.63 a	-6.01 a	-7.28 a
10	-7.75 a	-4.95 a	-9.76 a	-6.68 a	-7.40 a
11	-6.30 a	-9.34 a	-5.95 a	-10.06 a	-6.09 a
12	-3.07 a	-7.61 a	-4.23 a	-7.50 a	-6.96 a
13	1.65 b	-9.25 a	-4.77 a	-8.28 a	-8.29 a
14	-4.72 a	-5.34 a	-8.82 a	-9.78 a	-10.55 a
15	-8.03 a	-9.24 a	-7.90 a	-6.09 a	-3.73 a
16	-7.85 a	-8.84 a	-6.13 a	-1.91 a	-11.09 a
17	-3.44 b	-9.33 a	-4.68 b	-8.06 a	-3.27 b
18	-1.73 a	-2.70 a	-3.76 a	-7.49 a	-3.06 a
19	-10.31 a	-5.75 a	-8.13 a	-5.32 a	-5.49 a
20	-3.35 b	-4.28 ab	-3.24 b	-8.48 a	-7.49 ab
21	-4.28 a	-2.97 a	-8.18 a	-7.15 a	-6.54 a
22	-7.55 a	-4.08 a	-7.22 a	-5.72 a	-5.34 a
23	-4.13 a	-4.82 a	-5.02 a	-1.67 a	-5.94 a
24	-2.35 a	-5.01 a	-3.60 a	-4.20 a	-6.44 a
25	-1.46 a	-2.78 a	-2.52 a	-3.39 a	-1.74 a
26	-2.31 a	-1.66 a	0.98 a	-2.49 a	-2.04 a
27	-1.69 a	0.42 a	-0.81 a	-0.32 a	-2.97 a
28	-2.06 a	-3.03 a	-3.45 a	-3.42 a	-1.33 a
29	2.34 ab	-2.05 a	-2.21 a	1.99 ab	3.18 b
30	-1.51 a	-5.68 a	1.98 a	0.14 a	0.41 a
31	-0.07 a	2.18 a	1.98 a	1.68 a	-0.25 a
32	-0.17 a	-0.86 a	-0.25 a	0.41 a	0.81 a
33	-3.83 a	-1.89 a	1.86 a	-0.90 a	-0.43 a
34	-0.60 a	-0.23 a	0.08 a	3.59 b	0.68 a
35	1.91 a	-0.74 a	2.48 a	1.89 a	-1.14 a
36	0.49 a	3.52 a	2.73 a	0.32 a	2.85 a
37	2.86 a	0.19 a	2.69 a	3.74 a	0.98 a
38	2.98 a	3.97 a	2.05 a	2.60 a	1.36 a
39	3.85 a	3.03 a	2.58 a	2.31 a	1.59 a
40	4.85 a	2.57 a	3.99 a	0.05 a	1.00 a
41	2.51 a	4.38 a	2.29 a	1.20 a	0.96 a
42	2.43 a	4.78 a	2.98 a	2.38 a	5.24 a
43	2.69 a	4.33 a	1.35 a	4.53 a	1.85 a
44	5.13 a	5.18 a	3.65 a	3.58 a	1.54 a
45	3.20 a	5.06 b	3.64 a	3.76 a	3.81 a

ตัวอักษรหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวนอนแสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

ตารางภาคผนวกที่ 7 แสดงการจัดระดับสถิติของค่าสี a* ที่เปลือกบริเวณกลางผลในพีระมอนด์
ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา

Storage Day	Control	50,000 times	150,000 times	250,000 times	350,000 times
1	-11.65 a	-10.90 a	-12.64 a	-11.50 a	-12.24 a
2	-5.94 a	-8.95 a	-7.98 a	-7.79 a	-6.85 a
3	-10.86 a	-6.48 a	-9.36 a	-10.76 a	-7.84 a
4	-7.94 a	-8.27 a	-8.25 a	-7.52 a	-9.65 a
5	-8.23 a	-5.07 b	-6.09 ab	-8.85 a	-8.72 a
6	-9.11 a	-5.60 b	-9.41 a	-6.73 ab	-7.26 ab
7	-7.85 a	-6.68 a	-9.98 a	-9.18 a	-10.58 a
8	-5.30 b	-9.75 ab	-10.41 ab	-8.48 ab	-13.27 a
9	-8.03 a	-8.82 a	-10.55 a	-7.12 a	-8.50 a
10	-9.33 a	-8.80 a	-11.56 a	-10.07 a	-11.24 a
11	-7.35 b	-11.00 ab	-9.26 ab	-11.36 ab	-12.73 a
12	-6.56 a	-10.45 a	-8.51 a	-8.82 a	-10.45 a
13	-4.18 b	-10.66 a	-9.10 ab	-12.41 a	-10.74 a
14	-7.87 a	-8.02 a	-10.99 a	-11.27 a	-10.30 a
15	-10.55 a	-10.48 a	-11.32 a	-8.60 a	-7.42 a
16	-10.33 a	-9.41 a	-9.28 a	-9.05 a	-11.72 a
17	-4.74 ab	-7.40 ab	-2.36 b	-13.54 a	-6.14 ab
18	-8.24 a	-8.21 a	-7.79 a	-10.71 a	-8.87 a
19	-12.50 a	-7.55 a	-9.29 a	-10.04 a	-9.65 a
20	-8.64 ab	-4.24 c	-5.46 bc	-11.29 a	-10.82 a
21	-8.13 a	-5.40 a	-11.03 a	-10.51 a	-9.40 a
22	-11.49 a	-6.97 a	-9.42 a	-7.75 a	-11.51 a
23	-6.64 a	-7.70 a	-7.51 a	-5.27 a	-7.68 a
24	-6.88 a	-6.42 a	-6.22 a	-6.37 a	-8.20 a
25	-1.75 a	-3.89 a	-3.45 a	-6.16 a	-5.69 a
26	-4.20 a	-3.97 a	-3.81 a	-3.19 a	-3.64 a
27	-2.60 a	-4.22 a	-0.29 a	-0.17 a	-5.00 a
28	-3.18 a	-4.14 a	-4.20 a	-5.53 a	-3.88 a
29	3.19 b	-3.08 a	-3.68 a	-1.08 a	-1.16 a
30	-5.16 a	-1.66 a	-2.25 a	-2.98 a	-3.38 a
31	-4.91 a	-1.45 a	-3.61 a	0.36 a	-0.70 a
32	-3.23 a	-2.12 a	-3.33 a	-3.64 a	-0.73 a
33	-3.71 a	-2.97 a	-1.06 a	-1.80 a	-4.38 a
34	0.63 a	0.60 a	-2.02 a	-2.48 a	-2.35 a
35	-0.78 a	-2.54 a	-0.77 a	-0.35 a	-0.34 a
36	-0.58 a	1.77 a	-3.68 a	0.91 a	0.95 a
37	1.26 a	-2.35 a	2.61 a	1.11 a	0.87 a
38	5.38 b	4.34 b	1.01 a	-1.12 a	-1.57 a
39	4.64 b	1.36 ab	1.44 ab	2.34 ab	-0.43 a
40	2.15 a	-1.40 a	0.84 a	-1.46 a	0.18 a
41	1.36 a	4.64 a	3.16 a	3.83 a	3.69 a
42	3.26 a	3.63 a	1.83 a	5.44 a	0.26 a
43	1.56 a	3.36 a	-0.48 a	1.61 a	3.22 a
44	4.84 a	3.08 a	0.66 a	0.86 a	1.10 a
45	3.50 a	2.01 a	0.41 a	3.44 a	3.65 a

ตัวอักษรหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวนอนแสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

ตารางภาคผนวกที่ 8 แสดงการจัดระดับสถิติของค่าสี a* ที่เปลือกบริเวณใกล้ปลายผลในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา

Storage Day	Control	50,000 times	150,000 times	250,000 times	350,000 times
1	-12.17 a	-12.73 a	-13.27 a	-12.62 a	-13.68 a
2	-8.47 a	-10.70 a	-11.05 a	-9.27 a	-10.37 a
3	-12.36 a	-10.34 a	-10.70 a	-11.09 a	-9.72 a
4	-9.90 a	-10.23 a	-10.71 a	-11.51 a	-11.80 a
5	-9.26 a	-6.42 a	-9.42 a	-10.57 a	-10.88 a
6	-10.69 ab	-8.30 a	-11.01 a	-8.41 ab	-9.30 ab
7	-10.04 ab	-8.91 a	-10.58 ab	-10.75 ab	-11.32 a
8	-8.84 a	-12.24 ab	-13.35 ab	-9.86 bc	-14.68 a
9	-9.89 a	-11.79 a	-13.05 a	-9.61 a	-9.98 a
10	-9.50 a	-10.48 a	-11.79 a	-11.19 a	-12.71 a
11	-9.10 a	-12.79 a	-10.78 a	-13.11 a	-13.59 a
12	-7.88 a	-13.33 a	-9.64 a	-9.86 a	-10.38 a
13	-5.10 b	-11.63 a	-10.56 a	-12.08 a	-12.16 a
14	-8.00 a	-9.55 a	-10.96 a	-13.21 a	-2.16 a
15	-11.91 a	-11.33 a	-4.21 a	-9.85 a	-8.26 a
16	-11.71 a	-10.03 a	-11.53 a	-11.79 a	-14.56 a
17	-4.98 c	-10.04 ab	-6.38 c	-11.76 a	-6.67 bc
18	-9.60 a	-7.32 a	-8.38 a	-9.92 a	-6.93 a
19	-12.57 a	-8.35 a	-9.04 a	-9.77 a	-8.61 a
20	-8.80 a	-5.34 a	-5.59 a	-8.99 a	-8.77 a
21	-7.21 a	-7.93 a	-10.93 a	-10.15 a	-9.97 a
22	-11.60 a	-7.62 a	-10.40 a	-8.24 a	-11.37 a
23	-9.06 a	-7.14 a	-8.30 a	-5.79 a	-8.92 a
24	-7.37 a	-7.20 a	-6.72 a	-7.23 a	-8.35 a
25	-2.63 a	-4.22 a	-3.46 a	-5.52 a	-6.45 a
26	-4.91 a	-4.19 a	-6.76 a	-4.66 a	-4.74 a
27	-11.68 a	-3.56 a	-7.24 a	-3.30 a	-5.26 a
28	-3.16 a	-4.24 a	-4.87 a	-6.76 a	-2.33 a
29	0.84 b	-4.01 a	-1.87 ab	-4.06 a	-0.35 ab
30	-5.01 a	-3.18 a	-1.23 a	-4.08 a	-3.72 a
31	-6.20 a	1.22 b	-3.56 ab	-0.18 b	1.18 b
32	-1.74 a	-3.28 a	-4.88 a	-3.93 a	2.63 a
33	-4.08 a	-2.37 a	-0.49 a	-2.46 a	-4.34 a
34	1.53 a	1.38 a	-0.92 a	-2.95 a	-1.57 a
35	-1.78 a	-2.38 a	1.18 a	-0.89 a	0.49 a
36	-0.51 a	-0.99 a	1.64 a	-0.22 a	0.04 a
37	3.40 b	-0.78 ab	-0.59 ab	2.00 ab	-2.96 a
38	4.07 a	3.51 a	1.13 a	0.96 a	-1.86 a
39	3.54 a	2.51 a	-0.09 a	-0.24 a	1.78 a
40	2.50 a	0.07 a	0.08 a	1.99 a	4.22 a
41	2.95 a	2.74 a	2.68 a	1.84 a	3.95 a
42	1.54 a	2.57 a	1.93 a	4.73 a	-0.50 a
43	3.20 a	4.23 a	1.33 a	3.00 a	2.97 a
44	4.10 a	0.49 a	4.29 a	1.41 a	-0.54 a
45	1.44 a	3.90 a	2.30 a	3.34 a	1.36 a

ตัวอักษรหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวนอนแสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

ตารางภาคผนวกที่ 9 แสดงการจัดระดับสถิติของค่าสี a* ที่เปลือกกล้วยทั้ง 3 ตำแหน่งในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา

Storage Day	Control	50,000 times	150,000 times	250,000 times	350,000 times
1	-11.96 a	-11.30 a	-12.36 a	-12.33 a	-12.70 a
2	-6.09 a	-8.86 a	-9.12 a	-8.04 a	-7.51 a
3	-11.25 a	-7.23 a	-9.74 a	-10.65 a	-8.27 a
4	-7.74 a	-8.63 a	-8.60 a	-9.21 a	-9.86 a
5	-8.41 a	-5.05 a	-6.67 a	-8.59 a	-8.16 a
6	-8.69 a	-6.80 a	-9.57 a	-6.79 a	-8.29 a
7	-9.12 a	-6.46 a	-9.49 a	-9.55 a	-10.38 a
8	-6.13 a	-9.70 a	-10.67 a	-7.93 a	-11.64 a
9	-7.91 a	-9.26 a	-10.41 a	-7.58 a	-8.59 a
10	-8.86 a	-8.07 a	-11.03 a	-9.32 a	-10.45 a
11	-7.58 a	-11.04 a	-8.67 a	-11.51 a	-10.80 a
12	-5.84 a	-10.47 a	-7.46 a	-8.72 a	-9.26 a
13	-2.54 b	-10.52 a	-8.14 a	-10.92 a	-10.40 a
14	-6.86 a	-7.64 a	-10.25 a	-11.42 a	-7.67 a
15	-10.16 a	-10.35 a	-7.81 a	-8.18 a	-6.47 a
16	-9.96 a	-9.42 a	-8.98 a	-7.58 a	-12.46 a
17	-4.39 b	-8.92 ab	-4.47 b	-11.12 a	-5.36 b
18	-6.52 a	-6.08 a	-6.64 a	-9.37 a	-6.29 a
19	-11.79 a	-7.22 a	-8.82 a	-8.38 a	-7.92 a
20	-6.93 ab	-4.62 b	-4.77 b	-9.59 a	-9.03 a
21	-6.54 a	-5.43 a	-10.05 a	-9.27 a	-8.63 a
22	-10.21 a	-6.23 a	-9.02 a	-7.24 a	-9.41 a
23	-6.61 a	-6.55 a	-6.95 a	-4.24 a	-7.51 a
24	-5.53 a	-6.21 a	-5.52 a	-5.93 a	-7.66 a
25	-1.95 a	-3.63 a	-3.14 a	-5.02 a	-4.63 a
26	-3.80 a	-3.27 a	-3.20 a	-3.45 a	-3.48 a
27	-5.32 a	-2.46 a	-2.78 a	-1.26 a	-4.41 a
28	-2.80 a	-3.80 a	-4.18 a	-5.24 a	-2.51 a
29	2.12 c	-3.05 a	-2.58 ab	-1.05 bc	0.56 bc
30	-3.89 a	-3.51 a	-0.50 a	-2.30 a	-2.23 a
31	-3.73 a	0.65 a	-1.73 a	0.62 a	0.08 a
32	-1.71 a	-2.08 a	-2.82 a	-2.39 a	0.90 a
33	-3.87 a	-2.41 a	0.11 a	-1.72 a	-3.05 a
34	0.52 a	0.58 a	-0.95 a	-0.62 a	-1.08 a
35	-0.22 a	-1.89 a	0.96 a	0.22 a	-0.33 a
36	-0.20 a	1.43 a	0.23 a	0.34 a	1.28 a
37	2.50 a	-0.98 a	1.57 a	2.28 a	-0.37 a
38	4.14 c	3.94 bc	1.40 ab	0.81 a	-0.69 a
39	4.01 b	2.30 ab	1.31 a	1.47 a	0.98 a
40	3.17 a	0.41 a	1.64 a	0.19 a	1.80 a
41	2.27 a	3.92 a	2.71 a	2.29 a	2.87 a
42	2.41 a	3.66 a	2.25 a	4.18 a	1.67 a
43	2.48 a	3.97 a	0.74 a	3.05 a	2.68 a
44	4.69 b	2.92 ab	2.87 ab	1.95 ab	0.70 a
45	2.71 a	3.66 a	2.12 a	3.51 a	2.94 a

ตัวอักษรหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวนอนแสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

ตารางภาคผนวกที่ 10 แสดงการจัดระดับสถิติของค่าสี b* ที่เปลือกบริเวณใกล้ขั้วผลในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา

Storage Day	Control	50,000 times	150,000 times	250,000 times	350,000 times
1	23.92 a	24.07 a	23.95 a	23.09 a	23.19 a
2	25.22 a	25.66 a	23.82 a	25.25 a	25.66 a
3	23.56 a	22.07 a	22.20 a	25.56 a	23.94 a
4	25.51 b	25.60 b	25.93 b	22.30 a	23.81 ab
5	23.56 a	23.74 a	25.81 a	24.49 a	26.81 a
6	24.00 a	23.40 a	23.03 a	24.06 a	23.02 a
7	22.80 a	25.65 a	24.86 a	23.29 a	25.50 a
8	30.00 a	35.50 b	34.89 b	34.20 ab	32.05 ab
9	31.03 ab	33.37 ab	28.21 a	36.11 b	37.00 b
10	34.40 a	39.28 a	34.55 a	32.94 a	36.39 a
11	33.50 a	31.64 a	35.19 a	33.72 a	31.86 a
12	32.98 a	31.72 a	35.31 a	38.31 a	38.53 a
13	32.29 a	35.37 a	42.78 a	34.09 a	35.41 a
14	28.52 a	30.97 a	31.75 a	34.82 a	32.41 a
15	30.61 a	34.22 a	35.06 a	34.44 a	38.11 a
16	36.64 ab	32.31 a	39.70 b	39.88 b	34.18 ab
17	39.02 a	33.99 a	36.40 a	38.10 a	38.35 a
18	36.08 a	36.52 a	37.62 a	40.10 a	39.32 a
19	31.09 a	36.56 ab	33.77 ab	40.68 b	38.32 ab
20	28.90 a	26.95 a	26.48 a	26.30 a	27.41 a
21	31.97 a	37.90 b	32.99 ab	35.92 ab	32.49 ab
22	36.71 ab	37.66 ab	33.82 ab	39.88 b	25.24 a
23	28.85 a	36.38 a	32.67 a	25.70 a	33.39 a
24	22.71 a	37.39 a	38.12 a	38.24 a	35.28 a
25	23.35 a	38.70 a	40.26 a	36.08 a	30.81 a
26	33.89 ab	41.97 b	19.13 a	41.54 b	41.69 b
27	37.35 a	15.85 a	28.68 a	25.82 a	38.93 a
28	35.27 a	40.48 a	39.76 a	38.73 a	35.95 a
29	12.44 a	40.56 a	45.43 a	16.98 a	15.26 a
30	33.89 a	34.80 a	16.37 a	21.36 a	23.70 a
31	23.13 a	10.54 a	24.49 a	24.12 a	25.81 a
32	28.12 a	40.14 a	16.96 a	26.12 a	15.44 a
33	37.65 a	36.33 a	15.06 a	23.62 a	34.04 a
34	15.48 a	23.54 a	13.44 a	4.32 a	7.20 a
35	9.89 a	32.74 b	1.41 a	20.67 ab	31.80 b
36	19.75 a	2.07 a	14.97 a	19.14 a	11.93 a
37	15.31 a	36.94 a	13.96 a	17.19 a	11.19 a
38	3.25 a	1.18 a	10.00 a	1.89 a	11.53 a
39	-0.32 a	27.53 b	3.24 a	3.90 a	7.12 a
40	4.66 a	23.05 ab	3.10 a	28.49 b	13.37 ab
41	1.37 a	3.74 a	6.19 a	-0.83 a	14.41 a
42	9.77 a	2.69 a	4.50 a	2.40 a	11.04 a
43	2.48 a	1.90 a	12.57 a	3.30 a	8.55 a
44	3.30 a	2.63 a	3.46 a	3.50 a	11.26 a
45	3.00 a	2.92 a	6.69 a	5.06 a	5.68 a

ตัวอักษรหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวนอนแสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

ตารางภาคผนวกที่ 11 แสดงการจัดระดับสถิติของค่าสี b* ที่เปลือกบริเวณกลางผลในพีระมอนด์
ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา

Storage Day	Control	50,000 times	150,000 times	250,000 times	350,000 times
1	22.49 a	22.64 a	23.04 a	22.16 a	22.99 a
2	23.65 a	23.05 a	22.91 a	23.92 a	24.41 a
3	22.75 a	22.99 a	22.10 a	22.90 a	23.46 a
4	23.36 a	24.83 a	23.28 a	22.82 a	23.36 a
5	22.88 a	23.28 a	23.25 a	22.58 a	23.43 a
6	23.22 ab	20.93 a	23.06 ab	24.38 b	21.84 a
7	21.14 a	24.62 b	23.21 ab	24.01 b	23.93 b
8	32.29 a	33.25 a	32.81 a	29.46 a	31.42 a
9	31.70 a	30.27 a	27.75 a	33.81 a	32.35 a
10	33.88 a	35.73 a	33.67 a	30.63 a	34.60 a
11	32.36 a	31.15 a	29.96 a	32.46 a	31.75 a
12	31.19 a	29.35 a	30.06 a	31.76 a	33.16 a
13	38.04 a	33.43 a	37.19 a	31.29 a	31.92 a
14	26.64 a	29.14 ab	30.44 ab	33.56 b	29.98 ab
15	28.83 a	32.91 a	31.07 a	32.15 a	33.15 a
16	32.67 a	28.56 a	30.29 a	33.82 a	29.99 a
17	34.78 a	31.85 a	35.74 a	30.99 a	33.97 a
18	30.97 a	41.83 a	31.18 a	32.49 a	32.98 a
19	29.99 a	34.03 a	31.58 a	34.98 a	32.37 a
20	25.22 a	25.44 a	24.34 a	23.00 a	23.81 a
21	29.46 a	30.76 a	30.01 a	33.08 a	30.17 a
22	30.27 a	33.45 ab	33.17 ab	36.77 b	33.85 ab
23	32.42 a	34.48 a	30.26 a	35.32 a	31.73 a
24	28.89 a	33.46 ab	38.50 c	36.12 bc	32.93 ab
25	32.29 a	35.90 a	37.24 a	36.94 a	36.58 a
26	36.87 a	38.96 a	33.15 a	37.26 a	41.28 a
27	34.72 a	27.33 a	30.44 a	26.05 a	37.08 a
28	35.17 a	40.02 a	38.37 a	35.49 a	36.80 a
29	24.48 a	37.85 a	37.84 a	34.07 a	36.07 a
30	34.51 a	38.25 a	27.71 a	35.91 a	32.27 a
31	38.23 a	33.94 a	33.58 a	29.04 a	24.49 a
32	32.75 a	42.62 a	31.37 a	25.20 a	24.78 a
33	36.64 a	36.41 a	27.25 a	32.82 a	39.59 a
34	16.43 a	25.41 a	38.22 a	32.72 a	24.18 a
35	32.28 a	37.45 a	33.69 a	17.91 a	21.76 a
36	35.11 a	27.41 a	42.07 a	23.09 a	24.64 a
37	22.57 a	40.46 a	25.92 a	25.43 a	29.89 a
38	13.11 a	5.82 a	20.55 ab	38.71 b	36.75 b
39	1.71 a	32.91 b	13.87 ab	12.77 ab	24.11 ab
40	12.36 a	36.26 a	28.92 a	33.90 a	27.42 a
41	27.89 b	8.69 ab	6.89 ab	4.03 a	18.83 ab
42	16.80 a	11.91 a	12.66 a	10.61 a	19.47 a
43	12.64 a	10.89 a	20.83 a	11.87 a	16.18 a
44	2.30 a	12.84 a	8.98 a	9.24 a	7.93 a
45	3.54 a	8.92 a	15.97 a	8.71 a	5.33 a

ตัวอักษรหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวนอนแสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

ตารางภาคผนวกที่ 12 แสดงการจัดระดับสถิติของค่าสี b* ที่เปลือกบริเวณใกล้ปลายผลในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา

Storage Day	Control	50,000 times	150,000 times	250,000 times	350,000 times
1	21.94 a	21.37 a	21.60 a	20.78 a	21.77 a
2	21.96 a	22.29 a	21.85 a	22.16 a	22.41 a
3	20.92 a	21.46 a	20.85 a	20.79 a	21.55 a
4	21.98 a	24.19 b	21.71 a	20.60 a	20.74 a
5	21.55 a	23.82 a	22.27 a	21.17 a	21.56 a
6	20.95 a	20.13 a	21.32 ab	22.64 b	21.00 a
7	20.72 a	21.91 a	21.77 a	22.12 a	21.94 a
8	31.45 a	31.30 b	30.41 ab	28.36 b	30.86 b
9	30.97 a	30.00 a	27.50 a	30.88 a	32.19 a
10	30.47 a	32.15 a	33.36 a	29.07 a	32.30 a
11	30.88 a	30.10 a	29.16 a	30.67 a	29.22 a
12	30.34 a	29.79 a	21.41 a	32.82 a	33.65 a
13	37.09 a	30.89 a	36.77 a	31.00 a	32.77 a
14	27.19 a	28.85 ab	28.57 ab	29.95 b	28.06 ab
15	27.24 a	30.48 b	28.66 ab	29.98 ab	33.64 c
16	30.75 ab	28.12 ab	31.54 bc	32.78 c	27.29 a
17	35.64 b	29.76 a	34.31 ab	32.09 ab	31.74 ab
18	29.78 a	38.88 a	32.52 a	32.26 a	34.81 a
19	30.81 a	33.57 a	35.49 a	35.19 a	34.68 a
20	22.77 a	23.74 a	23.86 a	24.47 a	22.69 a
21	29.36 ab	28.99 ab	30.41 ab	32.51 b	26.95 a
22	29.27 a	30.21 a	31.05 ab	34.36 b	32.94 ab
23	33.15 a	33.34 a	29.81 a	33.26 a	32.91 a
24	30.36 a	33.05 ab	32.34 ab	35.02 b	34.85 b
25	31.65 a	34.34 a	37.56 a	37.32 a	35.50 a
26	32.91 a	35.52 a	37.25 a	36.08 a	38.26 a
27	32.09 a	36.72 a	32.42 a	33.93 a	36.61 a
28	30.26 a	34.69 a	35.76 a	33.14 a	24.37 a
29	21.82 a	37.43 a	22.74 a	38.23 a	24.22 a
30	29.62 a	37.55 a	25.52 a	30.99 a	29.80 a
31	37.82 a	23.63 a	30.87 a	31.97 a	20.07 a
32	26.81 ab	38.50 b	34.88 b	32.71 b	15.41 a
33	33.55 a	32.18 a	25.47 a	35.28 a	37.15 a
34	16.86 a	20.61 a	25.40 a	31.23 a	17.16 a
35	32.23 a	35.14 a	19.31 a	24.08 a	16.85 a
36	30.84 a	31.91 a	20.28 a	22.46 a	25.65 a
37	-0.85 a	22.01 b	34.20 b	18.91 ab	33.86 b
38	13.38 a	16.94 a	21.01 a	25.15 a	34.90 a
39	0.27 a	12.22 a	24.13 a	20.56 a	8.93 a
40	15.20 a	21.66 a	31.30 a	15.81 a	5.70 a
41	16.69 a	9.81 a	10.01 a	13.89 a	9.57 a
42	10.61 a	16.01 a	-7.43 a	9.54 a	21.10 a
43	1.56 a	4.15 a	16.30 a	1.77 a	13.89 a
44	1.58 a	20.68 a	7.33 a	12.18 a	19.60 a
45	8.37 a	2.34 a	7.85 a	5.37 a	13.07 a

ตัวอักษรหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวนอนแสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

ตารางภาคผนวกที่ 13 แสดงการจัดระดับสถิติของค่าสี b* ที่เปลือกกล้วยทั้ง 3 ตำแหน่งในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา

Storage Day	Control	50,000 times	150,000 times	250,000 times	350,000 times
1	22.78 a	22.69 a	22.86 a	22.01 a	22.65 a
2	23.61 a	23.67 a	22.86 a	23.77 a	24.16 a
3	22.41 a	22.18 a	21.71 a	23.08 a	22.98 a
4	23.62 ab	24.87 b	23.64 ab	21.91 a	22.64 a
5	22.66 a	23.61 a	23.78 a	22.75 a	23.93 a
6	22.72 ab	21.49 a	22.47 ab	23.69 b	21.95 ab
7	21.55 a	24.06 b	23.28 ab	23.14 ab	23.79 ab
8	31.25 a	33.35 a	32.70 a	30.67 a	31.44 a
9	31.23 a	31.21 ab	27.82 ab	33.60 b	33.85 b
10	32.92 a	35.72 a	33.86 a	30.88 a	34.43 a
11	32.25 a	30.96 a	31.44 a	32.28 a	30.94 a
12	31.50 ab	30.29 ab	28.93 a	34.30 ab	35.11 b
13	35.81 a	33.23 a	38.91 a	32.13 a	33.37 a
14	27.45 a	29.65 ab	30.25 ab	32.78 b	30.15 ab
15	28.89 a	32.54 ab	31.60 ab	32.19 ab	34.97 b
16	33.35 ab	29.66 a	33.84 ab	35.49 b	30.49 a
17	36.48 b	31.87 a	35.49 ab	33.73 ab	34.69 ab
18	32.28 a	39.08 a	33.77 a	34.95 a	35.70 a
19	30.63 a	34.72 ab	33.61 ab	36.95 b	35.12 ab
20	25.63 a	25.38 a	24.89 a	24.59 a	24.64 a
21	30.26 a	32.55 a	31.14 a	33.84 a	29.87 a
22	32.08 a	33.77 a	32.68 a	37.01 a	30.68 a
23	31.48 a	34.73 a	30.92 a	31.43 a	32.67 a
24	27.32 a	34.63 b	36.32 b	36.46 b	34.35 b
25	29.10 a	36.31 a	38.35 a	36.78 a	34.30 a
26	34.55 ab	38.82 ab	29.84 a	38.29 ab	40.41 b
27	34.72 a	26.63 a	30.51 a	28.60 a	37.54 a
28	33.57 a	38.40 a	37.96 a	35.79 a	32.38 a
29	19.58 a	38.61 b	35.34 ab	29.76 ab	25.18 ab
30	32.67 a	36.87 a	23.20 a	29.42 a	28.59 a
31	33.06 a	22.70 a	29.65 a	28.38 a	23.46 a
32	29.22 ab	40.42 b	27.74 ab	28.01 ab	18.54 a
33	35.94 a	34.97 a	22.59 a	30.57 a	36.93 a
34	16.26 a	23.19 a	25.69 a	22.75 a	16.18 a
35	24.80 ab	35.11 b	18.13 a	20.89 ab	23.47 ab
36	28.57 a	20.46 a	25.77 a	21.56 a	20.74 a
37	12.34 a	33.14 a	24.69 a	20.51 a	24.98 a
38	9.91 ab	7.98 a	17.19 ab	21.92 ab	27.73 b
39	0.55 a	24.22 b	13.74 ab	12.41 ab	13.39 ab
40	10.74 a	26.99 a	21.11 a	26.06 a	15.50 a
41	15.32 a	7.41 a	7.70 a	5.70 a	14.27 a
42	12.39 a	10.20 a	3.24 a	7.52 a	17.20 a
43	5.56 a	5.65 a	16.57 a	5.65 a	12.87 a
44	2.39 a	12.05 a	6.59 a	8.31 a	12.93 a
45	4.97 a	4.72 a	10.17 a	6.38 a	8.03 a

ตัวอักษรหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวนอนแสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

ตารางภาคผนวกที่ 14 แสดงการจัดระดับสถิติของค่า ΔE ที่เปลือกกล้วยทั้ง 3 ตำแหน่งในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา

Storage Day	Control	50,000 times	150,000 times	250,000 times	350,000 times
1	2.48 a	2.00 a	2.25 a	0.70 a	1.83 a
2	10.24 a	7.08 a	6.30 a	7.09 a	6.89 a
3	3.38 ab	9.51 b	5.97 ab	2.92 a	6.54 ab
4	7.49 a	6.85 a	8.18 a	4.74 a	3.00 a
5	7.86 abc	11.18 c	10.14 bc	5.30 a	6.25 ab
6	5.49 ab	9.72 b	3.43 a	7.11 ab	6.33 ab
7	4.52 a	7.99 a	4.27 a	3.57 a	2.14 a
8	16.86 b	15.97 ab	15.09 ab	16.40 ab	11.76 a
9	15.02 a	15.53 a	11.88 a	16.73 a	12.22 a
10	15.45 a	18.60 a	14.50 a	14.33 a	16.04 a
11	16.36 a	12.41 a	15.54 a	13.95 a	13.28 a
12	17.01 a	13.90 a	16.26 a	16.47 a	17.07 a
13	19.34 a	16.35 a	17.49 a	15.23 a	15.18 a
14	16.12 a	15.45 a	13.59 a	14.26 a	13.59 a
15	12.62 a	14.07 a	14.87 a	15.73 a	17.74 a
16	14.37 ab	14.98 ab	15.43 ab	17.46 b	10.79 a
17	20.92 b	15.68 a	19.99 ab	15.86 ab	19.25 ab
18	17.77 a	23.02 a	19.18 a	17.47 a	20.63 a
19	13.54 a	18.23 ab	16.23 ab	18.89 b	17.88 ab
20	10.36 ab	13.52 b	11.23 ab	9.34 a	8.98 a
21	17.28 a	18.26 a	16.03 a	16.19 a	15.31 a
22	16.83 ab	18.56 ab	16.73 ab	20.89 b	12.61 a
23	13.86 a	19.15 a	16.92 a	15.52 a	17.12 a
24	12.30 a	20.29 b	20.05 b	20.14 b	19.53 ab
25	12.96 a	21.12 a	22.53 a	20.53 a	16.57 a
26	19.56 ab	22.88 bc	11.99 a	22.28 bc	24.10 c
27	18.39 a	10.53 a	12.93 a	12.83 a	18.92 a
28	17.54 a	22.06 b	21.41 ab	19.37 ab	18.80 ab
29	17.09 a	22.25 a	16.79 a	13.35 a	13.30 a
30	15.84 a	18.70 a	13.93 a	12.57 a	12.25 a
31	13.43 a	15.98 a	13.12 a	14.65 a	14.55 a
32	12.51 a	21.02 b	11.10 a	11.92 a	20.99 ab
33	17.53 a	17.89 a	14.20 a	13.27 a	19.27 a
34	24.15 b	14.29 ab	11.90 ab	12.49 a	17.62 ab
35	12.18 a	18.82 a	17.84 a	13.15 a	12.18 a
36	14.20 a	15.36 a	15.65 a	12.74 a	14.98 a
37	26.47 a	15.47 a	15.18 a	16.03 a	12.36 a
38	35.74 a	32.87 a	19.65 a	16.07 a	12.61 a
39	38.28 b	15.42 a	26.08 ab	23.42 ab	22.10 ab
40	30.49 a	13.47 a	18.55 a	13.11 a	24.31 a
41	22.80 a	30.94 a	30.23 a	34.24 a	24.34 a
42	23.96 a	26.38 a	32.57 a	37.07 a	22.07 a
43	33.46 a	36.48 a	22.49 a	35.88 a	26.62 a
44	39.08 a	25.22 a	36.80 a	33.64 a	25.42 a
45	36.46 a	37.37 a	26.65 a	36.28 a	32.69 a

ตัวอักษรหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวนอนแสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

ตารางภาคผนวกที่ 15 แสดงการจัดระดับสถิติของค่าสี L* ที่เนื้อบริเวณใกล้ขั้วผลในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา

Storage Day	Control	50,000 times	150,000 times	250,000 times	350,000 times
1	82.40 a	82.37 a	82.65 a	82.79 a	83.31 a
2	81.70 a	82.99 a	77.07 a	84.11 a	83.31 a
3	83.32 a	83.73 a	84.63 a	82.57 a	82.75 a
4	82.98 a	82.73 ab	82.57 ab	82.26 ab	80.70 b
5	82.40 a	76.51 a	83.38 a	81.04 a	81.58 a
6	81.16 a	82.47 a	80.90 a	82.25 a	82.09 a
7	81.31 a	81.25 a	81.91 a	81.19 a	81.57 a
8	85.03 a	87.11 a	86.70 a	86.53 a	85.73 a
9	84.57 a	86.35 a	86.53 a	83.98 a	84.38 a
10	86.85 a	87.87 a	87.12 a	88.34 a	87.56 a
11	85.92 a	87.32 ab	88.13 b	87.65 ab	86.79 ab
12	84.50 a	86.95 a	87.55 a	85.95 a	85.49 a
13	83.08 a	86.79 b	86.40 b	87.66 b	89.13 b
14	86.65 a	84.65 a	86.12 a	85.31 a	85.16 a
15	86.26 ab	84.46 a	86.47 b	86.46 b	85.67 ab
16	85.41 a	86.01 a	85.62 a	85.06 a	85.28 a
17	83.67 a	85.44 a	84.44 a	84.77 a	83.75 a
18	87.43 b	86.29 b	86.21 b	84.02 a	85.97 b
19	86.10 a	85.40 a	85.63 a	83.79 a	85.68 a
20	81.91 b	83.02 b	74.22 a	81.80 b	81.74 b
21	86.98 b	86.47 ab	85.38 ab	84.12 a	86.29 ab
22	85.22 a	84.98 a	82.80 a	84.64 a	78.20 a
23	78.61 a	84.21 a	84.19 a	72.95 a	82.30 a
24	75.09 a	83.09 a	78.45 a	83.08 a	83.49 a
25	74.56 a	78.96 a	80.40 a	76.26 a	79.66 a
26	80.83 a	81.89 a	71.16 a	79.61 a	79.02 a
27	79.23 a	73.07 a	65.53 a	79.54 a	79.53 a
28	80.19 a	79.81 a	71.92 a	80.42 a	76.75 a
29	60.76 ab	78.97 b	64.42 ab	56.92 ab	40.15 a
30	80.13 a	60.37 a	60.08 a	70.60 a	68.55 a
31	56.06 a	51.04 a	67.96 a	71.03 a	60.08 a
32	76.56 a	78.43 a	53.26 a	67.09 a	52.91 a
33	76.69 a	58.29 a	54.03 a	60.23 a	65.82 a
34	55.15 a	57.24 a	66.15 a	39.83 a	49.87 a
35	55.58 b	63.68 b	31.49 a	61.86 b	78.30 b
36	57.08 a	66.48 a	48.49 a	63.09 a	72.13 a
37	43.42 a	49.31 a	51.86 a	49.77 a	64.36 a
38	40.92 a	46.47 a	75.22 a	44.34 a	56.98 a
39	31.64 a	48.68 a	35.86 a	38.42 a	48.31 a
40	32.99 a	66.76 a	38.55 a	46.45 a	49.14 a
41	28.31 a	30.50 a	36.90 ab	42.49 b	37.28 ab
42	48.14 a	41.75 a	49.76 a	55.22 a	50.17 a
43	34.12 a	50.49 a	42.89 a	39.66 a	56.03 a
44	34.62 a	34.60 a	47.72 a	32.14 a	46.61 a
45	36.28 a	35.14 a	47.46 a	42.14 a	41.50 a

ตัวอักษรหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวนอนแสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

ตารางภาคผนวกที่ 16 แสดงการจัดระดับสถิติของค่าสี L* ที่เนื้อบริเวณกลางผลในทรีตเมนต์ต่าง ๆ
ตามจำนวนวันเก็บรักษา

Storage Day	Control	50,000 times	150,000 times	250,000 times	350,000 times
1	82.90 a	83.26 a	83.34 a	83.57 a	83.15 a
2	84.32 a	81.88 a	83.44 a	84.11 a	82.34 a
3	84.13 ab	83.72 ab	84.41 b	82.86 a	82.39 a
4	83.13 b	82.18 ab	82.62 ab	82.38 ab	79.87 a
5	82.88 a	79.60 a	82.84 a	81.61 a	82.18 a
6	82.19 b	82.70 b	80.92 a	81.94 ab	82.38 b
7	81.51 a	80.66 a	82.97 a	81.75 a	81.74 a
8	86.10 a	87.17 a	86.50 a	86.47 a	87.15 a
9	85.24 ab	88.22 b	87.70 ab	87.59 ab	84.62 a
10	88.39 a	87.20 a	87.11 a	87.44 a	86.60 a
11	85.75 a	87.67 a	86.47 a	87.22 a	86.80 a
12	85.07 a	86.23 a	86.71 a	86.84 a	86.32 a
13	68.30 a	86.68 a	86.74 a	87.24 a	87.91 a
14	86.45 a	85.53 a	86.18 a	86.31 a	85.10 a
15	86.12 a	85.61 a	84.52 a	84.64 a	84.98 a
16	85.32 ab	85.20 ab	86.01 b	86.04 b	84.06 a
17	84.05 a	84.76 a	84.67 a	84.84 a	84.72 a
18	87.14 b	85.43 ab	86.00 ab	84.21 a	86.74 b
19	84.94 ab	83.52 a	85.68 b	84.06 ab	85.36 b
20	65.67 a	83.21 a	77.87 a	82.40 a	83.01 a
21	87.76 a	87.36 a	87.11 a	85.14 a	85.03 a
22	85.61 a	85.11 a	85.28 a	85.17 a	86.11 a
23	83.23 abc	84.90 c	84.79 bc	82.58 a	82.79 ab
24	83.13 a	83.69 a	73.13 a	82.13 a	83.23 a
25	77.84 a	82.39 a	82.68 a	82.01 a	81.95 a
26	83.25 a	84.37 a	82.84 a	83.34 a	83.27 a
27	81.57 a	78.34 a	80.44 a	79.82 a	82.38 a
28	82.40 a	80.86 a	80.72 a	81.60 a	79.34 a
29	52.91 a	79.26 a	74.55 a	59.67 a	73.71 a
30	82.35 a	79.30 a	70.26 a	79.83 a	79.91 a
31	77.08 a	72.62 a	71.09 a	64.99 a	59.74 a
32	74.30 a	77.19 a	66.31 a	78.89 a	60.13 a
33	77.32 a	76.96 a	75.86 a	70.28 a	64.37 a
34	49.68 a	62.87 a	79.39 a	80.39 a	66.08 a
35	72.74 a	75.54 a	54.90 a	63.31 a	65.04 a
36	78.44 a	62.46 a	78.44 a	66.41 a	66.29 a
37	60.29 a	63.42 a	65.31 a	54.89 a	74.75 a
38	45.45 a	64.77 ab	71.09 ab	78.55 b	81.78 b
39	31.14 a	79.84 b	53.15 ab	64.29 ab	54.80 ab
40	37.76 a	79.06 b	66.21 ab	63.64 ab	69.17 ab
41	28.68 a	35.58 a	40.39 a	47.39 a	60.71 a
42	46.30 a	43.85 a	36.31 a	51.33 a	47.40 a
43	52.83 a	43.87 a	67.77 a	40.10 a	59.93 a
44	32.27 a	48.74 a	51.22 a	50.40 a	48.27 a
45	40.39 a	44.33 a	48.89 a	35.53 a	36.71 a

ตัวอักษรหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวนอนแสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

ตารางภาคผนวกที่ 17 แสดงการจัดระดับสถิติของค่าสี L* ที่เนื้อบริเวณใกล้ปลายผลในทรีตเมนต์
ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา

Storage Day	Control	50,000 times	150,000 times	250,000 times	350,000 times
1	81.68 a	81.00 a	81.16 a	80.99 a	81.54 a
2	81.28 a	80.74 a	82.19 a	82.40 a	82.04 a
3	82.60 a	82.09 a	81.41 a	80.94 a	80.99 a
4	82.04 a	80.39 a	81.86 a	81.42 a	79.76 a
5	81.13 a	74.49 a	81.98 a	79.46 a	80.33 a
6	79.58 a	82.32 b	81.12 ab	81.29 ab	82.41 b
7	80.87 a	78.87 a	79.68 a	81.29 a	80.01 a
8	84.10 a	84.72 ab	86.41 b	86.31 b	86.03 b
9	82.05 a	85.12 ab	87.07 a	86.80 ab	83.87 ab
10	87.54 a	85.13 a	86.02 a	86.95 a	84.41 a
11	82.71 a	87.03 b	86.46 b	86.34 b	84.95 ab
12	82.99 a	85.74 a	85.35 a	85.57 a	83.86 a
13	82.63 a	85.57 ab	83.70 a	85.94 ab	87.72 b
14	83.99 a	83.27 a	82.83 a	85.69 a	84.05 a
15	83.35 a	83.73 a	82.98 a	83.53 a	78.11 a
16	83.70 ab	84.18 ab	82.79 a	83.73 ab	84.53 b
17	82.22 a	83.10 a	82.70 a	83.97 a	81.99 a
18	85.62 b	82.95 a	82.76 a	82.50 a	83.88 ab
19	82.72 a	82.05 a	82.98 a	80.76 a	83.79 a
20	78.42 ab	78.91 ab	74.30 a	79.70 b	80.06 b
21	83.59 a	84.31 a	83.31 a	82.17 a	84.42 a
22	82.78 a	81.11 a	81.90 a	81.53 a	80.56 a
23	77.73 a	77.77 a	81.63 a	79.02 a	80.30 a
24	77.28 a	80.81 a	75.88 a	78.34 a	80.70 a
25	77.96 a	78.68 a	75.27 a	78.43 a	77.91 a
26	81.04 b	81.99 b	75.14 a	78.73 ab	76.78 ab
27	75.86 a	77.09 a	77.43 a	77.47 a	78.20 a
28	76.32 a	78.12 a	78.73 a	78.76 a	72.20 a
29	61.90 a	77.98 a	59.04 a	76.47 a	45.09 a
30	77.47 a	76.29 a	69.48 a	72.38 a	70.93 a
31	76.27 a	66.90 a	70.62 a	55.43 a	50.18 a
32	74.65 ab	77.52 b	68.21 ab	73.35 ab	54.34 a
33	72.20 a	73.37 a	65.77 a	74.30 a	64.15 a
34	48.12 a	65.25 ab	68.62 ab	72.89 b	70.52 ab
35	70.49 a	69.93 a	60.19 a	63.59 a	61.76 a
36	47.61 a	62.77 a	47.55 a	74.59 a	59.57 a
37	33.70 a	46.57 ab	60.65 ab	60.74 ab	76.62 b
38	47.92 a	69.94 a	72.67 a	61.75 a	60.48 a
39	34.15 a	59.80 a	46.57 a	61.77 a	47.36 a
40	50.51 a	72.27 a	65.27 a	63.40 a	59.96 a
41	34.85 a	56.90 ab	70.38 b	44.58 ab	30.24 a
42	45.23 a	63.18 a	33.09 a	41.26 a	63.04 a
43	34.48 a	39.99 a	51.63 a	33.11 a	48.24 a
44	32.95 a	60.46 a	35.91 a	45.99 a	56.31 a
45	47.09 a	35.92 a	32.06 a	32.28 a	42.65 a

ตัวอักษรหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวนอนแสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

ตารางภาคผนวกที่ 18 แสดงการจัดระดับสถิติของค่าสี L* ที่เนื้อเฉลี่ยทั้ง 3 ตำแหน่งในพรีตเมนต์
ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา

Storage Day	Control	50,000 times	150,000 times	250,000 times	350,000 times
1	82.33 a	82.21 a	82.38 a	82.45 a	82.67 a
2	82.43 a	81.87 a	80.90 a	83.54 a	82.56 a
3	83.35 a	83.18 a	83.48 a	82.12 a	82.04 a
4	82.72 b	81.77 ab	82.35 ab	82.02 ab	80.11 a
5	82.14 a	76.87 a	82.73 a	80.70 a	81.36 a
6	80.98 a	82.50 b	80.98 a	81.82 ab	82.29 b
7	81.23 a	80.26 a	81.52 a	81.41 a	81.11 a
8	85.08 a	86.34 a	86.54 a	86.44 a	86.30 a
9	83.95 a	86.56 a	87.10 a	86.12 a	84.29 a
10	87.59 a	86.74 a	86.75 a	87.58 a	86.19 a
11	84.80 a	87.34 b	87.02 ab	87.07 ab	86.18 ab
12	84.19 a	86.30 a	86.54 a	86.12 a	85.22 a
13	78.00 a	86.35 b	85.61 b	86.95 b	88.25 b
14	85.70 a	84.48 a	85.04 a	85.77 a	84.77 a
15	85.24 a	84.60 a	84.65 a	84.88 a	82.92 a
16	84.81 a	85.13 a	84.81 a	84.94 a	84.62 a
17	83.31 a	84.43 a	83.94 a	84.53 a	83.48 a
18	86.73 c	84.89 ab	84.99 abc	83.58 a	85.53 bc
19	84.59 ab	83.66 ab	84.76 ab	82.87 a	84.94 b
20	75.33 a	81.71 a	75.46 a	81.30 a	81.60 a
21	86.11 a	86.04 a	85.27 a	83.81 a	85.25 a
22	84.54 a	83.73 a	83.33 a	83.78 a	81.62 a
23	79.86 a	82.29 a	83.54 a	78.18 a	81.80 a
24	78.50 a	82.53 a	75.82 a	81.18 a	82.48 a
25	76.79 a	80.01 a	79.45 a	78.90 a	79.84 a
26	81.71 ab	82.75 b	76.38 a	80.56 ab	80.20 ab
27	78.89 a	76.17 a	74.47 a	78.94 a	80.04 a
28	79.63 a	79.60 a	77.12 a	80.26 a	76.10 a
29	58.52 a	78.74 a	66.01 a	64.36 a	52.98 a
30	79.98 a	71.99 a	66.60 a	74.27 a	73.13 a
31	69.80 a	63.52 a	69.89 a	63.82 a	56.67 a
32	75.17 ab	77.71 b	62.59 ab	73.11 ab	55.80 a
33	75.41 a	69.54 a	65.22 a	68.27 a	64.78 a
34	50.99 a	61.79 a	71.39 a	64.37 a	62.16 a
35	66.27 a	69.71 a	48.86 a	62.92 a	68.37 a
36	61.04 a	63.90 a	58.16 a	68.03 a	66.00 a
37	45.80 a	53.10 a	59.27 a	55.13 a	71.91 a
38	44.76 a	60.40 ab	72.99 b	61.55 ab	66.41 b
39	32.31 a	62.77 b	45.19 ab	54.83 ab	50.16 ab
40	40.42 a	72.70 b	56.68 ab	57.83 ab	59.42 ab
41	30.61 a	40.99 a	49.22 a	44.82 a	42.74 a
42	46.56 a	49.59 a	39.72 a	49.27 a	53.54 a
43	40.48 a	44.79 a	54.10 a	37.63 a	54.73 a
44	33.28 a	47.93 a	44.95 a	42.85 a	50.39 a
45	41.25 a	38.46 a	42.80 a	36.65 a	40.29 a

ตัวอักษรหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวนอนแสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

ตารางภาคผนวกที่ 19 แสดงการจัดระดับสถิติของค่าสี a* ที่เนื้อบริเวณใกล้ผิวผลในทรีตเมนต์
ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา

Storage Day	Control	50,000 times	150,000 times	250,000 times	350,000 times
1	-6.80 a	-6.45 a	-6.84 a	-5.90 a	-5.49 a
2	-6.23 a	-6.56 a	-5.06 a	-5.82 a	-6.11 a
3	-5.72 ab	-6.36 a	-4.90 b	-6.50 a	-6.38 a
4	-5.49 ab	-5.28 ab	-5.11 ab	-4.87 b	-6.91 a
5	-5.20 a	-4.47 a	-4.58 a	-4.91 a	-5.42 a
6	-6.37 a	-4.57 b	-5.71 ab	-5.32 ab	-5.04 b
7	-4.77 b	-6.09 ab	-5.13 ab	-5.16 ab	-6.31 a
8	-7.60 a	-6.88 a	-6.76 a	-7.84 a	-5.13 a
9	-9.74 a	-7.96 a	-8.93 a	-8.18 a	-9.18 a
10	-8.75 a	-8.94 a	-9.11 a	-8.84 a	-9.93 a
11	-10.27 a	-8.78 a	-8.58 a	-8.89 a	-9.84 a
12	-8.58 a	-8.14 a	-7.87 a	-8.45 a	-8.63 a
13	-8.81 a	-8.59 a	-8.55 a	-8.26 a	-8.20 a
14	-8.26 a	-9.25 a	-8.75 a	-8.27 a	-8.54 a
15	-7.86 a	-8.58 a	-8.25 a	-7.47 a	-8.50 a
16	-8.98 a	-7.95 a	-9.03 a	-7.82 a	-9.04 a
17	-8.97 a	-8.87 a	-9.29 a	-9.30 a	-8.85 a
18	-8.40 b	-9.73 a	-9.59 a	-9.45 a	-9.15 ab
19	-9.92 a	-9.47 a	-9.03 a	-8.66 a	-9.05 a
20	-11.02 a	-11.06 a	-8.98 b	-10.25 ab	-11.17 a
21	-10.42 a	-10.11 a	-10.39 a	-10.64 a	-10.19 a
22	-11.64 a	-11.63 a	-11.31 a	-11.81 a	-6.78 a
23	-8.12 a	-11.21 a	-10.66 a	-5.91 a	-10.72 a
24	-6.43 a	-11.38 a	-9.08 a	-11.04 a	-10.33 a
25	-5.78 a	-8.38 a	-8.01 a	-6.89 a	-8.35 a
26	-8.48 a	-8.48 a	-3.00 a	-7.09 a	-6.92 a
27	-9.74 a	-5.19 a	-3.15 a	-9.11 a	-9.14 a
28	-9.55 a	-8.96 a	-4.91 a	-8.90 a	-6.97 a
29	-0.54 ab	-7.72 a	-2.91 a	0.20 ab	-5.00 b
30	-7.66 a	-1.88 a	0.00 a	-5.94 a	-4.40 a
31	0.00 a	1.16 a	-3.07 a	-4.41 a	-2.50 a
32	-7.30 a	-7.91 a	0.49 a	-3.32 a	0.06 a
33	-8.22 a	-7.34 a	0.76 a	-2.55 a	3.55 a
34	2.11 a	1.56 a	-3.01 a	-1.81 a	0.59 a
35	1.35 b	-2.75 ab	2.17 b	-0.78 ab	-7.35 a
36	2.40 a	-1.45 a	4.11 a	-0.95 a	-3.92 a
37	2.94 a	1.38 a	2.95 a	3.42 a	-1.63 a
38	5.02 a	1.89 a	-3.68 a	2.53 a	2.18 a
39	8.67 a	4.36 a	8.16 a	9.29 a	5.11 a
40	8.03 b	-2.24 a	8.47 b	5.00 ab	4.01 ab
41	6.13 a	7.16 a	5.53 a	8.20 a	5.63 a
42	3.23 a	7.61 a	3.33 a	3.54 a	2.18 a
43	6.00 a	4.57 a	3.16 a	6.18 a	-1.46 a
44	11.19 a	10.41 a	4.31 a	9.45 a	4.71 a
45	8.33 a	8.10 a	3.56 a	8.81 a	8.22 a

ตัวอักษรหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวนอนแสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

ตารางภาคผนวกที่ 20 แสดงการจัดระดับสถิติของค่าสี a* ที่เนื้อบริเวณกลางผลในทรีตเมนต์ต่างๆ
ตามจำนวนวันเก็บรักษา

Storage Day	Control	50,000 times	150,000 times	250,000 times	350,000 times
1	-6.90 a	-5.75 a	-6.36 a	-5.51 a	-5.39 a
2	-6.20 a	-6.60 a	-5.79 a	-1.94 a	-6.74 a
3	-5.88 ab	-6.55 a	-4.89 b	-6.73 a	-6.22 a
4	-5.66 ab	-6.29 ab	-5.83 ab	-4.99 b	-7.95 a
5	-4.68 a	-5.44 a	-5.21 a	-5.65 a	-5.17 a
6	-6.18 a	-4.44 b	-6.12 a	-5.53 ab	-5.07 ab
7	-3.94 c	-6.38 a	-4.60 bc	-5.54 abc	-6.05 ab
8	-8.66 a	-7.01 b	-7.87 ab	-7.34 b	-7.62 b
9	-9.57 ab	-7.20 b	-8.28 bc	-8.00 c	-9.79 a
10	-8.88 b	-9.02 b	-9.88 ab	-8.76 b	-10.73 a
11	-10.00 a	-9.41 a	-8.59 a	-9.46 a	-9.79 a
12	-8.68 a	-8.90 a	-8.17 a	-8.42 a	-9.05 a
13	-9.15 ab	-10.09 a	-9.02 ab	-8.64 b	-9.70 ab
14	-7.99 a	-9.12 a	-8.99 a	-8.24 a	-9.38 a
15	-8.76 a	-9.21 a	-9.40 a	-8.19 a	-8.59 a
16	-8.92 a	-8.86 a	-9.07 a	-8.10 a	-9.36 a
17	-8.77 a	-9.11 a	-9.19 a	-9.48 a	-8.58 a
18	-8.80 a	-9.27 a	-9.64 a	-9.61 a	-9.42 a
19	-10.75 a	-9.84 a	-8.84 a	-8.88 a	-9.49 a
20	-11.12 a	-10.95 ab	-9.55 c	-9.82 bc	-10.55 abc
21	-10.78 a	-10.39 a	-10.92 a	-10.99 a	-10.16 a
22	-11.36 a	-11.57 a	-11.42 a	-11.35 a	-11.29 a
23	-10.78 a	-11.33 a	-10.45 a	-10.66 a	-10.47 a
24	-10.92 a	-11.09 a	-5.72 a	-10.54 a	-10.70 a
25	-5.93 a	-8.77 a	-8.28 a	-8.90 a	-8.21 a
26	-8.96 a	-8.60 a	-7.99 a	-8.11 a	-7.96 a
27	-9.72 a	-9.04 a	-7.90 a	-8.22 a	-8.81 a
28	-8.99 a	-8.54 a	-7.91 a	-8.73 a	-7.55 a
29	2.05 a	-7.16 a	-5.72 a	1.77 a	-4.83 a
30	-8.06 a	-6.41 a	-3.71 a	-7.45 a	-7.40 a
31	-7.01 a	-6.36 a	-6.50 a	-4.19 a	-3.04 a
32	-7.31 a	-7.59 a	-5.06 a	-8.04 a	-2.86 a
33	-8.00 a	-8.09 a	-6.84 a	-5.73 a	-2.14 a
34	2.55 a	-0.11 a	-6.43 a	-6.70 a	-2.97 a
35	-3.87 a	-4.75 a	1.24 a	-2.01 a	-2.02 a
36	-5.16 a	-0.67 a	-5.25 a	-1.28 a	-1.28 a
37	-2.88 a	0.42 a	-1.66 a	-1.49 a	-3.74 a
38	5.41 b	-2.02 ab	-2.56 ab	-5.22 a	-6.50 a
39	8.29 b	-5.41 a	3.88 abc	-0.03 abc	1.91 abc
40	7.12 b	-5.68 a	-0.37 ab	0.79 ab	-0.92 ab
41	6.20 ab	8.84 b	2.37 ab	5.93 ab	-0.49 a
42	4.56 a	3.64 a	9.18 a	5.66 a	1.58 a
43	4.50 a	3.98 a	-0.75 a	8.62 a	1.04 a
44	5.79 a	3.08 a	4.10 a	4.08 a	3.79 a
45	8.34 a	3.16 a	6.14 a	8.80 a	11.22 a

ตัวอักษรหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวนอนแสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

ตารางภาคผนวกที่ 21 แสดงการจัดระดับสถิติของค่าสี a* ที่เนื้อบริเวณใกล้ปลายผลในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา

Storage Day	Control	50,000 times	150,000 times	250,000 times	350,000 times
1	-6.16 a	-5.95 a	-6.96 a	-6.20 a	-5.77 a
2	-7.07 a	-6.85 a	-6.62 a	-5.61 a	-6.54 a
3	-6.57 ab	-7.35 a	-5.41 b	-7.26 a	-6.59 ab
4	-5.12 b	-6.36 ab	-5.30 b	-5.47 b	-8.20 a
5	-5.28 ab	-4.46 b	-5.32 ab	-6.10 a	-5.59 ab
6	-6.37 a	-4.23 c	-5.40 abc	-6.00 ab	-4.79 bc
7	-4.27 a	-5.85 a	-5.15 a	-4.56 a	-5.52 a
8	-9.05 a	-7.01 b	-7.15 ab	-7.93 ab	-7.50 ab
9	-7.82 a	-6.96 a	-7.54 a	-7.73 a	-8.54 a
10	-7.92 a	-10.08 b	-10.13 b	-9.45 b	-9.20 b
11	-9.42 ab	-8.79 b	-9.09 ab	-8.96 ab	-10.43 a
12	-8.32 a	-8.74 a	-7.64 a	-8.16 a	-9.02 a
13	-8.88 a	-9.21 a	-8.43 a	-8.47 a	-8.65 a
14	-7.94 a	-2.19 a	-8.87 a	-7.58 a	-8.53 a
15	-9.11 a	-8.94 a	-9.19 a	-8.11 a	-8.58 a
16	-9.02 a	-8.47 a	-8.87 a	-8.22 a	-8.73 a
17	-8.58 a	-8.65 a	-8.57 a	-9.10 a	-8.63 a
18	-8.43 b	-9.32 a	-9.29 a	-9.43 a	-9.43 a
19	-10.52 a	-8.88 ab	-9.00 ab	-8.38 b	-9.33 ab
20	-10.42 ab	-10.67 a	-8.85 c	-9.42 bc	-10.25 ab
21	-10.97 a	-10.50 a	-10.86 a	-3.52 a	-10.89 a
22	-10.93 a	-10.85 a	-10.66 a	-10.65 a	-10.31 a
23	-9.63 a	-9.73 a	-10.61 a	-9.67 a	-9.95 a
24	-10.10 a	-10.06 a	-9.02 a	-9.19 a	-9.65 a
25	-5.93 a	-8.77 a	-8.28 a	-8.90 a	-8.21 a
26	-7.48 a	-7.60 a	-4.86 a	-6.29 a	-5.60 a
27	-7.68 a	-2.06 a	-7.46 a	-6.70 a	-7.06 a
28	-7.05 a	-7.24 a	-7.37 a	-7.52 a	-5.40 a
29	2.16 ab	-6.23 a	-1.19 ab	-6.04 a	4.11 b
30	-7.75 a	-6.42 a	-5.09 a	-6.73 a	-6.66 a
31	-7.22 a	-4.33 a	-5.44 a	-1.37 a	0.01 a
32	-6.33 b	-7.34 b	-6.22 b	-5.48 b	0.99 a
33	-7.53 a	-6.80 a	-3.53 a	-6.53 a	2.20 a
34	4.68 b	-1.92 ab	-3.57 ab	-5.85 a	-5.28 a
35	-2.90 a	-4.04 a	-0.78 a	-1.38 a	-2.15 a
36	2.36 a	-0.95 a	3.06 a	-5.40 a	2.11 a
37	7.40 b	3.00 ab	1.36 ab	-0.36 ab	-5.05 a
38	4.99 a	-3.37 a	-5.07 a	-0.26 a	-2.31 a
39	7.28 a	-0.89 a	4.31 a	-0.33 a	2.71 a
40	5.13 a	-5.17 a	-0.12 a	0.22 a	0.80 a
41	7.83 b	1.09 ab	-3.17 a	5.64 b	5.97 b
42	3.46 a	-0.51 a	7.08 a	4.99 a	-0.14 a
43	8.44 a	6.86 a	2.03 a	9.61 a	2.87 a
44	8.55 a	-0.62 a	7.48 a	3.76 a	0.18 a
45	3.64 a	7.30 a	7.08 a	7.51 a	4.09 a

ตัวอักษรหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวนอนแสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

ตารางภาคผนวกที่ 22 แสดงการจัดระดับสถิติของค่าสี a* ที่เนื้อเฉลี่ยทั้ง 3 ตำแหน่งในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา

Storage Day	Control	50,000 times	150,000 times	250,000 times	350,000 times
1	-6.62 a	-6.05 a	-6.72 a	-5.87 a	-5.55 a
2	-6.50 a	-6.67 a	-5.82 a	-4.46 a	-6.46 a
3	-6.06 ab	-6.75 a	-5.06 b	-6.83 a	-6.39 a
4	-5.43 b	-5.98 ab	-5.41 b	-5.11 b	-7.69 a
5	-5.05 a	-4.79 a	-5.04 a	-5.55 a	-5.39 a
6	-6.31 a	-4.42 c	-5.74 ab	-5.62 ab	-4.97 bc
7	-4.32 a	-6.11 a	-4.96 a	-5.09 a	-5.96 a
8	-8.44 a	-6.97 bc	-7.26 bc	-7.70 ab	-6.75 c
9	-9.04 a	-7.37 b	-8.25 ab	-7.97 ab	-9.17 a
10	-8.52 b	-9.34 ab	-9.70 a	-9.02 ab	-9.95 a
11	-9.90 a	-8.99 a	-8.75 a	-9.10 a	-10.02 a
12	-8.53 a	-8.59 a	-7.90 a	-8.34 a	-8.90 a
13	-8.95 a	-9.30 a	-8.67 a	-8.45 a	-8.85 a
14	-8.07 a	-6.85 a	-8.87 a	-8.03 a	-8.82 a
15	-8.58 a	-8.91 a	-8.95 a	-7.93 a	-8.55 a
16	-8.97 a	-8.43 a	-8.99 a	-8.04 a	-7.38 a
17	-8.77 a	-8.87 a	-9.02 a	-9.29 a	-8.69 a
18	-8.54 b	-9.44 a	-9.51 a	-9.50 a	-9.33 ab
19	-10.40 a	-9.40 ab	-8.96 ab	-8.64 b	-9.29 ab
20	-10.56 a	-10.89 b	-9.13 b	-9.83 b	-10.66 b
21	-10.72 a	-10.34 a	-10.72 a	-8.38 a	-10.41 a
22	-11.31 a	-11.35 a	-11.13 a	-11.27 a	-9.46 a
23	-9.51 a	-10.75 a	-10.57 a	-8.75 a	-10.38 a
24	-9.15 a	-10.84 a	-7.94 a	-10.25 a	-10.23 a
25	-5.88 a	-8.64 a	-8.19 a	-8.23 a	-8.26 a
26	-8.30 a	-8.23 a	-5.28 a	-7.17 a	-6.83 a
27	-9.05 a	-5.43 a	-6.17 a	-8.01 a	-8.34 a
28	-8.53 a	-8.25 a	-6.73 a	-8.38 a	-6.64 a
29	1.22 ab	-7.04 a	-3.27 ab	-1.36 ab	6.36 b
30	-7.82 a	-4.90 a	-2.93 a	-6.71 a	-6.15 a
31	-4.75 a	-3.18 a	-5.01 a	-3.32 a	-1.84 a
32	-6.98 a	-7.61 a	-3.60 ab	-5.61 ab	-0.60 b
33	-7.92 a	-7.41 a	-3.20 a	-4.94 a	15.64 a
34	3.11 a	-0.16 a	-4.34 a	1.86 a	-2.55 a
35	-1.80 a	-3.85 a	0.88 a	-1.39 a	-3.84 a
36	-0.13 a	-1.02 a	0.64 a	-2.54 a	-1.03 a
37	2.49 a	1.60 a	0.88 a	0.52 a	-3.47 a
38	5.14 a	-1.17 b	-3.77 b	-0.98 b	-2.21 b
39	8.08 b	-0.65 a	5.45 ab	2.98 ab	3.24 ab
40	6.76 b	-4.36 a	2.66 ab	2.01 ab	1.29 ab
41	6.72 b	5.70 ab	1.58 a	6.59 b	3.70 ab
42	3.75 a	3.58 a	6.53 a	4.73 a	1.21 a
43	6.31 a	5.14 a	1.48 a	8.14 a	0.82 a
44	8.51 a	4.29 a	5.30 a	5.76 a	2.89 a
45	6.77 a	6.19 a	5.59 a	8.37 a	7.84 a

ตัวอักษรหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวนอนแสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

ตารางภาคผนวกที่ 23 แสดงการจัดระดับสถิติของค่าสี b* ที่เนื้อบริเวณใกล้ผิวผลในทรีตเมนต์
ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา

Storage Day	Control	50,000 times	150,000 times	250,000 times	350,000 times
1	18.07 a	20.76 a	19.01 a	18.47 a	19.42 a
2	23.73 a	21.83 a	15.96 a	18.51 a	20.03 a
3	14.60 a	21.04 b	14.53 a	20.96 b	19.40 ab
4	19.81 a	19.37 a	16.95 a	19.55 a	19.35 a
5	18.60 a	19.97 a	17.19 a	21.54 a	23.07 a
6	21.54 a	16.33 a	18.75 a	20.84 a	19.80 a
7	19.54 a	24.40 a	21.13 a	19.88 a	23.03 a
8	32.45 b	26.25 ab	24.95 a	30.02 ab	26.52 ab
9	42.69 a	26.81 a	34.34 a	33.62 a	37.92 a
10	27.40 a	32.37 a	26.93 a	26.86 a	36.83 a
11	30.44 ab	28.98 a	27.66 a	29.77 a	31.33 b
12	36.94 a	27.79 a	29.88 a	31.05 a	34.23 a
13	47.72 b	32.98 a	40.26 ab	32.11 a	29.99 a
14	27.65 a	35.71 b	29.46 ab	28.47 ab	30.95 ab
15	24.48 a	36.21 b	30.07 ab	27.48 ab	35.08 ab
16	34.31 a	27.61 a	34.84 a	33.04 a	31.04 a
17	40.06 b	29.68 a	37.90 ab	37.22 ab	39.27 b
18	30.25 a	41.55 b	38.71 b	43.21 b	37.35 b
19	33.21 a	40.26 a	37.04 a	41.05 a	35.90 a
20	28.55 a	29.02 a	31.14 a	25.95 a	29.71 a
21	34.03 a	32.52 a	34.06 a	37.58 a	32.09 a
22	39.86 a	40.37 a	40.10 a	42.73 a	37.08 a
23	45.96 a	42.10 a	36.92 a	40.82 a	44.34 a
24	42.23 a	45.13 a	43.49 a	45.12 a	40.00 a
25	37.67 a	44.84 b	47.43 b	49.61 b	47.45 b
26	46.32 a	48.80 a	44.34 a	49.07 a	47.70 a
27	45.02 a	45.23 a	37.84 a	50.44 a	49.22 a
28	45.81 a	49.47 a	44.93 a	47.91 a	44.99 a
29	36.38 ab	50.28 b	41.47 ab	32.91 ab	21.16 a
30	41.08 a	31.22 a	32.66 a	47.16 a	36.44 a
31	32.34 a	29.95 a	37.99 a	44.22 a	28.83 a
32	39.16 a	41.47 a	26.48 a	32.51 a	24.12 a
33	42.69 a	38.10 a	31.15 a	34.77 a	24.14 a
34	29.85 a	30.72 a	35.69 a	18.11 a	21.65 a
35	31.28 a	39.13 a	28.64 a	37.87 a	45.08 a
36	30.10 a	35.89 a	26.41 a	35.60 a	38.21 a
37	18.37 a	22.09 a	27.06 a	26.88 a	36.55 a
38	18.69 a	20.46 a	37.46 a	38.41 a	30.52 a
39	12.87 a	26.18 a	18.20 a	20.04 a	26.45 a
40	14.64 a	36.71 b	20.93 ab	23.59 ab	25.93 ab
41	8.78 a	12.32 a	18.03 ab	23.96 b	16.87 ab
42	20.79 a	23.48 a	25.83 a	29.25 a	25.41 a
43	11.90 a	27.60 a	27.37 a	18.03 a	27.04 a
44	18.68 a	19.27 a	24.83 a	18.72 a	22.50 a
45	19.48 a	17.92 a	24.62 a	17.49 a	14.69 a

ตัวอักษรหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวนอนแสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

ตารางภาคผนวกที่ 24 แสดงการจัดระดับสถิติของค่าสี b* ที่เนื้อบริเวณกลางผลในพีระมেন্টต่างๆ
ตามจำนวนวันเก็บรักษา

Storage Day	Control	50,000 times	150,000 times	250,000 times	350,000 times
1	18.97 a	18.99 a	19.66 a	17.12 a	19.21 a
2	21.39 a	22.51 a	19.27 a	18.94 a	22.25 a
3	17.24 ab	20.93 c	14.93 a	20.20 bc	18.46 abc
4	20.49 a	22.98 a	19.48 a	19.59 a	22.94 a
5	17.55 a	22.11 a	19.61 a	23.66 a	21.21 a
6	21.86 b	17.19 a	20.67 ab	22.00 b	20.45 ab
7	17.97 a	25.19 b	19.13 a	22.29 ab	24.68 b
8	37.49 b	28.50 a	28.98 a	29.41 a	25.54 a
9	33.27 a	22.96 a	27.12 a	30.85 a	36.39 a
10	28.14 a	32.13 a	29.71 a	27.46 a	35.25 a
11	31.74 b	26.54 a	26.26 a	29.02 a	28.75 a
12	37.72 a	28.85 a	31.52 a	31.44 a	36.06 a
13	49.85 b	35.68 a	40.54 a	31.58 a	36.53 a
14	28.13 a	35.22 a	32.63 a	27.92 a	32.63 a
15	27.17 a	36.61 a	32.24 a	28.50 a	37.12 a
16	31.41 a	28.92 a	32.93 a	32.67 a	30.72 a
17	39.42 a	29.42 a	38.85 a	35.96 a	37.58 a
18	33.39 a	44.52 b	40.76 ab	39.78 ab	37.02 ab
19	34.33 a	45.60 c	35.43 ab	42.24 bc	35.19 ab
20	28.87 a	28.96 a	30.35 a	25.52 a	27.40 a
21	36.12 a	33.45 a	34.71 a	37.30 a	31.65 a
22	38.40 a	43.95 a	39.81 a	41.91 a	39.93 a
23	48.02 b	43.45 b	35.34 a	44.15 b	40.27 ab
24	45.47 a	46.33 a	42.02 a	48.87 a	44.09 a
25	40.22 a	47.63 b	49.03 b	48.07 b	50.09 b
26	50.22 a	48.38 a	50.00 a	50.00 a	52.25 a
27	49.36 a	48.57 a	51.91 a	50.50 a	51.10 a
28	47.64 a	50.08 a	52.33 a	48.78 a	48.63 a
29	30.12 a	52.12 b	49.05 ab	35.88 ab	48.58 ab
30	44.43 a	42.94 a	34.58 a	42.49 a	38.91 a
31	42.61 a	43.44 a	37.48 a	37.21 a	33.03 a
32	41.93 a	42.55 a	36.64 a	41.44 a	32.83 a
33	42.20 a	43.37 a	43.43 a	40.54 a	28.41 a
34	25.05 a	37.19 a	48.09 a	40.81 a	27.43 a
35	50.69 a	50.90 a	35.48 a	36.70 a	39.02 a
36	46.09 a	35.70 a	53.40 a	42.03 a	35.21 a
37	28.93 a	36.47 a	38.98 a	34.35 a	46.74 a
38	22.74 a	35.02 ab	42.14 ab	49.57 b	44.39 ab
39	11.38 a	48.01 b	29.95 ab	38.75 b	28.96 ab
40	18.68 a	44.81 b	40.59 ab	38.44 ab	43.52 b
41	8.78 a	16.67 a	17.27 a	25.39 a	36.87 a
42	21.78 a	21.24 a	21.97 a	29.90 a	21.23 a
43	29.59 a	20.55 a	26.39 a	19.30 a	32.19 a
44	16.24 a	33.99 a	29.11 a	30.22 a	26.55 a
45	21.87 a	23.91 a	30.70 a	26.08 a	25.79 a

ตัวอักษรหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวนอนแสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

ตารางภาคผนวกที่ 25 แสดงการจัดระดับสถิติของค่าสี b* ที่เนื้อบริเวณใกล้ปลายผลในทรีตเมนต์
ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา

Storage Day	Control	50,000 times	150,000 times	250,000 times	350,000 times
1	19.34 a	20.74 a	21.09 a	20.62 a	21.16 a
2	27.00 a	24.66 a	22.65 a	21.00 a	23.57 a
3	20.98 ab	25.82 b	19.27 a	23.17 ab	22.83 ab
4	20.17 a	26.04 a	20.87 a	22.24 a	25.07 a
5	21.99 a	23.74 a	21.81 a	25.81 a	23.32 a
6	24.04 ab	18.31 a	20.53 ab	25.33 b	21.04 ab
7	18.68 a	25.42 a	23.62 a	21.05 a	25.87 a
8	45.73 b	30.74 a	29.68 a	33.90 a	27.28 a
9	42.27 a	25.99 a	27.82 a	33.33 a	36.12 a
10	26.61 a	40.68 a	32.33 a	32.81 a	35.84 a
11	36.16 b	32.10 a	29.83 a	31.68 a	32.87 a
12	39.74 a	30.03 a	33.73 a	34.31 a	36.99 a
13	52.43 b	35.74 a	44.67 a	33.95 a	37.86 a
14	30.08 a	36.20 a	30.26 a	28.23 a	34.71 a
15	31.99 a	35.86 a	30.62 a	30.41 a	40.13 a
16	37.45 b	29.09 a	37.55 b	36.91 b	32.14 ab
17	43.95 b	29.52 a	41.19 b	37.02 ab	43.93 b
18	34.85 a	49.21 b	47.07 b	44.41 b	44.92 b
19	32.83 a	45.51 c	43.68 bc	45.69 c	36.66 ab
20	30.52 a	32.67 a	31.14 a	26.90 a	29.77 a
21	44.90 a	40.35 a	43.25 a	45.94 a	38.62 a
22	43.75 a	47.02 a	46.89 a	44.93 a	46.44 a
23	51.35 b	49.69 b	41.11 a	47.58 b	47.35 b
24	49.09 a	49.64 a	49.82 a	50.27 a	45.65 a
25	40.22 a	47.63 b	49.03 b	48.07 b	50.09 b
26	52.67 a	52.46 a	51.41 a	50.25 a	51.73 a
27	47.53 a	53.56 b	50.40 ab	52.21 ab	53.71 b
28	51.65 a	50.46 a	51.91 a	50.57 a	45.44 a
29	38.72 a	51.86 a	37.11 a	50.35 a	24.64 a
30	45.73 a	44.98 a	37.09 a	39.84 a	37.75 a
31	47.32 a	39.51 a	43.38 a	30.35 a	24.80 a
32	42.64 b	47.56 b	42.96 b	43.67 b	29.14 a
33	45.68 a	44.65 a	36.35 a	43.51 a	27.21 a
34	26.88 a	38.84 a	44.41 a	38.21 a	30.61 a
35	48.17 a	51.90 a	41.61 a	39.77 a	35.69 a
36	22.63 a	36.80 a	25.86 a	43.88 a	35.06 a
37	14.28 a	24.95 ab	39.42 b	35.59 ab	46.44 b
38	29.45 a	44.80 a	43.28 a	37.16 a	33.59 a
39	12.49 a	34.50 a	25.85 a	34.29 a	26.21 a
40	31.91 a	46.91 a	38.24 a	36.93 a	36.67 a
41	16.04 a	30.15 ab	44.75 b	22.91 ab	9.59 a
42	23.11 a	37.70 a	13.41 a	7.89 a	35.21 a
43	16.14 a	20.81 a	12.72 a	16.52 a	20.05 a
44	13.90 a	38.99 b	12.84 a	21.08 ab	22.87 ab
45	26.62 a	19.13 a	13.88 a	14.97 a	19.10 a

ตัวอักษรหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวนอนแสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

ตารางภาคผนวกที่ 26 แสดงการจัดระดับสถิติของค่าสี b* ที่เนื้อเฉลี่ยทั้ง 3 ตำแหน่งในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา

Storage Day	Control	50,000 times	150,000 times	250,000 times	350,000 times
1	18.79 a	20.16 a	19.92 a	18.74 a	19.93 a
2	24.04 a	23.00 a	19.29 a	19.48 a	21.95 a
3	17.61 a	22.60 a	19.20 a	21.44 a	20.23 a
4	20.15 a	22.79 a	19.10 a	20.46 a	22.45 a
5	19.38 a	21.94 a	19.54 a	23.67 a	22.54 a
6	22.48 b	17.28 a	19.98 ab	22.72 b	20.43 ab
7	18.73 a	25.00 a	21.29 a	21.07 a	24.53 a
8	38.56 c	28.50 ab	27.87 a	31.11 b	26.44 a
9	39.41 a	25.25 a	29.76 a	32.60 a	36.81 a
10	27.38 a	35.06 a	29.66 a	29.04 a	35.97 a
11	32.78 b	29.21 a	27.92 a	30.16 a	30.98 a
12	38.14 a	28.89 a	31.71 a	32.27 a	35.76 a
13	33.38 b	34.80 a	41.82 ab	32.55 a	34.79 a
14	28.62 a	35.71 a	30.78 a	28.21 a	32.76 a
15	27.88 a	36.23 a	30.98 a	28.80 a	37.44 a
16	34.39 a	28.54 a	35.10 a	34.21 a	31.30 a
17	41.14 b	29.54 a	39.31 b	36.73 ab	40.26 b
18	32.83 a	45.09 b	42.18 b	42.47 b	39.76 b
19	33.46 a	43.79 b	38.72 ab	42.99 b	35.92 a
20	29.32 a	30.22 a	30.88 a	26.13 a	28.96 a
21	38.35 a	35.44 a	37.34 a	40.27 a	34.12 a
22	40.67 a	43.78 a	42.27 a	43.19 a	41.15 a
23	48.45 b	45.08 ab	37.79 a	44.18 ab	43.99 ab
24	45.60 a	47.03 a	45.11 a	48.09 a	43.25 a
25	39.37 a	46.70 b	48.50 b	48.58 b	49.21 b
26	49.74 a	49.88 a	48.59 a	49.77 a	50.56 a
27	47.31 a	49.12 a	46.72 a	51.05 a	51.34 a
28	48.36 a	50.00 a	49.72 a	49.08 a	46.36 a
29	35.07 a	51.42 a	42.54 a	39.71 a	31.46 a
30	43.75 a	39.71 a	34.78 a	43.16 a	37.70 a
31	40.76 a	37.63 a	39.62 a	37.26 a	28.89 a
32	41.24 b	43.86 b	35.36 ab	39.21 b	28.70 a
33	43.52 a	42.04 a	36.98 a	39.61 a	26.58 a
34	27.26 a	35.58 a	42.73 a	32.38 a	26.56 a
35	43.38 a	47.31 a	35.24 a	38.11 a	39.93 a
36	32.94 a	36.13 a	35.22 a	40.50 a	36.16 a
37	20.53 a	27.84 ab	35.15 ab	32.27 ab	43.25 b
38	23.63 a	33.43 ab	40.96 b	41.72 b	36.17 ab
39	12.25 a	36.23 b	24.67 ab	31.03 b	27.21 ab
40	21.74 a	42.81 b	33.25 ab	32.99 ab	35.37 ab
41	11.20 a	19.71 a	26.68 a	24.09 a	21.11 a
42	21.89 a	27.47 a	20.40 a	22.35 a	27.28 a
43	19.21 a	22.98 a	22.16 a	17.95 a	26.43 a
44	16.27 a	30.75 b	22.26 ab	23.34 ab	23.97 ab
45	22.66 a	20.32 a	23.07 a	19.51 a	19.86 a

ตัวอักษรหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวนอนแสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

ตารางภาคผนวกที่ 27 แสดงการจัดระดับสถิติของค่า ΔE ที่เนื้อเฉลี่ยทั้ง 3 ตำแหน่งในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา

Storage Day	Control	50,000 times	150,000 times	250,000 times	350,000 times
1	0.86 a	0.69 a	0.69 a	0.83 a	0.78 a
2	4.54 a	3.57 a	1.56 a	2.04 a	2.47 a
3	2.12 a	3.24 a	1.56 a	2.07 a	0.84 a
4	1.02 a	3.35 a	0.86 a	1.47 a	4.04 a
5	1.15 a	6.21 a	1.17 a	4.54 a	3.29 a
6	3.30 a	2.84 a	1.57 a	3.31 a	1.51 a
7	2.32 a	5.90 a	2.33 a	2.14 a	5.19 a
8	19.37 c	9.84 ab	9.39 ab	12.37 b	7.97 a
9	20.17 a	7.19 a	11.46 a	13.73 a	17.66 a
10	9.72 a	16.45 a	11.59 a	11.21 a	17.31 a
11	13.69 b	11.24 a	9.93 a	11.99 a	12.68 a
12	18.86 a	10.45 a	12.99 a	13.46 a	16.72 a
13	14.81 b	16.10 a	22.68 ab	13.99 a	16.58 a
14	9.87 a	16.34 a	11.89 a	9.51 a	13.72 a
15	9.16 a	17.08 a	12.01 a	9.77 a	18.10 a
16	15.33 a	9.70 a	16.03 a	15.03 a	12.06 a
17	21.81 b	10.59 a	20.06 b	17.63 ab	20.93 b
18	14.20 a	25.91 b	23.06 b	23.23 b	20.74 b
19	14.74 a	24.53 b	19.55 ab	23.62 b	16.90 a
20	12.87 b	11.73 a	13.65 a	7.65 a	10.50 a
21	19.73 a	16.86 a	18.63 a	20.93 a	15.48 a
22	21.88 a	24.86 a	23.31 a	24.26 a	21.91 a
23	29.24 b	25.98 b	18.84 a	25.17 b	24.85 ab
24	26.55 ab	27.92 ab	26.49 ab	28.90 b	24.08 a
25	20.64 a	27.41 b	29.21 b	29.36 b	29.89 b
26	30.31 a	30.44 a	29.71 a	30.34 a	31.14 a
27	28.17 a	30.27 a	28.34 a	31.79 a	32.00 a
28	29.08 a	30.70 a	30.68 a	29.74 a	27.58 a
29	29.45 a	32.13 a	28.42 a	27.52 a	34.14 a
30	24.42 a	22.77 a	22.21 a	25.02 a	20.42 a
31	24.74 a	26.34 a	23.71 a	25.86 a	27.73 a
32	22.92 a	24.84 a	25.50 a	21.79 a	28.70 a
33	25.07 a	25.97 a	24.68 a	24.61 a	28.91 a
34	33.67 b	26.83 ab	25.77 a	23.56 a	21.75 a
35	29.14 a	30.65 a	37.72 b	27.36 ab	24.89 a
36	25.95 a	25.40 a	29.69 a	25.70 a	23.94 a
37	37.63 a	31.44 a	28.80 a	30.85 a	26.09 a
38	39.52 b	26.52 a	23.55 a	30.90 ab	23.43 a
39	52.59 b	26.37 a	39.33 ab	31.25 a	34.46 a
40	43.99 a	25.31 a	30.48 a	29.20 a	28.91 a
41	54.02 b	43.08 ab	34.82 a	39.96 ab	40.91 ab
42	37.27 a	35.14 a	44.55 a	35.00 a	30.79 a
43	43.75 a	39.44 a	29.44 a	47.04 a	29.37 a
44	51.38 a	37.74 a	39.27 a	41.50 a	33.57 a
45	43.25 a	45.66 a	41.47 a	48.01 a	44.39 a

ตัวอักษรหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวนอนแสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

ตารางภาคผนวกที่ 28 แสดงการจัดระดับสถิติของค่าความแน่นเนื้อผ่านเปลือกบริเวณ ใกล้ข้าวผล
ในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา

Storage Day	Control	50,000 times	150,000 times	250,000 times	350,000 times
1	20.63 a	19.76 a	22.52 a	20.35 a	23.00 a
2	19.40 a	20.60 a	20.66 a	20.32 a	19.86 a
3	20.02 a	19.41 a	21.21 a	14.19 a	20.95 a
4	17.70 a	19.50 a	20.47 a	16.25 a	18.24 a
5	21.96 a	18.60 a	20.22 a	21.24 a	19.83 a
6	19.85 a	21.84 a	22.87 a	19.80 a	20.42 a
7	16.22 a	13.67 a	13.98 a	15.87 a	14.70 a
8	10.25 a	10.73 ab	14.01 ab	13.83 ab	14.49 b
9	7.40 a	13.66 a	10.74 a	9.98 a	6.94 a
10	16.25 ab	11.75 a	17.44 b	13.13 ab	15.09 ab
11	8.01 a	15.21 a	13.09 a	15.64 a	15.66 a
12	7.55 a	13.18 a	11.28 a	13.55 a	9.80 a
13	1.16 a	16.46 c	3.55 ab	9.21 abc	14.47 bc
14	12.65 a	5.02 a	16.08 a	10.54 a	12.60 a
15	16.28 b	8.83 b	14.50 ab	12.38 a	6.19 b
16	14.89 a	15.57 a	9.93 a	5.32 a	17.22 a
17	2.20 a	17.97 b	8.10 a	4.94 a	3.50 a
18	10.23 a	5.28 a	5.25 a	3.70 a	6.29 a
19	13.09 c	5.06 ab	7.50 b	1.92 a	8.72 bc
20	3.48 a	1.11 a	0.91 a	5.27 a	1.82 a
21	2.94 a	3.41 a	5.36 a	3.55 a	8.46 a
22	2.21 a	1.67 a	1.85 a	1.14 a	1.37 a
23	0.70 a	1.42 ab	1.99 b	0.91 ab	1.07 ab
24	1.10 b	0.86 ab	0.75 ab	0.58 a	0.59 a
25	0.73 a	0.84 a	0.64 a	0.78 a	0.79 a
26	0.88 a	1.01 a	0.94 a	0.70 a	0.71 a
27	0.88 a	1.20 a	0.64 a	0.60 a	0.87 a
28	0.75 a	0.65 a	0.55 a	0.70 a	0.44 a
29	0.39 a	0.50 a	0.48 a	0.38 a	0.43 a
30	0.56 a	0.61 a	0.65 a	0.60 a	0.64 a
31	0.45 a	0.43 a	0.43 a	0.41 a	0.30 a
32	0.56 a	0.51 a	0.83 a	0.39 a	0.37 a
33	0.50 a	0.52 a	0.36 a	0.37 a	0.33 a
34	0.37 a	0.51 a	0.31 a	0.27 a	0.26 a
35	0.50 b	0.38 ab	0.22 a	0.29 ab	0.41 ab
36	0.37 a	0.41 a	0.46 a	0.36 a	0.31 a
37	0.25 a	0.30 a	0.30 a	0.28 a	0.46 a
38	0.23 a	0.26 a	0.42 a	0.35 a	0.31 a
39	0.39 a	0.36 a	0.30 a	0.28 a	0.29 a
40	0.31 a	0.40 a	0.48 a	0.38 a	0.39 a
41	0.29 a	0.24 a	0.34 a	0.31 a	0.25 a
42	0.31 ab	0.35 b	0.31 ab	0.22 a	0.22 a
43	0.27 a	0.33 a	0.37 a	0.27 a	0.35 a
44	0.24 ab	0.25 ab	0.24 ab	0.21 a	0.32 b
45	0.18 a	0.24 a	0.41 a	0.52 a	0.32 a

ตัวอักษรหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวนอนแสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

ตารางภาคผนวกที่ 29 แสดงการจัดระดับสถิติของค่าความแน่นเนื้อผ่านเปลือกบริเวณกลางผลใน
 ทุเรียนแต่ละวัน เก็บรักษา

Storage Day	Control	50,000 times	150,000 times	250,000 times	350,000 times
1	21.82 a	21.82 a	23.09 a	21.77 a	21.46 a
2	19.70 a	21.61 a	22.26 a	21.28 a	22.85 a
3	20.48 a	20.73 a	22.72 a	16.54 a	21.58 a
4	17.91 a	21.52 a	19.29 a	16.98 a	18.04 a
5	22.50 a	19.55 a	21.58 a	20.91 a	21.08 a
6	22.37 a	20.97 a	23.05 a	20.79 a	19.89 a
7	22.63 a	18.30 a	19.31 a	21.68 a	23.30 a
8	14.41 a	16.02 a	19.22 ab	18.43 ab	21.12 b
9	13.42 a	20.44 a	21.10 a	14.70 a	14.74 a
10	16.18 a	12.90 a	16.57 a	14.72 a	16.55 a
11	8.86 a	17.60 b	15.79 ab	16.83 b	15.89 ab
12	8.40 a	16.96 b	12.10 a	16.39 ab	9.77 b
13	1.72 a	17.73 a	3.79 a	12.67 a	18.57 a
14	16.11 a	8.26 a	19.90 a	14.34 a	16.34 a
15	17.86 a	12.28 a	17.23 a	18.82 a	7.11 a
16	18.48 b	18.34 b	14.21 ab	8.69 a	20.06 b
17	2.51 a	16.43 b	9.93 ab	9.43 ab	4.72 ab
18	13.77 a	5.47 a	7.08 a	6.99 a	10.10 a
19	15.69 c	6.87 ab	10.08 bc	2.24 a	13.67 c
20	7.69 a	1.51 a	1.41 a	9.21 a	2.83 a
21	7.31 a	7.13 a	7.66 a	5.06 a	10.89 a
22	4.76 a	2.27 a	2.52 a	1.44 a	1.76 a
23	1.03 a	1.85 a	3.60 a	1.48 a	2.18 a
24	0.93 a	0.93 a	0.91 a	0.88 a	1.18 a
25	1.63 a	1.39 a	0.84 a	1.36 a	1.09 a
26	1.45 a	1.22 a	1.30 a	0.90 a	0.98 a
27	1.22 a	1.65 a	0.70 a	0.77 a	1.37 a
28	0.88 a	0.80 a	0.73 a	0.99 a	0.74 a
29	0.42 a	0.60 ab	0.67 b	0.78 b	0.64 b
30	1.10 a	0.78 a	0.75 a	0.73 a	0.72 a
31	0.87 b	0.50 a	0.63 ab	0.56 ab	0.52 ab
32	0.90 a	0.57 a	0.78 a	0.56 a	0.58 a
33	0.72 b	0.78 b	0.44 a	0.56 ab	0.61 ab
34	0.73 b	0.65 ab	0.50 ab	0.48 ab	0.36 a
35	0.58 a	0.61 a	0.32 a	0.52 a	0.81 a
36	0.63 b	0.58 ab	0.60 ab	0.56 ab	0.45 a
37	0.40 a	0.48 ab	0.43 a	0.52 ab	0.66 b
38	0.30 a	0.29 a	0.49 a	0.44 a	0.46 a
39	0.71 a	0.50 a	0.37 a	0.65 a	0.60 a
40	0.61 a	0.84 a	0.78 a	0.58 a	0.59 a
41	0.43 a	0.37 a	0.48 a	0.39 a	0.39 a
42	0.44 a	0.39 a	0.42 a	0.35 a	0.29 a
43	0.37 a	0.37 a	0.48 a	0.43 a	0.47 a
44	0.23 a	0.28 a	0.44 a	0.24 a	0.54 a
45	0.23 a	0.26 a	0.29 a	0.49 b	0.29 a

ตัวอักษรหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวนอนแสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

ตารางภาคผนวกที่ 30 แสดงการจัดระดับสถิติของค่าความแน่นเนื้อผ่านเปลือกบริเวณ ใกล้ปลายผล
ในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา

Storage Day	Control	50,000 times	150,000 times	250,000 times	350,000 times
1	21.31 a	20.12 a	20.86 a	20.40 a	20.88 a
2	17.18 a	20.14 a	19.68 a	19.27 a	20.56 a
3	19.54 a	18.31 a	19.28 a	13.11 a	20.26 a
4	17.00 a	20.84 a	18.29 a	17.10 a	17.49 a
5	20.67 a	18.82 a	21.77 a	20.82 a	20.01 a
6	21.93 a	21.46 a	23.19 a	18.98 a	19.43 a
7	20.66 a	20.18 a	15.38 a	17.27 a	17.80 a
8	12.23 a	15.16 a	14.37 a	14.77 a	12.20 a
9	6.77 a	10.73 ab	14.00 b	9.14 ab	7.68 ab
10	18.19 a	12.32 a	15.75 a	13.52 a	14.93 a
11	7.76 a	15.96 b	14.97 ab	15.13 ab	15.07 ab
12	7.10 a	14.57 a	8.76 a	9.84 a	10.15 a
13	1.43 a	14.64 bc	3.68 ab	8.99 abc	15.89 c
14	11.18 a	7.10 a	16.53 a	11.26 a	13.42 a
15	13.88 a	9.31 a	13.83 a	13.22 a	4.13 a
16	13.40 ab	11.31 ab	9.94 a	7.61 a	19.15 b
17	1.76 a	15.43 b	5.83 a	7.96 ab	2.77 a
18	13.77 b	2.71 a	5.15 a	5.21 a	7.89 ab
19	10.06 b	3.61 ab	4.87 ab	1.52 a	8.71 b
20	4.63 a	0.77 a	0.88 a	1.89 a	1.68 a
21	2.81 a	3.58 a	5.25 a	1.90 a	9.60 a
22	1.89 a	1.22 a	1.70 a	0.86 a	1.07 a
23	0.70 a	0.95 a	1.94 a	0.93 a	1.89 a
24	0.77 a	0.75 a	0.67 a	0.51 a	0.59 a
25	0.77 a	0.77 a	0.58 a	0.69 a	0.77 a
26	1.12 b	1.00 b	0.93 ab	0.60 a	0.78 ab
27	0.75 ab	1.27 b	0.70 ab	0.50 a	0.97 ab
28	0.70 a	0.58 a	0.46 a	0.77 a	0.56 a
29	0.39 a	0.42 a	0.49 a	0.54 a	0.48 a
30	0.78 a	0.69 a	0.67 a	0.63 a	0.60 a
31	0.61 b	0.41 ab	0.44 ab	0.43 ab	0.33 a
32	0.54 a	0.51 a	0.53 a	0.39 a	0.48 a
33	0.52 b	0.51 b	0.37 a	0.37 a	0.44 ab
34	0.55 b	0.37 ab	0.37 ab	0.43 ab	0.29 a
35	0.39 a	0.46 a	0.37 a	0.44 a	0.34 a
36	0.46 a	0.43 a	0.49 a	0.46 a	0.45 a
37	0.46 a	0.41 a	0.41 a	0.36 a	0.37 a
38	0.29 ab	0.19 a	0.39 ab	0.43 b	0.39 ab
39	0.25 a	0.32 a	0.29 a	0.46 a	0.38 a
40	0.62 a	0.77 a	0.48 a	0.37 a	0.61 a
41	0.31 a	0.37 a	0.39 a	0.31 a	0.23 a
42	0.27 a	0.27 a	0.29 a	0.22 a	0.23 a
43	0.29 a	0.26 a	0.41 a	0.39 a	0.34 a
44	0.19 a	0.33 a	0.33 a	0.22 a	0.31 a
45	0.18 a	0.22 a	0.24 a	0.28 a	0.24 a

ตัวอักษรหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวนอนแสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

ตารางภาคผนวกที่ 31 แสดงการจัดระดับสถิติของค่าความแน่นเนื้อผ่านเปลือกเฉลี่ยทั้ง 3 ตำแหน่ง
ในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา

Storage Day	Control	50,000 times	150,000 times	250,000 times	350,000 times
1	21.26 a	20.57 a	22.16 a	20.84 a	21.78 a
2	18.76 a	20.79 a	20.87 a	20.29 a	21.09 a
3	20.01 a	19.48 a	21.07 a	14.61 a	20.93 a
4	17.54 a	20.62 a	19.35 a	16.78 a	17.93 a
5	21.71 a	18.99 a	21.19 a	20.99 a	20.31 a
6	21.38 a	21.42 a	23.04 a	19.86 a	19.91 a
7	19.84 a	17.38 a	16.23 a	18.27 a	18.60 a
8	12.30 a	13.97 a	15.87 a	15.67 a	15.94 a
9	9.20 a	14.94 a	15.28 a	11.27 a	9.79 a
10	16.87 a	12.32 a	16.59 a	13.79 a	15.52 a
11	8.21 a	16.25 b	14.61 ab	15.87 ab	15.54 ab
12	7.68 a	14.90 a	10.71 a	13.26 a	9.91 a
13	1.44 a	16.28 b	3.67 a	10.29 ab	16.31 b
14	13.32 a	6.79 a	17.50 a	12.04 a	14.12 a
15	16.01 a	10.14 a	15.19 a	14.81 a	5.81 a
16	15.59 b	15.07 b	11.36 ab	7.20 a	18.81 b
17	2.16 a	16.61 b	7.95 a	7.44 a	3.66 a
18	12.59 b	4.48 a	5.83 ab	5.30 ab	8.09 ab
19	12.94 d	5.18 ab	7.48 bc	1.89 a	10.37 cd
20	5.27 a	1.13 a	1.06 a	5.46 a	2.11 a
21	4.35 a	4.70 a	6.09 a	3.50 a	9.65 a
22	2.95 a	1.72 a	2.03 a	1.15 a	1.40 a
23	0.81 a	1.41 a	2.51 a	1.11 a	1.71 a
24	0.93 a	0.85 a	0.77 a	0.66 a	0.78 a
25	1.04 a	1.00 a	0.69 a	0.94 a	0.88 a
26	1.15 b	1.08 ab	1.06 ab	0.73 a	0.82 ab
27	0.95 ab	1.38 b	0.68 ab	0.62 a	1.07 ab
28	0.77 a	0.67 a	0.58 a	0.82 a	0.58 a
29	0.40 a	0.51 a	0.55 a	0.56 a	0.52 a
30	0.81 a	0.70 a	0.69 a	0.66 a	0.65 a
31	0.65 b	0.44 a	0.50 ab	0.47 a	0.39 a
32	0.67 bc	0.53 ab	0.71 c	0.45 a	0.48 a
33	0.58 a	0.60 a	0.39 a	0.43 a	0.46 a
34	0.55 b	0.51 b	0.39 ab	0.39 ab	0.30 a
35	0.49 a	0.48 a	0.30 a	0.42 a	0.52 a
36	0.49 a	0.47 a	0.52 a	0.46 a	0.41 a
37	0.37 a	0.40 a	0.38 a	0.39 a	0.50 a
38	0.27 a	0.24 a	0.43 a	0.41 a	0.39 a
39	0.45 a	0.39 a	0.32 a	0.46 a	0.43 a
40	0.51 a	0.67 a	0.58 a	0.44 a	0.53 a
41	0.34 a	0.33 a	0.41 a	0.34 a	0.29 a
42	0.34 a	0.33 a	0.34 a	0.26 a	0.25 a
43	0.31 a	0.32 ab	0.42 b	0.37 ab	0.39 ab
44	0.22 a	0.29 a	0.34 a	0.22 a	0.39 a
45	0.20 a	0.24 ab	0.32 ab	0.43 b	0.29 ab

ตัวอักษรหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวนอนแสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

ตารางภาคผนวกที่ 32 แสดงการจัดระดับสถิติของค่าความแน่นเนื้อบริเวณใกล้ข้อผลในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา

Storage Day	Control	50,000 times	150,000 times	250,000 times	350,000 times
1	8.10 a	10.51 a	8.27 a	9.05 a	10.33 a
2	6.27 a	8.30 a	7.19 a	5.45 a	6.75 a
3	9.11 b	6.08 a	9.23 b	5.55 a	5.98 a
4	3.45 a	4.92 a	6.36 a	5.89 a	7.79 a
5	7.53 a	7.32 a	6.87 a	7.17 a	4.66 a
6	6.49 a	8.08 a	6.80 a	6.02 a	6.11 a
7	6.44 a	6.44 a	4.21 a	6.81 a	6.63 a
8	2.89 a	4.53 a	6.47 ab	5.01 ab	8.87 b
9	7.36 a	9.33 a	7.87 a	8.27 a	6.17 a
10	9.29 a	8.17 a	9.42 a	9.25 a	9.43 a
11	3.56 a	10.58 b	11.79 b	9.44 b	9.99 b
12	4.62 a	8.10 a	6.29 a	7.19 a	5.91 a
13	0.82 a	8.23 b	2.44 a	5.28 ab	10.50 b
14	7.76 a	4.13 a	8.78 a	6.83 a	5.60 a
15	9.12 a	6.09 a	7.43 a	9.72 a	3.84 a
16	8.85 a	10.94 a	5.54 a	4.79 a	9.99 a
17	1.31 a	10.75 b	3.68 a	2.96 a	2.13 a
18	6.49 b	2.54 ab	4.27 ab	2.04 a	3.01 ab
19	7.87 c	3.17 ab	5.12 bc	0.86 a	5.23 bc
20	2.09 a	0.77 a	0.78 a	4.45 a	1.58 a
21	1.44 a	2.41 a	3.22 a	1.29 a	4.87 a
22	1.39 a	1.12 a	1.25 a	0.66 a	1.05 a
23	0.52 a	0.97 a	1.23 a	0.54 a	0.77 a
24	0.80 a	0.39 a	0.38 a	0.39 a	0.56 a
25	0.41 a	0.52 a	0.48 a	0.52 a	0.54 a
26	0.55 a	0.55 a	0.50 a	0.39 a	0.44 a
27	0.43 a	0.56 a	0.23 a	0.28 a	0.43 a
28	0.48 a	0.38 a	0.31 a	0.50 a	0.35 a
29	0.22 a	0.36 a	0.31 a	0.27 a	0.26 a
30	0.32 a	0.30 a	0.31 a	0.35 a	0.33 a
31	0.29 a	0.27 a	0.26 a	0.15 a	0.22 a
32	0.31 a	0.26 a	0.51 a	0.23 a	0.28 a
33	0.27 a	0.31 a	0.18 a	0.23 a	0.27 a
34	0.17 a	0.26 a	0.18 a	0.19 a	0.19 a
35	0.27 a	0.26 a	0.12 a	0.24 a	0.27 a
36	0.27 ab	0.29 b	0.30 b	0.20 ab	0.14 a
37	0.10 a	0.17 ab	0.18 ab	0.23 ab	0.27 b
38	0.16 a	0.18 a	0.26 a	0.22 a	0.24 a
39	0.17 a	0.24 a	0.15 a	0.14 a	0.19 a
40	0.11 a	0.17 a	0.16 a	0.19 a	0.22 a
41	0.16 a	0.13 a	0.17 a	0.12 a	0.10 a
42	0.13 a	0.16 a	0.12 a	0.10 a	0.12 a
43	0.12 a	0.16 a	0.16 a	0.14 a	0.16 a
44	0.11 a	0.12 a	0.10 a	0.10 a	0.16 a
45	0.09 a	0.13 a	0.18 a	0.34 a	0.18 a

ตัวอักษรหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวนอนแสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

ตารางภาคผนวกที่ 33 แสดงการจัดระดับสถิติของค่าความแน่นเนื้อบริเวณกลางผลในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา

Storage Day	Control	50,000 times	150,000 times	250,000 times	350,000 times
1	8.88 a	10.62 a	9.69 a	9.76 a	10.13 a
2	6.82 a	9.48 a	7.82 a	6.97 a	8.12 a
3	9.84 b	6.69 a	9.71 b	5.93 a	6.47 a
4	3.85 a	5.16 a	7.02 a	6.61 a	7.49 a
5	6.54 a	7.08 a	6.98 a	7.87 a	5.77 a
6	5.78 a	6.85 a	6.80 a	6.55 a	5.31 a
7	5.98 a	6.49 a	4.79 a	6.03 a	5.88 a
8	3.66 a	5.20 ab	5.81 ab	5.66 ab	6.96 b
9	6.42 a	12.81 a	9.86 a	9.93 a	8.20 a
10	9.93 a	9.52 a	10.41 a	10.56 a	10.44 a
11	4.22 a	11.38 b	12.00 b	11.12 b	11.39 b
12	4.71 a	8.46 a	6.36 a	8.29 a	5.79 a
13	1.20 a	8.10 bc	3.20 ab	6.53 bc	11.13 c
14	6.63 a	4.11 a	8.35 a	8.38 a	7.55 a
15	10.04 ab	6.45 ab	8.96 ab	12.27 b	4.02 a
16	8.59 ab	9.99 ab	7.15 ab	5.36 a	11.83 b
17	1.44 a	9.08 b	5.11 ab	5.21 ab	2.26 a
18	6.87 a	3.81 a	5.01 a	2.90 a	3.88 a
19	8.68 d	3.33 ab	5.25 bc	1.11 a	6.91 cd
20	4.79 a	0.85 a	0.93 a	5.59 a	2.30 a
21	4.09 a	3.92 a	4.87 a	2.83 a	6.16 a
22	2.83 a	1.52 a	1.24 a	0.83 a	1.24 a
23	0.63 a	1.14 a	2.01 a	0.87 a	1.47 a
24	0.56 a	0.62 a	0.46 a	0.46 a	1.08 a
25	0.59 a	0.67 a	0.60 a	0.73 a	0.68 a
26	0.78 a	0.89 a	0.86 a	0.54 a	0.77 a
27	0.63 ab	0.80 b	0.39 a	0.39 a	0.58 ab
28	0.54 ab	0.50 ab	0.45 a	0.65 b	0.51 ab
29	0.32 a	0.53 a	0.56 a	0.44 a	0.37 a
30	0.71 a	0.40 a	0.51 a	0.43 a	0.37 a
31	0.47 b	0.31 a	0.30 a	0.29 a	0.31 a
32	0.45 a	0.29 a	0.45 a	0.32 a	0.35 a
33	0.37 ab	0.41 b	0.25 a	0.33 ab	0.40 ab
34	0.39 a	0.26 a	0.27 a	0.30 a	0.25 a
35	0.35 a	0.33 a	0.17 a	0.33 a	0.82 a
36	0.40 b	0.38 b	0.39 b	0.37 b	0.21 a
37	0.26 a	0.31 a	0.29 a	0.31 a	0.39 a
38	0.22 ab	0.16 a	0.32 b	0.28 ab	0.33 b
39	0.29 a	0.33 a	0.20 a	0.31 a	0.39 a
40	0.33 a	0.52 a	0.52 a	0.28 a	0.26 a
41	0.21 ab	0.17 ab	0.27 b	0.16 a	0.18 ab
42	0.18 a	0.18 a	0.20 a	0.15 a	0.14 a
43	0.16 a	0.16 a	0.22 a	0.19 a	0.22 a
44	0.10 a	0.13 a	0.24 a	0.14 a	0.33 a
45	0.11 a	0.14 ab	0.15 ab	0.26 b	0.15 ab

ตัวอักษรหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวนอนแสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

ตารางภาคผนวกที่ 34 แสดงการจัดระดับสถิติของค่าความแน่นเนื้อบริเวณใกล้ปลายผลในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา

Storage Day	Control	50,000 times	150,000 times	250,000 times	350,000 times
1	8.62 a	9.38 a	8.99 a	8.06 a	8.78 a
2	6.00 a	8.35 a	7.48 a	5.50 a	5.96 a
3	7.97 a	5.92 a	7.69 a	5.25 a	5.70 a
4	3.83 a	4.04 a	5.28 a	6.38 a	5.60 a
5	7.14 a	6.40 a	6.91 a	6.33 a	5.44 a
6	5.83 a	7.92 a	6.36 a	6.57 a	5.97 a
7	7.08 a	6.71 a	4.80 a	5.82 a	6.78 a
8	4.83 a	5.00 a	5.58 a	5.62 a	6.91 a
9	3.95 a	6.39 a	6.69 a	4.73 a	4.55 a
10	9.31 a	7.47 a	9.35 a	8.97 a	9.17 a
11	3.56 a	8.75 ab	10.12 b	9.49 b	9.97 b
12	4.48 a	7.42 a	6.21 a	5.96 a	5.20 a
13	0.83 a	7.19 bc	4.17 ab	5.34 abc	10.50 c
14	6.00 a	4.07 a	7.35 a	7.19 a	6.53 a
15	9.21 ab	5.25 ab	8.26 ab	9.61 b	2.69 a
16	7.43 ab	8.44 ab	5.19 a	4.20 a	11.36 b
17	1.18 a	9.69 b	3.09 a	3.89 a	1.22 a
18	6.65 b	1.77 a	2.49 a	1.88 a	3.63 a
19	7.00 c	2.49 ab	3.41 ab	0.99 a	5.12 bc
20	3.61 a	0.58 a	0.70 a	1.42 a	1.52 a
21	1.63 a	1.33 a	1.75 a	1.29 a	4.28 a
22	1.20 a	0.95 a	0.76 a	0.60 a	0.61 a
23	0.43 a	0.73 a	1.01 a	0.55 a	0.98 a
24	0.33 a	0.44 a	0.40 a	0.32 a	0.46 a
25	0.47 a	0.48 a	0.44 a	0.58 a	0.51 a
26	0.60 a	0.69 a	0.61 a	0.47 a	0.56 a
27	0.39 ab	0.54 b	0.27 a	0.33 ab	0.46 ab
28	0.47 ab	0.43 ab	0.35 ab	0.57 b	0.29 a
29	0.21 a	0.33 a	0.35 a	0.32 a	0.24 a
30	0.52 a	0.32 a	0.35 a	0.34 a	0.33 a
31	0.33 a	0.20 a	0.33 a	0.24 a	0.22 a
32	0.28 a	0.29 a	0.27 a	0.22 a	0.22 a
33	0.27 b	0.29 b	0.17 a	0.24 b	0.30 b
34	0.31 b	0.19 ab	0.14 a	0.19 ab	0.14 a
35	0.21 a	0.24 a	0.26 a	0.24 a	0.20 a
36	0.35 a	0.26 a	0.27 a	0.33 a	0.35 a
37	0.25 a	0.20 a	0.24 a	0.22 a	0.24 a
38	0.18 ab	0.09 a	0.26 b	0.23 ab	0.25 b
39	0.13 ab	0.23 bc	0.11 a	0.26 c	0.19 abc
40	0.27 a	0.49 a	0.21 a	0.27 a	0.37 a
41	0.16 a	0.18 a	0.20 a	0.12 a	0.12 a
42	0.09 a	0.12 a	0.14 a	0.09 a	0.10 a
43	0.12 a	0.12 a	0.18 a	0.18 a	0.15 a
44	0.08 a	0.16 a	0.17 a	0.09 a	0.17 a
45	0.09 a	0.10 a	0.12 a	0.14 a	0.12 a

ตัวอักษรหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวนอนแสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

ตารางภาคผนวกที่ 35 แสดงการจัดระดับสถิติของค่าความแน่นเนื้อเฉลี่ยทั้ง 3 ตำแหน่งในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา

Storage Day	Control	50,000 times	150,000 times	250,000 times	350,000 times
1	8.53 a	10.17 a	8.98 a	8.96 a	9.75 a
2	6.36 a	8.71 a	7.49 a	5.97 a	6.95 a
3	8.97 a	6.23 a	8.88 a	5.58 a	6.05 a
4	3.71 a	4.71 a	6.22 a	6.29 a	6.96 a
5	7.07 a	6.93 a	6.92 a	7.12 a	5.29 a
6	6.03 a	7.62 a	6.65 a	6.38 a	5.80 a
7	6.50 a	6.55 a	4.60 a	6.22 a	6.43 a
8	3.79 a	4.91 ab	5.95 ab	5.43 ab	7.58 b
9	5.91 a	9.51 a	8.14 a	7.64 a	6.31 a
10	9.51 a	8.38 a	9.72 a	9.59 a	9.68 a
11	3.78 a	10.24 b	11.30 b	10.02 b	10.45 b
12	4.60 a	7.99 a	6.29 a	7.15 a	5.64 a
13	0.95 a	7.84 bc	3.27 ab	5.72 abc	10.71 c
14	6.80 a	4.10 a	8.16 a	7.47 a	6.56 a
15	9.45 a	5.93 a	8.22 a	10.53 a	3.51 a
16	8.29 ab	9.79 ab	5.96 ab	4.78 a	11.06 b
17	1.31 a	9.84 b	3.96 a	4.02 a	1.87 a
18	6.67 b	2.71 a	3.92 ab	2.28 a	3.51 ab
19	7.85 c	3.00 ab	4.59 bc	0.99 a	5.75 bc
20	3.50 a	0.73 a	0.80 a	3.82 a	1.80 a
21	2.38 a	2.55 a	3.28 a	1.80 a	5.10 a
22	1.81 a	1.20 a	1.08 a	0.70 a	0.97 a
23	0.53 a	0.95 a	1.42 a	0.65 a	1.07 a
24	0.56 a	0.49 a	0.41 a	0.39 a	0.70 a
25	0.49 a	0.56 a	0.51 a	0.61 a	0.58 a
26	0.64 a	0.71 a	0.66 a	0.47 a	0.59 a
27	0.49 ab	0.64 b	0.30 a	0.33 a	0.49 ab
28	0.50 ab	0.44 ab	0.37 a	0.57 b	0.38 ab
29	0.25 a	0.41 a	0.41 a	0.34 a	0.29 a
30	0.51 a	0.34 a	0.39 a	0.37 a	0.34 a
31	0.37 b	0.26 ab	0.30 ab	0.23 a	0.25 ab
32	0.35 ab	0.28 a	0.41 b	0.26 a	0.28 a
33	0.31 ab	0.34 b	0.20 a	0.27 ab	0.32 b
34	0.29 b	0.24 ab	0.19 a	0.23 ab	0.19 a
35	0.28 a	0.27 a	0.18 a	0.27 a	0.43 a
36	0.34 b	0.31 ab	0.32 ab	0.30 ab	0.24 a
37	0.20 a	0.23 a	0.24 a	0.26 a	0.30 a
38	0.19 ab	0.14 a	0.28 b	0.24 ab	0.27 ab
39	0.20 a	0.27 a	0.15 a	0.24 a	0.26 a
40	0.24 a	0.39 a	0.29 a	0.25 a	0.28 a
41	0.18 a	0.16 a	0.21 a	0.13 a	0.14 a
42	0.13 a	0.15 a	0.15 a	0.11 a	0.12 a
43	0.14 a	0.15 ab	0.19 b	0.17 ab	0.17 ab
44	0.10 a	0.14 a	0.17 a	0.11 a	0.22 a
45	0.10 a	0.12 a	0.15 a	0.25 a	0.15 a

ตัวอักษรหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวนอนแสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

ตารางภาคผนวกที่ 36 แสดงการจัดระดับสถิติของค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในทรีตเมนต์ต่างๆ
ตามจำนวนวันเก็บรักษา

Storage Day	Control	50,000 times	150,000 times	250,000 times	350,000 times
1	3.18 a	3.21 a	3.22 a	3.12 a	3.41 a
2	3.41 a	3.44 a	3.41 a	3.24 a	3.36 a
3	3.32 a	3.39 a	3.41 a	3.36 a	3.37 a
4	3.51 a	3.44 a	3.36 a	3.44 a	3.50 a
5	3.41 a	3.58 a	3.55 a	3.56 a	3.65 a
6	3.35 a	3.30 a	3.37 a	3.34 a	3.43 a
7	3.36 a	3.43 a	3.44 a	3.33 a	3.32 a
8	3.58 a	3.42 a	3.36 a	3.39 a	3.45 a
9	3.51 a	3.36 a	3.40 a	3.41 a	3.36 a
10	3.34 a	3.42 a	3.36 a	3.39 a	3.42 a
11	3.55 a	3.38 a	3.56 a	3.46 a	3.42 a
12	3.42 ab	3.36 a	3.48 bc	3.50 bc	3.52 c
13	3.62 a	3.50 a	3.65 a	3.51 a	3.51 a
14	3.55 a	3.55 a	3.52 a	3.53 a	3.55 a
15	3.41 a	3.50 a	3.48 a	3.52 a	3.56 a
16	3.57 a	3.43 a	3.60 a	3.56 a	3.51 a
17	3.63 b	3.38 a	3.60 b	3.57 b	3.64 b
18	3.47 a	3.68 a	3.69 a	3.61 a	3.92 a
19	3.41 a	3.62 bc	3.61 bc	3.67 c	3.50 ab
20	3.61 a	3.70 ab	3.84 b	3.58 a	3.56 a
21	3.52 a	3.52 a	3.52 a	3.67 a	3.57 a
22	3.65 a	3.75 a	3.75 a	3.74 a	3.62 a
23	3.83 a	3.78 a	3.67 a	3.83 a	3.75 a
24	3.69 a	3.87 ab	3.94 b	3.93 ab	3.89 ab
25	3.95 a	3.90 a	4.08 a	3.88 a	3.85 a
26	3.83 a	3.84 a	3.83 a	3.96 ab	4.08 b
27	3.80 a	3.80 a	4.45 b	4.05 ab	3.95 ab
28	3.84 a	4.13 b	4.09 b	4.01 b	4.15 b
29	4.10 a	4.17 a	4.19 a	4.22 a	4.14 a
30	3.95 a	4.02 a	4.11 a	4.04 a	3.99 a
31	4.00 a	4.37 b	4.35 b	4.48 b	4.27 ab
32	4.04 a	4.12 a	4.14 a	4.09 a	4.16 a
33	4.13 a	4.16 ab	4.25 ab	4.32 ab	4.38 b
34	4.40 a	4.35 a	4.44 a	4.21 a	4.45 a
35	4.27 a	4.41 a	4.32 a	4.20 a	4.54 a
36	4.38 a	4.53 a	4.53 a	4.49 a	4.49 a
37	4.35 a	4.41 a	4.38 a	4.26 a	4.40 a
38	4.12 a	4.55 b	4.54 b	4.37 ab	4.49 b
39	4.29 a	4.44 a	4.28 a	4.41 a	4.28 a
40	4.40 a	4.43 a	4.41 a	4.48 a	4.34 a
41	4.42 a	4.37 a	4.40 a	4.31 a	4.41 a
42	4.49 a	4.46 a	4.49 a	4.43 a	4.37 a
43	4.51 a	4.47 a	4.46 a	4.50 a	4.43 a
44	4.55 a	4.48 a	4.53 a	4.41 a	4.45 a
45	4.61 c	4.50 b	4.46 ab	4.44 a	4.44 a

ตัวอักษรหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวนอนแสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

ตารางภาคผนวกที่ 37 แสดงการจัดระดับสถิติของค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา

Storage Day	Control	50,000 times	150,000 times	250,000 times	350,000 times
1	5.33 a	5.00 a	5.67 a	5.17 a	4.67 a
2	8.67 ab	6.50 a	11.00 b	10.00 b	8.83 b
3	6.00 a	7.33 ab	9.17 b	6.83 ab	6.50 a
4	11.83 a	8.00 a	9.50 a	8.17 a	8.00 a
5	9.00 a	11.00 a	10.17 a	10.17 a	10.83 a
6	9.50 c	5.33 a	7.83 b	9.67 c	10.00 c
7	8.83 ab	10.17 bc	10.83 c	8.00 a	9.50 abc
8	8.83 a	9.33 a	9.33 a	9.83 a	8.50 a
9	11.67 a	10.00 a	9.67 a	10.67 a	10.83 a
10	12.00 a	11.33 a	11.33 a	10.50 a	12.50 a
11	14.17 b	11.33 a	11.50 a	11.83 a	10.83 a
12	12.33 a	11.50 a	13.67 a	12.33 a	13.83 a
13	18.50 c	11.50 a	15.83 bc	14.00 ab	12.67 ab
14	11.67 a	14.17 b	13.00 ab	13.17 ab	12.67 ab
15	11.33 a	14.50 bc	13.00 abc	12.00 ab	15.17 c
16	13.00 abc	11.83 a	14.17 bc	14.50 c	12.33 ab
17	14.83 a	14.00 a	17.17 a	14.17 a	15.83 a
18	12.67 a	16.00 b	15.17 b	16.17 b	15.67 b
19	13.00 a	15.67 a	15.50 a	15.50 a	14.50 a
20	14.83 a	16.33 b	16.17 b	15.50 b	16.00 b
21	14.50 a	15.67 a	14.33 a	15.50 a	14.17 a
22	15.50 a	15.00 a	16.00 a	14.33 a	14.33 a
23	17.00 b	16.00 b	13.67 a	16.00 b	16.00 b
24	15.50 a	16.17 a	16.00 a	15.33 a	13.67 a
25	17.50 a	15.00 a	16.67 a	15.50 a	15.83 a
26	15.67 a	16.17 a	16.33 a	17.00 a	15.50 a
27	16.50 a	16.33 a	15.50 a	16.00 a	15.33 a
28	14.83 a	16.17 a	15.83 a	15.33 a	15.17 a
29	16.17 a	14.50 a	14.33 a	15.67 a	16.00 a
30	15.17 a	16.67 a	15.00 a	15.67 a	15.50 a
31	14.50 a	18.33 b	15.50 a	16.17 ab	15.00 a
32	16.17 a	17.83 a	16.00 a	15.67 a	15.67 a
33	16.50 ab	16.50 ab	16.00 ab	17.83 b	15.17 a
34	15.00 a	16.17 a	16.17 a	17.33 a	17.00 a
35	17.33 a	17.00 a	17.17 a	15.67 a	16.17 a
36	18.00 bc	18.50 c	14.67 a	16.50 abc	15.83 ab
37	20.83 b	17.17 a	16.33 a	16.50 a	15.50 a
38	17.67 a	17.33 a	16.33 a	17.17 a	16.17 a
39	17.83 ab	18.17 ab	16.50 a	19.17 b	17.83 ab
40	15.00 a	16.17 a	14.83 a	16.17 a	15.67 a
41	17.83 b	16.83 ab	16.00 a	15.67 a	16.17 a
42	16.83 a	16.67 a	18.00 a	16.33 a	16.67 a
43	20.00 c	17.83 b	17.00 ab	16.33 a	16.00 a
44	17.17 ab	17.67 b	17.00 ab	16.50 ab	16.17 a
45	18.67 a	17.67 a	16.17 a	16.00 a	16.50 a

ตัวอักษรหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวนอนแสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

ตารางภาคผนวกที่ 38 แสดงการจัดระดับสถิติของค่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ในทริตเมนต์ต่างๆ
ตามจำนวนวันเก็บรักษา

Storage Day	Control	50,000 times	150,000 times	250,000 times	350,000 times
1	1.76 a	1.52 a	1.54 a	1.75 a	1.48 a
2	1.00 a	1.13 a	1.15 a	1.10 a	1.07 a
3	1.43 a	1.26 a	1.27 a	1.14 a	1.40 a
4	1.08 a	1.27 a	1.33 a	1.07 a	1.14 a
5	1.37 a	1.10 a	1.24 a	1.17 a	0.87 a
6	1.32 a	1.23 a	1.34 a	1.10 a	1.18 a
7	1.18 a	1.04 a	1.18 a	1.41 a	1.17 a
8	1.07 ab	0.88 a	1.10 b	1.20 b	1.25 b
9	0.87 a	1.06 ab	1.27 ab	1.35 b	1.10 ab
10	0.77 a	0.91 ab	1.27 b	1.19 ab	1.18 ab
11	0.70 a	0.95 ab	0.75 a	1.27 b	1.22 b
12	0.86 a	1.02 a	0.80 a	0.87 a	0.84 a
13	0.80 a	0.85 a	0.73 a	0.88 a	0.83 a
14	0.85 a	0.74 a	0.94 a	0.99 a	0.95 a
15	1.08 a	0.84 a	0.96 a	0.91 a	0.96 a
16	0.83 a	0.99 a	0.85 a	0.82 a	0.95 a
17	0.67 a	0.99 c	0.84 bc	0.92 c	0.81 ab
18	0.97 c	0.69 ab	0.67 a	0.78 b	0.75 ab
19	1.03 b	0.82 ab	0.86 ab	0.72 a	0.98 b
20	0.75 b	0.69 ab	0.52 a	0.83 b	0.78 b
21	0.77 a	0.82 a	0.82 a	0.68 a	0.76 a
22	0.77 a	0.63 a	0.76 a	0.60 a	0.78 a
23	0.59 a	0.63 a	0.73 a	0.57 a	0.73 a
24	0.65 b	0.58 ab	0.57 ab	0.50 a	0.48 a
25	0.54 a	0.54 a	0.48 a	0.62 a	0.60 a
26	0.58 bc	0.62 c	0.64 c	0.46 ab	0.39 a
27	0.60 ab	0.81 b	0.31 a	0.41 a	0.49 ab
28	0.48 a	0.40 a	0.35 a	0.47 a	0.35 a
29	0.39 b	0.36 ab	0.35 ab	0.30 a	0.33 ab
30	0.39 a	0.42 a	0.44 a	0.47 a	0.49 a
31	0.54 b	0.30 a	0.32 a	0.26 a	0.36 a
32	0.45 ab	0.39 ab	0.36 a	0.49 b	0.35 a
33	0.38 a	0.33 a	0.30 a	0.34 a	0.29 a
34	0.30 a	0.30 a	0.22 a	0.34 a	0.26 a
35	0.22 ab	0.24 ab	0.27 b	0.26 ab	0.19 a
36	0.24 a	0.21 a	0.27 a	0.23 a	0.25 a
37	0.15 a	0.28 b	0.27 b	0.27 b	0.26 b
38	0.33 a	0.22 a	0.24 a	0.29 a	0.24 a
39	0.24 a	0.24 a	0.26 a	0.20 a	0.23 a
40	0.29 a	0.25 a	0.29 a	0.24 a	0.35 a
41	0.18 a	0.26 b	0.27 b	0.32 b	0.25 ab
42	0.18 a	0.21 a	0.20 a	0.25 a	0.25 a
43	0.12 a	0.18 ab	0.19 bc	0.25 c	0.25 c
44	0.16 a	0.14 a	0.19 a	0.25 a	0.26 a
45	0.16 a	0.16 a	0.22 a	0.23 a	0.23 a

ตัวอักษรหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวนอนแสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

ตารางภาคผนวกที่ 39 แสดงการจัดระดับสถิติของค่าอัตราส่วนปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำ
ได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ในพีทมেন্টต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา

Storage Day	Control	50,000 times	150,000 times	250,000 times	350,000 times
1	3.03 a	3.28 a	3.68 a	2.95 a	3.15 a
2	8.71 a	5.77 a	9.55 a	9.09 a	8.24 a
3	4.18 a	5.81 a	7.23 a	6.00 a	4.65 a
4	10.92 a	6.30 a	7.13 a	7.60 a	6.99 a
5	6.59 a	10.00 a	8.18 a	8.71 a	12.48 a
6	7.19 ab	4.34 a	5.85 ab	8.81 b	8.51 b
7	7.46 ab	9.76 b	9.20 b	5.69 a	8.10 ab
8	8.24 a	10.58 a	8.49 a	8.19 a	6.78 a
9	13.39 a	9.48 a	7.59 a	7.93 a	9.86 a
10	15.52 a	12.45 a	8.90 a	8.83 a	10.56 a
11	20.14 c	11.94 ab	15.26 bc	9.34 a	8.88 a
12	14.41 a	11.22 a	17.00 a	14.22 a	16.46 a
13	23.06 b	13.48 a	21.81 b	15.92 a	15.26 a
14	13.79 ab	19.22 b	13.90 ab	13.36 a	13.27 a
15	10.50 a	17.26 a	13.54 a	13.23 a	15.84 a
16	15.63 ab	12.01 a	16.69 ab	17.79 b	12.92 ab
17	22.14 b	14.09 a	20.50 ab	15.42 ab	19.56 ab
18	13.04 a	23.11 b	22.73 b	20.61 b	20.86 b
19	12.62 a	19.02 ab	17.97 ab	21.44 b	14.76 ab
20	19.90 a	23.78 ab	30.80 b	18.57 a	20.62 a
21	18.89 a	19.02 a	17.46 a	22.76 a	18.66 a
22	20.12 ab	23.99 b	20.99 ab	23.88 ab	18.34 a
23	28.86 c	25.59 bc	18.69 a	28.09 bc	22.04 ab
24	23.73 a	28.11 a	28.09 a	30.51 a	28.46 a
25	32.48 a	27.70 a	34.91 a	24.90 a	26.50 a
26	27.24 a	26.20 a	25.44 a	37.13 b	39.94 b
27	27.49 a	20.17 a	49.57 a	39.26 a	31.03 a
28	30.89 a	39.94 a	45.01 a	32.31 a	43.81 a
29	41.07 a	40.58 a	41.07 a	51.49 a	48.16 a
30	39.37 a	39.80 a	33.79 a	33.21 a	31.55 a
31	27.05 a	60.81 b	48.70 b	62.95 b	41.98 ab
32	35.97 a	45.31 a	44.09 a	32.07 a	45.26 a
33	43.14 a	50.09 a	53.56 a	53.23 a	52.75 a
34	50.22 a	53.13 a	74.24 a	50.89 a	64.78 a
35	77.61 a	70.81 a	63.39 a	60.34 a	85.16 a
36	74.97 ab	89.55 b	53.61 a	70.36 ab	63.02 a
37	49.47 b	61.49 a	59.70 a	61.57 a	60.35 a
38	53.18 a	77.61 a	68.03 a	59.70 a	68.13 a
39	73.43 ab	76.56 ab	62.88 a	95.36 b	76.96 ab
40	51.17 a	65.07 a	51.59 a	66.56 a	44.90 a
41	96.79 b	64.15 a	58.48 a	49.66 a	65.07 a
42	91.36 a	79.60 a	92.11 a	65.01 a	67.08 a
43	162.82 c	101.40 b	89.55 ab	65.74 a	65.13 a
44	104.22 a	122.17 a	90.89 a	66.41 a	62.27 a
45	113.33 a	109.12 a	73.30 a	69.05 a	71.21 a

ตัวอักษรหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวนอนแสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

ตารางภาคผนวกที่ 40 แสดงการจัดระดับสถิติของค่าสี L* ที่เปลือกบริเวณกลางผลในทรีตเมนต์
ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา

Storage Day	Control	Powder AC	Granular AC	4x8 mesh AC	Ethylene Absorber	1,000 ppb 1-MCP
1	87.83 a	85.83 a	83.33 a	83.00 a	87.17 a	83.83 a
2	86.00 a	88.50 a	87.17 a	88.00 a	84.67 a	83.67 a
3	85.83 a	86.83 a	80.83 a	77.50 a	82.17 a	84.67 a
4	76.17 a	81.83 b	78.50 ab	79.00 ab	80.00 ab	78.50 ab
5	83.33 a	83.00 a	83.17 a	83.00 a	83.00 a	81.17 a
6	82.17 a	85.00 a	84.83 a	81.67 a	84.33 a	83.83 a
7	80.17 a	81.50 a	81.17 a	82.83 a	84.17 a	84.50 a
8	75.00 a	80.00 ab	80.83 ab	85.00 b	81.33 ab	79.33 ab
9	75.17 a	76.00 a	78.00 a	84.33 b	78.83 a	75.17 a
10	75.50 a	75.50 a	79.17 a	79.83 a	75.83 a	78.33 a
11	81.67 a	80.17 a	79.83 a	82.67 a	84.00 a	79.83 a
12	82.50 a	79.50 a	81.67 a	78.50 a	79.33 a	79.33 a
13	82.33 b	78.33 ab	73.83 a	77.50 ab	82.33 b	76.67 ab
14	77.83 a	79.83 a	82.00 a	81.00 a	78.33 a	80.17 a
15	81.50 a	82.00 a	78.33 a	80.33 a	80.00 a	76.50 a
16	79.83 abc	77.17 ab	78.67 abc	80.67 bc	83.67 c	74.33 a
17	82.67 b	79.17 ab	81.17 ab	82.83 b	83.00 b	77.17 a
18	84.83 b	80.83 ab	79.83 a	81.00 ab	82.00 ab	80.50 a
19	81.83 a	78.83 a	82.33 a	81.50 a	80.83 a	84.17 a
20	81.83 a	81.00 a	79.50 a	78.00 a	84.00 a	81.00 a
21	81.83 a	76.67 a	80.50 a	79.50 a	82.83 a	79.00 a
22	80.83 a	79.33 a	82.83 a	80.83 a	83.83 a	81.50 a
23	83.00 a	80.00 a	82.33 a	81.17 a	83.50 a	82.17 a
24	82.67 a	79.33 a	82.00 a	80.33 a	81.67 a	83.17 a
25	80.00 a	80.83 a	82.17 a	84.00 a	81.00 a	82.33 a
26	81.83 a	78.17 a	81.17 a	79.50 a	81.17 a	83.17 a
27	81.67 a	80.17 a	80.00 a	81.67 a	83.33 a	82.67 a
28	80.17 a	77.33 a	78.83 a	82.33 a	81.50 a	82.17 a
29	79.50 a	78.33 a	80.33 a	78.00 a	81.83 a	83.00 a
30	82.17 a	79.33 a	79.17 a	79.83 a	80.17 a	81.33 a
31	80.00 a	79.67 a	79.83 a	61.17 a	69.33 a	79.50 a
32	81.33 a	79.17 a	61.33 a	54.33 a	79.17 a	79.50 a
33	63.33 ab	48.33 ab	27.33 a	46.00 ab	50.83 ab	76.17 b
34	57.17 a	50.00 a	49.67 a	43.17 a	68.17 a	73.67 a
35	63.00 ab	75.67 ab	56.00 a	67.83 ab	81.00 b	77.33 ab
36	71.83 a	71.33 a	66.83 a	63.33 a	77.33 a	78.83 a
37	47.50 ab	63.17 ab	42.17 a	49.17 ab	72.17 ab	77.67 b

ตัวอักษรหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวนอนแสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

ตารางภาคผนวกที่ 41 แสดงการจัดระดับสถิติของค่าสี a* ที่เปลือกบริเวณกลางผลในพีระมอนด์
ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา

Storage Day	Control	Powder AC	Granular AC	4x8 mesh AC	Ethylene Absorber	1,000 ppb 1-MCP
1	-11.30 a	-10.60 a	-10.50 a	-10.10 a	-11.20	-10.50 a
2	-11.30 a	-10.20 ab	-10.90 a	-9.80 ab	-10.60 ab	-8.20 b
3	-10.80 ab	-10.20 ab	-8.30 bc	-7.20 c	-11.10 a	-9.40 abc
4	-8.90 ab	-8.80 ab	-7.10 b	-6.90 b	-8.30 ab	-10.20 a
5	-7.10 a	-7.40 a	-7.30 a	-8.10 a	-7.10 a	-7.60 a
6	-8.50 a	-7.00 a	-6.90 a	-8.90 a	-6.20 a	-8.40 a
7	-8.20 a	-8.10 a	-7.60 a	-7.60 a	-7.20 a	-8.90 a
8	-7.70 a	-7.70 a	-6.00 a	-5.50 a	-7.00 a	-8.30 a
9	-7.50 ab	-7.10 ab	-4.70 b	-4.60 b	-7.90 ab	-8.40 a
10	-6.90 ab	-4.80 ab	-3.60 b	-2.80 b	-6.80 ab	-8.10 a
11	-2.20 c	-2.30 c	-3.80 abc	-3.30 bc	-6.60 ab	-6.90 a
12	-3.20 a	-0.90 a	-2.60 a	-2.00 a	-5.10 a	-7.50 a
13	-2.50 b	-2.60 b	0.70 b	-0.10 b	-2.40 b	-8.30 a
14	0.40 b	0.30 b	0.10 b	1.40 b	-2.60 ab	-6.20 a
15	0.50 b	3.20 b	1.60 b	0.80 b	-2.90 ab	-6.50 a
16	0.40 ab	3.00 b	1.70 ab	1.00 ab	-2.10 ab	-5.20 a
17	1.80 b	2.00 b	2.90 b	3.40 b	0.50 b	-4.70 a
18	1.90 ab	4.00 b	2.70 ab	3.10 ab	2.00 ab	-1.50 a
19	2.10 ab	3.20 ab	3.30 ab	5.30 b	1.90 ab	0.70 a
20	2.80 a	4.10 a	3.10 a	5.70 a	2.70 a	-0.20 a
21	3.70 a	5.30 a	4.00 a	7.10 a	3.60 a	2.00 a
22	5.30 a	5.80 a	4.60 a	5.40 a	3.10 a	2.60 a
23	5.00 a	6.20 a	5.70 a	5.40 a	4.10 a	2.80 a
24	6.50 ab	6.00 ab	7.20 b	5.70 ab	3.60 ab	2.50 a
25	5.80 ab	6.40 ab	7.40 b	5.10 ab	4.60 ab	3.00 a
26	5.90 ab	7.70 b	5.90 ab	6.10 ab	5.40 a	3.30 a
27	3.70 a	7.40 a	5.40 a	6.50 a	4.50 a	3.80 a
28	4.20 a	5.70 a	6.40 a	5.70 a	5.80 a	3.30 a
29	4.20 a	6.00 a	4.20 a	5.90 a	6.30 a	3.40 a
30	4.20 b	7.00 c	1.30 a	4.10 b	5.90 bc	3.20 a
31	4.20 a	3.60 a	3.20 a	5.00 a	4.80 a	3.50 a
32	2.70 a	4.70 a	2.20 a	4.20 a	4.50 a	4.90 a
33	1.40 a	0.50 a	1.90 a	0.30 a	1.60 a	3.30 a
34	4.60 a	3.70 a	1.40 a	3.20 a	2.30 a	5.40 a
35	1.40 ab	-1.80 ab	1.40 ab	2.30 b	0.80 ab	-3.60 a
36	-3.80 a	0.10 a	0.60 a	1.20 a	-0.70 a	-3.50 a
37	1.40 b	4.30 b	3.90 b	1.40 b	-2.90 a	-3.40 a

ตัวอักษรหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวนอนแสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

ตารางภาคผนวกที่ 42 แสดงการจัดระดับสถิติของค่าสี b* ที่เปลือกบริเวณกลางผลในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา

Storage Day	Control	Powder AC	Granular AC	4x8 mesh AC	Ethylene Absorber	1,000 ppb 1-MCP
1	31.80 a	31.20 a	31.00 a	31.50 a	33.10 a	31.70 a
2	33.00 a	32.20 a	31.70 a	31.80 a	33.70 a	32.60 a
3	33.20 a	32.00 a	33.70 a	31.30 a	34.20 a	32.50 a
4	31.70 a	34.90 a	33.00 a	31.60 a	31.70 a	33.40 a
5	31.80 a	35.00 a	31.60 a	31.20 a	31.90 a	33.60 a
6	32.60 a	31.20 a	32.20 a	32.30 a	31.00 a	33.40 a
7	33.10 a	34.20 a	33.30 a	31.90 a	30.50 a	32.50 a
8	34.30 a	34.20 a	33.20 a	30.60 a	30.60 a	33.00 a
9	34.70 a	35.00 a	34.40 a	33.00 a	32.50 a	33.70 a
10	35.80 a	31.80 a	32.60 a	35.80 a	36.70 a	34.10 a
11	35.20 ab	37.00 ab	32.20 a	39.20 b	36.10 ab	35.10 ab
12	36.10 ab	40.10 b	35.20 ab	38.60 ab	34.50 a	35.40 ab
13	35.90 a	38.40 a	35.40 a	38.50 a	36.70 a	34.20 a
14	38.60 ab	38.50 ab	40.20 b	40.20 b	36.70 ab	35.00 a
15	39.00 ab	42.50 c	37.60 a	41.50 bc	37.60 a	38.30 ab
16	41.00 b	40.70 b	42.20 b	40.90 b	42.20 b	38.30 a
17	43.50 c	39.70 ab	42.80 bc	39.90 abc	41.10 abc	38.10 a
18	44.30 b	41.50 ab	40.80 ab	41.30 ab	41.00 ab	39.90 a
19	42.20 a	40.00 a	37.30 a	42.60 a	40.90 a	42.00 a
20	40.80 a	39.10 a	42.70 a	41.40 a	44.20 a	41.60 a
21	43.50 a	39.10 a	43.00 a	40.10 a	40.90 a	41.50 a
22	42.20 a	41.30 a	40.10 a	44.10 a	43.10 a	42.60 a
23	44.50 a	44.40 a	43.40 a	43.30 a	43.00 a	42.70 a
24	43.10 a	39.90 a	41.70 a	40.30 a	42.50 a	40.90 a
25	43.50 a	44.60 a	45.10 a	41.80 a	44.20 a	41.60 a
26	43.50 a	40.80 a	39.20 a	40.10 a	42.10 a	40.00 a
27	42.70 b	38.90 ab	39.80 ab	39.70 ab	38.80 ab	36.90 a
28	40.70 a	39.20 a	42.40 a	40.30 a	42.40 a	43.10 a
29	42.30 ab	39.20 a	39.30 a	40.60 ab	44.40 b	38.60 a
30	43.50 b	38.60 b	24.10 a	38.40 b	38.50 b	40.80 b
31	39.50 a	39.50 a	36.20 a	27.20 a	32.80 a	37.20 a
32	39.70 a	35.50 a	28.00 a	22.10 a	39.30 a	42.10 a
33	29.50 ab	17.70 ab	6.90 a	13.20 ab	18.50 ab	32.10 b
34	25.80 a	24.10 a	22.30 a	18.50 a	35.50 a	39.70 a
35	26.90 a	37.50 a	29.60 a	32.90 a	41.00 a	37.20 a
36	35.00 a	31.60 a	29.40 a	28.40 a	37.30 a	30.10 a
37	15.80 a	27.90 abc	16.00 a	19.10 ab	34.70 bc	39.10 c

ตัวอักษรหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวนอนแสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

ตารางภาคผนวกที่ 43 แสดงการจัดระดับสถิติของค่าสี Delta E ที่เปลือกบริเวณกึ่งกลางผลในทรีด
เมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา

Storage Day	Control	Powder AC	Granular AC	4x8 mesh AC	Ethylene Absorber	1,000 ppb 1-MCP
1	2.89 a	0.95 a	2.00 a	2.18 a	2.64 a	1.38 a
2	1.90 a	3.36 a	2.13 a	2.86 a	2.09 a	2.63 a
3	1.74 a	1.69 a	5.12 a	8.24 a	4.00 a	1.21 a
4	9.09 a	4.81 a	7.45 a	6.98 a	5.50 a	6.88 a
5	3.58 a	4.81 a	3.50 a	3.04 a	3.76 a	5.12 a
6	3.55 a	3.22 a	3.32 a	3.77 a	4.12 a	2.78 a
7	5.55 a	4.89 a	5.01 a	3.48 a	3.36 a	1.63 a
8	10.78 a	6.24 a	6.20 a	4.81 a	5.10 a	6.26 a
9	10.77 ab	10.21 ab	9.41 b	5.78 ab	6.78 a	10.35 ab
10	10.99 a	11.06 a	8.94 a	9.97 a	11.11 a	7.53 a
11	9.38 a	10.72 a	8.32 a	10.46 a	5.77 a	7.11 a
12	8.65 a	13.72 b	9.04 ab	12.59 b	8.22 a	7.40 a
13	9.18 ab	12.19 ab	16.13 b	14.36 b	9.66 ab	9.05 a
14	14.59 b	13.57 b	13.69 b	14.94 b	11.35 ab	7.18 a
15	13.43 abc	17.46 c	14.83 abc	15.47 bc	10.68 ac	11.49 a
16	15.04 ab	17.84 b	17.12 ab	15.14 ab	13.31 ab	13.62 a
17	16.98 cd	15.74 bc	17.60 d	16.02 bcd	14.37 b	11.61 a
18	17.44 a	17.76 a	16.63 a	16.89 a	15.63 a	12.80 a
19	16.48 a	16.95 a	14.85 a	19.27 a	15.77 a	14.99 a
20	16.18 a	16.60 a	18.13 a	19.92 a	17.97 a	14.64 a
21	18.50 a	19.13 a	18.70 a	20.02 a	16.71 a	16.79 a
22	19.18 a	19.52 a	17.14 a	20.36 a	17.53 a	17.17 a
23	19.95 a	21.34 a	19.91 a	19.81 a	18.27 a	17.26 a
24	20.34 b	19.04 ab	20.28 b	18.68 ab	17.84 ab	15.77 a
25	20.51 bc	21.43 bc	22.29 c	18.33 ab	19.78 abc	16.71 a
26	20.20 b	21.23 b	18.17 ab	19.16 ab	19.14 ab	15.94 a
27	18.03 a	19.63 a	18.29 a	18.81 a	16.39 a	15.11 a
28	17.67 a	19.22 a	20.71 a	18.26 a	19.56 a	17.89 a
29	18.72 ab	19.08 ab	16.95 ab	19.71 ab	21.05 b	15.37 a
30	18.82 a	19.40 a	15.02 a	16.64 a	18.15 a	16.61 a
31	17.14 a	16.75 a	15.08 a	28.75 a	21.82 a	15.78 a
32	15.62 a	16.48 a	27.11 a	35.35 a	17.57 a	19.16 a
33	24.81 ab	40.83 ab	64.08 b	44.57 ab	38.63 ab	16.21 a
34	32.21 a	38.57 a	38.51 a	46.02 a	21.42 a	20.94 a
35	25.47 a	13.92 a	31.45 a	21.39 a	14.96 a	11.60 a
36	15.14 ab	17.23 ab	21.39 ab	24.84 b	13.50 ab	9.34 a
37	42.50 ab	26.61 ab	47.90 b	39.87 ab	15.19 a	12.51 a

ตัวอักษรหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวนอนแสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

ตารางภาคผนวกที่ 44 แสดงการจัดระดับสถิติของค่าสี L* ที่เนื้อบริเวณกลางผลในทรีตเมนต์ต่าง ๆ
ตามจำนวนวันเก็บรักษา

Storage Day	Control	Powder AC	Granular AC	4x8 mesh AC	Ethylene Absorber	1,000 ppb 1-MCP
1	98.83 a	99.17 a	99.00 a	98.83 a	99.00 a	98.67 a
2	98.83 a	99.00 a	98.83 a	98.83 a	98.83 a	98.83 a
3	98.50 ab	99.00 b	98.67 ab	99.00 b	99.00 b	98.00 a
4	98.50 a	98.83 a	98.33 a	99.00 a	98.50 a	98.17 a
5	98.17 a	99.00 b	98.33 ab	98.50 ab	98.50 ab	98.33 ab
6	99.00 a	98.67 a	98.83 a	98.67 a	98.83 a	98.67 a
7	98.83 a	98.67 a	98.50 a	98.50 a	98.17 a	98.50 a
8	98.67 a	98.67 a	98.17 a	98.67 a	98.83 a	98.67 a
9	98.00 a	97.50 a	94.67 a	96.83 a	97.33 a	98.50 a
10	96.00 a	95.67 a	95.83 a	95.33 a	97.67 a	97.83 a
11	97.00 bc	97.50 bc	96.00 b	94.50 a	98.00 c	98.17 c
12	97.67 c	94.33 b	96.83 c	92.67 a	97.50 c	97.33 c
13	94.50 ab	96.67 b	95.67 b	92.50 a	96.67 b	96.83 b
14	95.00 ab	95.67 bc	93.33 b	90.33 a	96.00 bc	97.67 c
15	95.50 b	91.00 a	92.33 ab	91.17 a	95.83 b	94.50 ab
16	95.67 b	89.67 a	88.33 a	90.83 a	94.67 ab	92.83 ab
17	92.33 a	89.67 a	90.17 a	90.17 a	93.67 a	93.33 a
18	93.67 b	90.83 ab	91.17 ab	90.17 a	91.83 ab	91.17 ab
19	93.00 b	89.00 a	89.17 a	90.50 ab	91.67 ab	93.50 b
20	91.83 ab	88.83 ab	90.83 ab	86.00 a	89.17 ab	93.50 b
21	89.67 ab	87.33 a	90.67 b	89.33 ab	90.83 b	90.50 b
22	90.17 a	88.83 a	85.33 a	88.33 a	89.67 a	89.50 a
23	87.83 ab	85.67 ab	86.50 ab	85.00 a	89.83 a	89.00 b
24	91.00 b	85.83 a	87.83 ab	84.67 a	89.17 ab	92.33 b
25	89.17 a	88.00 a	90.67 a	87.17 a	92.00 a	92.33 a
26	89.17 ab	86.50 a	88.67 ab	85.50 a	89.33 ab	91.00 b
27	84.83 ab	84.67 ab	80.00 a	85.17 ab	87.50 b	89.33 b
28	88.00 b	85.17 ab	83.67 ab	74.33 a	83.67 ab	89.67 b
29	85.00 abc	81.33 a	88.17 bc	84.33 b	90.33 c	89.17 bc
30	82.33 ab	80.67 b	82.00 ab	70.83 a	88.50 b	89.67 b
31	84.67 b	78.33 ab	78.33 ab	59.17 a	77.00 ab	87.83 b
32	81.67 a	82.67 a	74.33 a	69.83 a	84.00 a	87.67 a
33	68.50 bc	51.00 b	25.00 a	59.83 b	57.50 b	86.83 c
34	65.17 ab	65.33 ab	45.50 a	53.17 ab	73.50 ab	87.33 b
35	78.50 a	83.33 a	67.33 a	67.17 a	86.67 a	81.83 a
36	76.17 a	82.67 a	86.00 a	76.33 a	84.83 a	91.50 a
37	70.67 ab	79.00 ab	70.50 ab	64.83 a	83.83 b	87.83 b

ตัวอักษรหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวนอนแสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

ตารางภาคผนวกที่ 45 แสดงการจัดระดับสถิติของค่าสี a* ที่เนื้อบริเวณกลางผลในทรีตเมนต์ต่างๆ
ตามจำนวนวันเก็บรักษา

Storage Day	Control	Powder AC	Granular AC	4x8 mesh AC	Ethylene Absorber	1,000 ppb 1-MCP
1	-3.80 a	-1.70 a	-3.10 a	-2.40 a	-1.70 a	-4.00 a
2	-3.70 a	-3.50 a	-3.50 a	-2.80 a	-3.70 a	-3.70 a
3	-5.30 a	-3.20 b	-3.70 ab	-2.60 b	-3.10 b	-4.50 ab
4	-4.10 a	-3.70 a	-4.10 a	-4.90 a	-4.50 a	-4.20 a
5	-4.60 a	-4.30 a	-4.70 a	-4.70 a	-4.70 a	-4.80 a
6	-4.00 a	-4.70 a	-3.90 a	-4.10 a	-4.20 a	-4.30 a
7	-3.50 b	-3.80 ab	-4.20 ab	-5.20 a	-5.40 a	-4.40 ab
8	-4.60 a	-4.60 a	-5.50 a	-4.70 a	-4.70 a	-4.80 a
9	-5.70 a	-5.30 a	-5.60 a	-5.10 a	-5.50 a	-5.00 a
10	-4.60 a	-4.70 a	-5.30 a	-5.50 a	-5.90 a	-4.70 a
11	-5.30 a	-4.80 a	-4.90 a	-5.40 a	-5.40 a	-5.00 a
12	-5.60 a	-5.70 a	-5.90 a	-3.40 b	-6.00 a	-5.50 a
13	-5.20 ab	-5.10 ab	-4.60 ab	-3.80 b	-5.60 a	-5.40 a
14	-5.70 a	-4.30 ab	-4.60 ab	-2.40 b	-5.30 a	-4.90 a
15	-5.30 a	-2.00 b	-3.70 ab	-1.90 b	-5.30 a	-5.20 a
16	-6.40 a	-1.40 ab	0.60 b	-2.10 ab	-5.60 a	-3.30 ab
17	-3.40 a	-0.90 a	-1.40 a	-1.70 a	-4.10 a	-3.50 a
18	-5.00 a	-2.10 b	-1.90 b	-1.80 b	-3.10 ab	-3.50 ab
19	-4.30 a	-1.30 ab	-0.60 b	-2.90 ab	-3.20 ab	-4.20 ab
20	-2.80 a	0.00 ab	-1.80 ab	2.80 b	-1.20 ab	-4.30 a
21	-0.80 abc	1.90 c	-2.00 ab	0.40 bc	-3.20 a	-2.30 ab
22	-0.70 a	-0.30 a	0.90 a	0.10 a	-1.50 a	-1.70 a
23	0.80 ab	2.00 ab	2.00 ab	4.00 b	-1.60 a	-0.40 ab
24	-2.90 a	2.60 b	1.00 ab	4.30 b	-0.60 ab	-3.40 a
25	-1.00 a	0.80 a	-1.30 a	1.50 a	-3.10 a	-3.80 a
26	-0.30 ab	1.90 ab	-0.40 ab	3.60 b	-0.80 ab	-2.30 a
27	4.10 bc	3.80 bc	6.70 c	2.70 b	1.90 ab	-1.60 a
28	0.40 a	3.60 a	4.50 a	3.70 a	3.90 a	-0.70 a
29	4.20 bc	6.00 c	-0.20 ab	3.70 abc	-1.40 a	-0.70 ab
30	5.50 ab	7.60 b	5.20 ab	2.50 ab	-0.10 a	-0.50 a
31	5.10 ab	6.70 b	7.00 b	5.10 ab	3.90 ab	0.70 a
32	5.90 ab	5.60 ab	6.10 ab	7.50 b	4.80 ab	-0.10 a
33	5.50 a	7.40 a	4.50 a	5.50 a	1.80 a	1.20 a
34	8.60 b	6.00 ab	4.60 ab	5.90 ab	4.00 a	1.90 a
35	6.30 a	0.90 a	2.90 a	4.80 a	1.50 a	3.90 a
36	8.50 b	3.40 ab	2.70 ab	6.30 ab	3.30 ab	-3.20 a
37	6.50 bc	6.30 bc	7.50 c	6.10 bc	3.00 ab	0.90 a

ตัวอักษรหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวนอนแสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

ตารางภาคผนวกที่ 46 แสดงการจัดระดับสถิติของค่าสี b* ที่เนื้อบริเวณกลางผลในพีรีตเมนต์ต่างๆ
ตามจำนวนวันเก็บรักษา

Storage Day	Control	Powder AC	Granular AC	4x8 mesh AC	Ethylene Absorber	1,000 ppb 1-MCP
1	16.80 a	19.20 a	18.80 a	16.80 a	16.50 a	15.90 a
2	18.40 a	17.50 a	19.80 a	16.60 a	19.70 a	16.20 a
3	17.20 ab	15.90 a	21.30 b	18.10 ab	20.10 ab	18.60 ab
4	17.40 a	19.90 a	19.70 a	18.60 a	16.60 a	17.00 a
5	19.90 a	18.50 a	21.20 a	19.60 a	19.70 a	20.20 a
6	18.70 a	19.20 a	16.30 a	17.70 a	20.20 a	18.10 a
7	20.10 a	20.70 a	17.30 a	22.60 a	24.20 a	18.40 a
8	19.50 a	20.50 a	23.60 a	20.50 a	23.90 a	19.40 a
9	31.40 a	34.40 a	31.00 a	32.60 a	26.90 a	21.90 a
10	31.00 b	31.20 b	34.30 b	37.10 b	29.90 b	21.80 a
11	29.40 ab	33.60 b	36.00 b	43.10 c	32.60 ab	25.60 a
12	32.20 ab	42.00 c	37.90 bc	40.20 c	31.80 ab	26.40 a
13	41.20 b	42.30 b	38.60 b	41.80 b	35.80 b	25.50 a
14	41.50 bc	41.00 bc	44.00 bc	46.00 c	38.10 ab	33.90 a
15	38.40 a	46.80 bc	48.90 c	45.40 bc	42.50 abc	41.20 ab
16	43.30 a	48.20 b	49.60 b	49.50 b	47.10 b	41.60 a
17	49.60 a	47.20 ab	47.10 ab	49.30 b	42.80 ab	40.60 a
18	50.40 a	48.20 a	48.40 a	47.80 a	49.00 a	46.60 a
19	49.40 b	49.20 b	49.30 b	48.60 b	49.40 b	44.70 a
20	47.10 a	48.80 a	47.30 a	48.40 a	47.20 a	46.80 a
21	49.50 a	48.00 a	49.10 a	48.80 a	49.80 a	48.20 a
22	48.90 a	49.50 a	48.00 a	50.20 a	48.90 a	47.00 a
23	50.30 a	49.80 a	49.60 a	48.10 a	48.50 a	49.40 a
24	48.10 a	49.20 a	42.50 a	49.30 a	51.00 a	46.70 a
25	47.10 ab	49.60 b	50.00 b	50.10 b	46.30 a	47.50 ab
26	49.50 a	48.90 a	51.30 b	49.30 a	49.60 a	49.00 a
27	50.60 a	49.50 a	45.20 a	49.30 a	49.60 a	49.50 a
28	50.10 a	49.90 a	49.50 a	41.70 a	49.20 a	49.20 a
29	49.00 ab	47.10 a	49.80 ab	49.00 ab	48.90 ab	50.10 b
30	47.00 ab	47.30 ab	46.80 ab	39.00 a	48.00 ab	49.20 b
31	48.20 b	45.60 ab	46.80 ab	30.90 a	40.70 ab	48.70 b
32	46.50 a	48.30 a	42.30 a	40.60 a	49.30 a	49.90 a
33	36.90 bc	25.00 ab	12.10 a	26.80 abc	28.50 abc	48.80 c
34	34.30 a	36.50 a	23.20 a	25.70 a	42.70 a	50.20 a
35	46.50 a	44.70 a	37.80 a	37.50 a	49.20 a	47.10 a
36	43.50 a	44.90 ab	49.80 b	44.70 ab	48.60 ab	50.40 b
37	38.10 ab	44.70 ab	37.70 a	36.80 a	48.80 bc	51.00 c

ตัวอักษรหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวนอนแสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

ตารางภาคผนวกที่ 47 แสดงการจัดระดับสถิติของค่า ΔE ที่เนื้อบริเวณกึ่งกลางผลในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา

Storage Day	Control	Powder AC	Granular AC	4x8 mesh AC	Ethylene Absorber	1,000 ppb 1-MCP
1	1.15 a	2.17 a	1.51 a	0.66 a	1.36 a	1.90 a
2	1.41 a	0.74 a	2.57 a	0.74 a	2.54 a	1.46 a
3	2.56 a	1.49 a	4.08 a	0.79 a	2.79 a	2.33 a
4	1.39 a	2.73 a	2.78 a	2.47 a	1.92 a	1.64 a
5	3.24 a	1.92 a	4.36 a	3.00 a	3.08 a	3.56 a
6	1.84 a	2.69 a	1.52 a	1.39 a	3.20 a	1.72 a
7	2.86 a	3.53 a	1.48 a	5.81 a	7.39 a	1.99 a
8	2.84 a	3.66 a	6.88 a	3.71 a	6.85 a	2.90 a
9	14.40 a	17.31 a	14.59 a	15.59 a	10.07 a	5.10 a
10	14.10 b	14.38 b	17.43 b	20.28 b	13.01 b	4.98 a
11	12.48 ab	16.46 b	19.02 b	26.28 c	15.52 ab	8.60 a
12	15.19 ab	25.26 c	20.91 bc	23.72 c	14.89 ab	9.60 a
13	24.40 b	25.18 b	21.59 b	25.32 b	18.82 b	8.83 a
14	24.66 bc	23.94 bc	27.31 bc	29.93 c	21.13 ab	16.75 a
15	21.49 a	30.53 bc	32.26 c	29.13 bc	25.48 abc	24.40 ab
16	26.42 a	32.26 b	34.13 b	33.18 b	30.20 b	25.03 a
17	32.94 b	31.33 ab	31.06 ab	33.16 b	26.04 ab	23.94 a
18	33.56 a	31.92 a	32.03 a	31.72 a	32.45 a	30.29 a
19	32.65 b	33.41 b	33.50 b	32.38 b	32.88 b	27.94 a
20	30.60 a	33.16 a	31.06 a	34.11 a	31.46 a	30.00 a
21	33.53 a	33.12 a	32.83 a	33.05 a	33.46 a	32.00 a
22	32.83 a	33.81 a	33.75 a	34.65 a	32.92 a	31.15 a
23	34.97 a	35.39 a	34.91 a	34.45 a	32.49 a	33.65 a
24	31.77 a	34.87 a	27.76 a	35.71 a	35.12 a	30.11 a
25	31.38 ab	34.26 b	33.73 b	35.08 b	29.79 a	30.90 ab
26	33.71 ab	34.25 ab	35.56 b	35.25 ab	33.72 a	32.65 a
27	36.78 a	35.80 a	34.99 a	35.23 a	34.55 a	33.59 a
28	34.69 a	35.93 a	36.34 a	35.22 a	35.96 a	33.25 a
29	35.29 a	35.67 a	34.30 a	35.46 a	32.75 a	34.25 a
30	34.99 ab	36.59 b	34.91 ab	35.87 a	32.50 ab	33.26 ab
31	34.90 a	36.23 a	37.26 a	42.74 a	32.73 a	33.45 a
32	34.98 a	35.97 a	36.15 a	38.64 a	36.09 a	34.56 a
33	37.11 a	49.59 ab	74.46 b	41.06 a	43.14 a	33.95 a
34	39.46 a	39.66 a	54.25 a	47.32 a	36.55 a	35.17 a
35	36.75 ab	31.71 a	38.07 b	38.37 a	34.41 ab	34.97 ab
36	36.47 a	32.60 a	35.37 a	36.63 a	34.83 a	33.89 a
37	36.27 ab	35.05 ab	36.45 a	40.25 ab	35.37 ab	35.64 b

ตัวอักษรหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวนอนแสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

ตารางภาคผนวกที่ 48 แสดงการจัดระดับสถิติของค่าความแน่นเนื้อผ่านเปลือกบริเวณกึ่งกลางผล
ในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา

Storage Day	Control	Powder AC	Granular AC	4x8 mesh AC	Ethylene Absorber	1,000 ppb 1-MCP
1	20.20 a	19.36 a	19.26 a	19.30 a	19.21 a	19.84 a
2	19.31 a	19.28 a	19.21 a	19.11 a	18.89 a	19.78 a
3	18.64 a	18.95 a	18.89 a	18.74 a	19.28 a	19.50 a
4	18.35 a	18.59 a	18.54 a	18.26 a	17.76 a	18.68 a
5	17.95 a	18.50 a	18.03 a	17.81 a	17.40 a	18.80 a
6	16.16 a	18.47 a	17.77 a	17.60 a	17.64 a	18.37 a
7	16.04 a	16.97 a	16.06 a	17.15 a	17.13 a	18.11 a
8	14.19 a	13.70 a	14.02 a	17.01 a	15.33 a	17.33 a
9	13.67 a	10.20 a	11.11 a	11.66 a	14.50 a	15.45 a
10	10.59 ab	9.28 ab	8.29 a	8.10 a	11.50 ab	14.17 b
11	8.75 a	7.94 a	7.23 a	7.51 a	9.71 a	12.68 a
12	7.44 a	6.18 a	6.15 a	5.56 a	8.12 a	12.06 b
13	6.28 a	5.58 a	3.55 a	5.39 a	7.06 ab	11.31 b
14	4.78 a	4.32 a	3.41 a	3.97 a	4.89 a	7.28 b
15	2.60 a	3.29 a	2.83 a	3.65 a	3.98 a	5.87 b
16	2.52 a	2.84 ab	2.64 a	2.43 a	3.86 bc	4.91 c
17	2.35 a	2.63 a	2.56 a	2.40 a	3.31 a	4.83 b
18	2.32 a	2.30 a	2.43 a	2.28 a	2.91 a	4.02 b
19	2.28 ab	2.14 a	2.39 ab	2.08 a	2.77 bc	3.24 c
20	2.15 a	2.04 a	2.19 a	2.27 a	2.35 a	3.16 b
21	1.83 a	1.98 a	2.10 ab	2.07 ab	2.28 ab	2.54 b
22	1.78 a	1.81 a	1.64 a	1.88 a	2.07 ab	2.47 b
23	1.73 a	1.75 a	1.62 a	1.65 a	1.93 a	2.16 a
24	1.55 a	1.56 a	1.56 a	1.55 a	1.94 ab	2.11 b
25	1.57 ab	1.45 a	1.56 ab	1.50 ab	1.89 ab	2.01 b
26	1.45 a	1.38 a	1.52 a	1.47 a	1.79 ab	1.98 b
27	1.44 ab	1.33 a	1.49 ab	1.44 ab	1.78 bc	1.96 c
28	1.42 a	1.33 a	1.49 a	1.42 a	1.59 a	1.79 a
29	1.43 a	1.32 a	1.49 a	1.37 a	1.55 a	1.76 a
30	1.40 a	1.27 a	1.47 a	1.37 a	1.47 a	1.76 a
31	1.26 a	1.23 a	1.42 a	1.32 a	1.34 a	1.68 a
32	1.18 a	1.24 a	1.41 ab	1.23 a	1.29 ab	1.65 b
33	1.13 a	1.20 a	1.39 ab	1.18 a	1.31 ab	1.64 b
34	0.98 a	0.97 a	1.27 ab	0.99 a	1.11 ab	1.58 b
35	0.95 a	1.01 a	0.97 a	0.92 a	0.86 a	1.38 b
36	0.86 a	0.92 a	0.92 a	0.88 a	0.91 a	1.38 b
37	0.80 a	0.79 a	0.89 ab	0.79 a	0.89 ab	1.19 b

ตัวอักษรหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวนอนแสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

ตารางภาคผนวกที่ 49 แสดงการจัดระดับสถิติของค่าความแน่นเนื้อบริเวณกึ่งกลางผลในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา

Storage Day	Control	Powder AC	Granular AC	4x8 mesh AC	Ethylene Absorber	1,000 ppb 1-MCP
1	10.48 a	10.18 a	10.36 a	9.81 a	9.99 a	9.98 a
2	9.89 a	9.77 a	9.83 a	9.48 a	9.67 a	10.12 a
3	9.62 a	9.43 a	9.69 a	9.43 a	9.25 a	9.28 a
4	9.40 a	9.11 a	9.79 a	9.24 a	9.37 a	9.07 a
5	8.98 a	8.83 a	9.10 a	9.03 a	9.33 a	9.22 a
6	8.47 a	8.86 a	9.21 a	9.06 a	9.31 a	8.94 a
7	8.28 a	7.73 a	8.60 a	8.81 a	9.22 a	8.57 a
8	7.86 a	6.82 a	8.21 a	7.92 a	8.07 a	8.37 a
9	7.19 a	4.36 a	5.81 a	6.54 a	7.15 a	7.97 a
10	3.50 ab	1.85 a	3.89 abc	2.46 a	5.92 bc	6.92 c
11	2.47 ab	1.82 a	3.72 ab	2.32 ab	5.60 bc	6.54 c
12	2.34 a	1.48 a	1.97 a	1.11 a	3.45 ab	6.08 b
13	0.88 a	1.36 ab	1.54 ab	0.96 a	1.85 b	5.91 c
14	0.70 a	0.75 a	0.54 a	0.71 a	1.20 b	3.22 c
15	0.45 a	0.50 a	0.50 a	0.61 ab	1.09 b	1.97 c
16	0.40 a	0.43 a	0.40 a	0.48 ab	0.65 b	1.79 c
17	0.41 a	0.42 a	0.41 a	0.41 a	0.62 a	1.20 b
18	0.36 a	0.39 a	0.39 a	0.38 a	0.46 ab	0.59 b
19	0.36 a	0.39 ab	0.39 ab	0.37 a	0.43 ab	0.50 b
20	0.36 a	0.35 ab	0.37 ab	0.37 a	0.40 ab	0.46 b
21	0.31 a	0.34 a	0.33 a	0.33 a	0.35 a	0.43 a
22	0.29 a	0.34 ab	0.30 a	0.30 ab	0.34 ab	0.40 b
23	0.29 a	0.33 a	0.30 a	0.29 a	0.32 a	0.36 a
24	0.29 a	0.29 a	0.28 a	0.29 a	0.32 a	0.32 a
25	0.27 a	0.29 a	0.28 a	0.28 a	0.30 a	0.31 a
26	0.27 a	0.25 a	0.27 a	0.27 a	0.30 a	0.30 a
27	0.25 a	0.25 a	0.27 a	0.26 a	0.29 a	0.30 a
28	0.25 a	0.25 a	0.27 a	0.26 a	0.27 a	0.29 a
29	0.25 a	0.24 a	0.26 a	0.25 a	0.25 a	0.29 a
30	0.22 a	0.24 a	0.26 a	0.25 a	0.25 a	0.28 a
31	0.22 a	0.24 a	0.24 a	0.25 a	0.24 a	0.28 a
32	0.21 a	0.22 a	0.23 a	0.22 a	0.23 a	0.28 a
33	0.20 ab	0.21 ab	0.22 ab	0.20 a	0.23 ab	0.27 b
34	0.15 ab	0.19 abc	0.12 a	0.19 abc	0.23 bc	0.25 c
35	0.15 a	0.18 a	0.13 a	0.16 a	0.20 a	0.21 a
36	0.13 a	0.15 a	0.11 a	0.14 a	0.19 a	0.20 a
37	0.12 a	0.12 a	0.12 a	0.12 a	0.15 a	0.16 a

ตัวอักษรหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวนอนแสดงว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

ตารางภาคผนวกที่ 50 แสดงค่าความเป็นกรด-ด่างในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา

Storage Day	Control	Powder AC	Granular AC	4x8 mesh AC	Ethylene Absorber	1,000 ppb 1-MCP
1	2.82	2.85	2.87	2.73	2.77	2.82
2	2.88	2.87	2.86	2.95	2.93	2.86
3	2.99	2.98	2.99	3.01	3.05	2.96
4	3.08	3.09	3.06	3.12	3.10	3.08
5	3.15	3.16	3.08	3.13	3.18	3.10
6	3.17	3.14	3.11	3.14	3.20	3.12
7	3.23	3.22	3.15	3.23	3.24	3.18
8	3.35	3.25	3.24	3.28	3.31	3.25
9	3.38	3.39	3.48	3.40	3.36	3.27
10	3.41	3.36	3.45	3.47	3.35	3.28
11	3.42	3.42	3.39	3.53	3.41	3.32
12	3.44	3.46	3.49	3.59	3.43	3.36
13	3.45	3.48	3.72	3.66	3.47	3.41
14	3.60	3.69	3.84	3.68	3.57	3.46
15	3.67	3.74	3.87	3.76	3.61	3.53
16	3.86	3.87	3.96	3.83	3.74	3.59
17	3.89	3.96	4.02	4.12	3.76	3.65
18	4.08	4.10	4.04	4.24	3.92	3.68
19	4.22	4.15	4.18	4.29	4.08	3.78
20	4.25	4.25	4.32	4.36	4.11	3.86
21	4.38	4.31	4.39	4.41	4.16	3.90
22	4.42	4.62	4.45	4.58	4.28	4.04
23	4.54	4.86	4.57	4.66	4.35	4.10
24	4.65	4.93	4.68	4.76	4.44	4.13
25	4.81	5.04	4.84	4.78	4.58	4.28
26	5.13	5.15	5.19	4.86	4.65	4.33
27	5.24	5.27	5.18	4.96	4.82	4.45
28	5.31	5.30	5.29	4.98	4.91	4.52
29	5.33	5.34	5.32	5.18	4.97	4.57
30	5.34	5.39	5.34	5.21	5.11	4.65
31	5.35	5.42	5.37	5.27	5.20	4.83
32	5.39	5.44	5.39	5.32	5.25	5.05
33	5.38	5.39	5.40	5.36	5.29	5.17
34	5.42	5.43	5.43	5.39	5.33	5.24
35	5.44	5.43	5.44	5.40	5.35	5.25
36	5.45	5.45	5.42	5.42	5.39	5.29
37	5.49	5.47	5.47	5.45	5.40	5.33

เพราะเหตุที่ไม่มีซ้ำ จึงเป็นการแสดงข้อมูลเชิงพรรณนาซึ่งจะไม่ปรากฏระดับทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 51 แสดงค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ในพีทมেন্টต่าง ๆ ตาม
จำนวนวันเก็บรักษา

Storage Day	Control	Powder AC	Granular AC	4x8 mesh AC	Ethylene Absorber	1,000 ppb 1-MCP
1	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5
2	9.5	10.0	9.5	10.0	9.5	9.5
3	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
4	10.0	10.5	10.5	10.5	10.0	10.0
5	10.0	10.5	11.0	10.5	10.0	10.0
6	10.5	11.0	10.5	11.0	10.5	10.0
7	11.0	11.5	10.5	11.0	10.5	10.0
8	11.5	12.0	11.5	12.0	11.0	10.5
9	12.5	13.5	13.5	13.0	11.0	10.5
10	14.0	15.0	14.5	14.0	11.5	10.5
11	15.5	15.5	15.0	15.5	12.0	11.0
12	16.0	16.0	16.0	15.5	14.0	11.0
13	16.5	16.0	16.0	16.0	15.0	11.0
14	16.5	16.0	16.5	16.5	16.0	11.5
15	16.5	16.5	16.5	17.0	16.0	12.0
16	16.5	16.5	16.5	17.0	16.5	13.5
17	16.5	16.5	16.5	17.0	16.5	14.5
18	16.5	17.0	16.5	17.0	17.0	15.0
19	17.0	17.0	16.5	17.0	17.0	16.0
20	17.0	17.0	17.0	17.5	17.0	16.5
21	17.0	17.5	17.5	17.5	17.0	16.5
22	17.5	17.5	17.5	17.5	17.0	16.5
23	17.5	17.5	18.0	18.0	17.0	17.0
24	17.5	17.5	18.5	18.0	17.5	17.0
25	18.0	17.5	18.5	18.0	17.5	17.0
26	18.0	18.0	18.0	18.5	17.5	17.5
27	18.0	18.0	18.5	18.0	17.5	17.5
28	18.0	18.0	18.5	18.5	17.5	18.0
29	18.5	18.5	18.0	18.5	18.0	17.5
30	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.0
31	18.5	19.0	18.5	19.0	18.5	18.0
32	18.0	18.5	18.0	18.5	18.5	18.5
33	18.0	19.0	18.0	18.0	18.0	18.5
34	19.0	18.5	18.0	18.0	18.5	18.5
35	18.0	18.5	18.5	18.0	19.0	18.5
36	18.0	19.0	18.5	18.5	18.5	19.0
37	18.5	18.5	18.0	19.0	18.5	18.5

เพราะเหตุที่ไม่มีซ้ำ จึงเป็นการแสดงข้อมูลเชิงพรรณนาซึ่งจะไม่ปรากฏระดับทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 52 แสดงค่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา

Storage Day	Control	Powder AC	Granular AC	4x8 mesh AC	Ethylene Absorber	1,000 ppb 1-MCP
1	1.89	1.94	1.90	1.95	1.93	1.88
2	1.90	1.87	1.90	1.90	1.87	1.88
3	1.75	1.78	1.76	1.73	1.80	1.81
4	1.70	1.64	1.74	1.72	1.78	1.79
5	1.60	1.59	1.60	1.57	1.62	1.67
6	1.44	1.51	1.55	1.51	1.63	1.64
7	1.24	1.45	1.39	1.33	1.53	1.59
8	1.24	1.24	1.31	1.16	1.41	1.52
9	1.18	1.19	1.25	1.01	1.36	1.41
10	1.16	1.15	0.94	0.84	1.22	1.39
11	1.16	0.91	0.92	0.75	1.22	1.31
12	1.01	0.92	0.91	0.75	1.10	1.21
13	0.97	0.87	0.83	0.72	1.04	1.10
14	0.75	0.63	0.61	0.69	0.87	1.00
15	0.61	0.59	0.56	0.53	0.75	0.98
16	0.53	0.57	0.39	0.42	0.68	0.82
17	0.43	0.43	0.32	0.40	0.62	0.79
18	0.41	0.39	0.29	0.36	0.57	0.74
19	0.39	0.35	0.28	0.35	0.49	0.70
20	0.36	0.32	0.26	0.32	0.47	0.68
21	0.30	0.29	0.23	0.28	0.40	0.57
22	0.28	0.25	0.23	0.22	0.34	0.51
23	0.25	0.20	0.21	0.21	0.29	0.46
24	0.22	0.16	0.21	0.16	0.24	0.41
25	0.15	0.16	0.16	0.15	0.23	0.40
26	0.13	0.13	0.15	0.13	0.15	0.35
27	0.13	0.13	0.13	0.12	0.15	0.30
28	0.12	0.12	0.12	0.10	0.14	0.21
29	0.11	0.10	0.12	0.10	0.13	0.20
30	0.10	0.08	0.10	0.10	0.10	0.15
31	0.10	0.10	0.08	0.08	0.10	0.15
32	0.08	0.08	0.08	0.09	0.08	0.12
33	0.08	0.08	0.08	0.08	0.10	0.13
34	0.10	0.10	0.08	0.10	0.08	0.12
35	0.08	0.08	0.10	0.08	0.10	0.12
36	0.10	0.07	0.08	0.08	0.08	0.10
37	0.07	0.08	0.08	0.07	0.10	0.10

เพราะเหตุที่ไม่มีซ้ำ จึงเป็นการแสดงข้อมูลเชิงพรรณนาซึ่งจะไม่ปรากฏระดับทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 53 แสดงค่าอัตราส่วนปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ในพีทมেন্টต่างๆ ตามจำนวนวันเก็บรักษา

Storage Day	Control	Powder AC	Granular AC	4x8 mesh AC	Ethylene Absorber	1,000 ppb 1-MCP
1	5.03	4.89	5.01	4.88	4.91	5.06
2	5.01	5.35	5.00	5.27	5.07	5.04
3	5.71	5.63	5.67	5.80	5.56	5.54
4	5.88	6.42	6.03	6.10	5.61	5.59
5	6.26	6.62	6.89	6.70	6.17	5.99
6	7.27	7.28	6.76	7.27	6.45	6.09
7	8.85	7.92	7.53	8.28	6.85	6.30
8	9.25	9.68	8.80	10.31	7.82	6.89
9	10.59	11.35	10.82	12.94	8.11	7.44
10	12.03	13.07	15.46	16.72	9.41	7.55
11	13.31	16.98	16.28	20.79	9.81	8.39
12	15.92	17.43	17.53	20.79	12.76	9.06
13	16.98	18.30	19.18	22.11	14.40	10.03
14	21.89	25.34	26.99	23.91	18.37	11.54
15	26.99	27.99	29.58	32.22	21.47	12.25
16	31.27	28.97	42.28	40.60	24.14	16.38
17	38.18	38.33	51.04	42.64	26.48	18.34
18	40.21	43.56	57.27	46.77	30.03	20.21
19	43.56	49.03	59.70	48.33	34.64	22.91
20	47.21	52.86	66.33	54.13	35.86	24.20
21	57.02	60.39	74.63	63.32	42.64	28.72
22	63.32	71.07	75.71	78.55	50.24	32.09
23	68.74	85.64	85.97	85.97	59.01	36.64
24	78.55	107.71	88.36	109.66	72.05	41.77
25	119.40	107.71	112.70	119.40	76.26	42.64
26	137.77	134.33	122.12	143.44	116.09	49.75
27	143.28	143.28	147.26	149.25	116.09	58.70
28	153.52	147.21	151.30	184.08	125.88	84.62
29	175.31	184.08	153.52	184.08	134.33	85.64
30	184.08	220.90	184.08	184.08	184.08	119.40
31	184.08	189.05	220.90	226.87	184.08	119.40
32	214.93	220.90	238.81	200.81	220.90	157.78
33	214.93	226.87	214.93	214.93	179.10	138.06
34	189.05	184.08	214.93	179.10	220.90	157.78
35	214.93	220.90	184.08	214.93	189.05	157.78
36	179.10	283.58	220.90	220.90	220.90	189.05
37	276.12	220.90	214.93	283.58	184.08	184.08

เพราะเหตุที่ไม่มีซ้ำ จึงเป็นการแสดงข้อมูลเชิงพรรณนาซึ่งจะไม่ปรากฏระดับทางสถิติ



ภาคผนวก ค

บทความที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในระหว่างการศึกษา

รายชื่อบทความที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในระหว่างการศึกษา

ศักยะ สมบัติไพรวรรณ, เทวรัตน์ ศรีอำนรรค และกระวี ศรีอำนรรค. 2555. ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์
กับระยะเวลาการสุกของมะม่วงน้ำดอกไม้หลังการเก็บเกี่ยว. วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตร
แห่งประเทศไทย 18(1): 52-58.

ศักยะ สมบัติไพรวรรณ, เทวรัตน์ ศรีอำนรรค และกระวี ศรีอำนรรค. 2555. การศึกษาการชะลอ
การสุกของมะม่วงน้ำดอกไม้. ว. วิทย. กษ. 43 (3 พิเศษ): 355-358.





วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย

ปีที่xxฉบับที่x(xxxx) xxx – xxx

Available online at www.tsae.asia

บทความวิจัย

ISSN 1685-406X

ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับระยะการสุกของมะม่วงน้ำดอกไม้หลังการเก็บเกี่ยว

Factors Related to Ripening-stages of Nam Dok-mai Mango after Harvesting

ศักยะ สมบัติไพรวาน¹, เทวรัตน์ ทิพย์วิมล¹, กระวี ตรีอำนรรค²

Sakaya Sombatpraiwan¹, Tawarat Tipyavimol¹, Krawee Treemnu²

¹สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา 30000

¹School of Agricultural Engineering, Institute of Engineering, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, 30000

²Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Pathumthani, 12110

^{*}Corresponding author: Tel +66-44-224-583, Fax: +66-44-224-610, E-mail: tawarat@sut.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางกายภาพ ทางกล และทางเคมีกับระยะการสุกของมะม่วงน้ำดอกไม้หลังการเก็บเกี่ยวโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัยและการวิเคราะห์จำแนกกลุ่ม ปัจจัยที่ทำการศึกษประกอบด้วยค่าความแน่นเนื้อวัดทั้งเปลือกและเฉพาะเนื้อ ค่าสีของเปลือกและเนื้อ ค่าปริมาณของแข็งที่ละลาย (TSS) ความถ่วงจำเพาะ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA) และอัตราส่วนของแข็งที่ละลายได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TSS/TA) ผลจากการศึกษาพบว่าปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับระยะการสุกประกอบด้วยค่าสี a^* และ b^* ของทั้งเปลือกและเนื้อผล ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ค่าความแน่นเนื้อทั้งเปลือกและเฉพาะเนื้อ ค่า TSS/TA ส่วนค่าความถ่วงจำเพาะและค่าสี L^* ของทั้งเปลือกและเนื้อผลไม่มีแนวโน้มที่เด่นชัด เมื่อทำการจำแนกระยะการสุกของมะม่วงน้ำดอกไม้ พบว่าการใช้ตัวแปรความแน่นเนื้อวัดทั้งเปลือกร่วมกับค่า TSS/TA สามารถจำแนกระยะการสุกออกเป็น 3 กลุ่มคือ ระยะดิบ ระยะสุกและระยะสุกเกินได้ถูกต้อง 91.7%

คำสำคัญ มะม่วงน้ำดอกไม้, ระยะการสุก, การวิเคราะห์จำแนกกลุ่ม

Abstract

The objective of this research was to studies the relation of physical, mechanical and chemical factors with stages of ripening of Nam Dok-mai mango. The factor analysis and discriminant analysis techniques were used in this study. Firmness (fruit and flesh), color (peel and flesh), total soluble solids content (TSS), specific gravity, titratable acidity (TA), and ratio of TSS/TA were used to evaluate ripening stages of the mango. The results found that a^* and b^* value (peel and flesh), total soluble solids content, titratable acidity, fruit and flesh firmness, TSS/TA are affect to ripening stages, while specific gravity and L^* value of peel and flesh are not clearly. The results of discriminant analysis shown that fruit firmness and TSS/TA could be classify ripening in 3 stages; unripe, ripe, over ripe correctly 91.7%

Keywords: Nam Dok-mai Mango, Ripening stages, Discriminant analysis

Received dd mm yy
Received in revised form ddm yy
Accepted dd mm yy

1บทนำ

มะม่วงน้ำดอกไม้ (Manifera indica L. cv Nam Dok-mai) เป็นผลไม้ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของไทย ทั้งสำหรับตลาดเพื่อการบริโภคภายในประเทศและการส่งออก

ทั้งนี้เนื่องจากมะม่วงน้ำดอกไม้เป็นมะม่วงที่อยู่ในกลุ่มบริโภคเมื่อผลสุก (จารุวัฒน์และศิริชัย, 2545) จากข้อมูลของศูนย์สารสนเทศเกษตร (2552) พบว่ามะม่วงน้ำดอกไม้มีมูลค่าการส่งออกถึง 1,500 ล้านบาท และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ

ตั้งแต่ปี 2549 โดยประเทศคู่ค้าที่สำคัญตลอดเวลาเกือบสิบปี ที่ผ่านมามีคือ ประเทศญี่ปุ่น และสหรัฐอเมริกา อย่างไรก็ตาม การส่งออกมะม่วงไปจำหน่ายในตลาดต่างประเทศที่ต้องขนส่งระยะทางไกลๆ ยังประสบกับปัญหาด้านคุณภาพและอายุการวางจำหน่ายที่สั้น (สายชลและสุนทร, 2535) ทั้งนี้ เนื่องจากหลังการเก็บเกี่ยวมะม่วงซึ่งเป็นผลไม้ในกลุ่ม Climacteric fruit จะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นนี้จะส่งผลถึงลักษณะปรากฏทางคุณภาพที่ส่งผลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อจากผู้บริโภค เช่น สี รูปร่าง รอยตำหนิ ความหวาน และความแน่นเนื้อ สำหรับ ความแน่นเนื้อเป็นลักษณะคุณภาพชนิดหนึ่งที่ผู้บริโภคนิยมใช้ในการตัดสินใจเลือกซื้อผลไม้หลายๆ ชนิด รวมถึงผลมะม่วงสุก จากการศึกษาของ Jha et al. (2010) พบว่าความแน่นเนื้อ (firmness) ของมะม่วงลูกผสมแปดสายพันธุ์จะมีค่าสูงสุดในวันแรกของการเก็บเกี่ยวและมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น และจากรายงานของ ศักยะ และคณะ (2555) พบว่าสามารถใช้ค่าความแน่นเนื้อแบ่งการเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวของมะม่วงน้ำดอกไม้ออกเป็น 3 ระยะการสุกคือ ระยะเริ่มสุก ระยะสุก และระยะสุกงอม แต่อย่างไรก็ตาม ลักษณะทางคุณภาพที่ดึงดูดใจและสร้างความพอใจให้กับผู้บริโภคมิได้มีแค่ความแน่นเนื้อเพียงอย่างเดียว ยังมีปัจจัยทางคุณภาพอื่นที่ต้องพิจารณาประกอบกัน นั่นคือ หากมะม่วงภายหลังการเก็บเกี่ยวมีค่าความแน่นเนื้อที่ลดลง แต่การพัฒนาด้านสีและรสชาติที่ไม่สมบูรณ์ขาดความสัมพันธ์กันก็จะก่อให้เกิดการสุกที่ไม่มีคุณภาพ (สายชลและสุนทร, 2535) ซึ่งปัจจัยทางคุณภาพเหล่านี้สามารถตรวจวัดได้ด้วยเทคนิคแบบทำลายและไม่ทำลาย (Padda M. et al., 2011) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับระยะการสุกของมะม่วงน้ำดอกไม้หลังการเก็บเกี่ยวซึ่งปัจจัยเหล่านี้สามารถนำมาใช้เป็นเกณฑ์ในการกำหนดชั้นคุณภาพของมะม่วงน้ำดอกไม้ได้

2 อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 มะม่วงน้ำดอกไม้

มะม่วงน้ำดอกไม้ที่ใช้ได้จากสวนมะม่วงของเกษตรกรในเขตอำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา อายุการเก็บเกี่ยว 110 วันหลังดอกบาน นำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ $27 \pm 1.5^{\circ}\text{C}$ ความชื้นสัมพัทธ์ 65 ± 5 เปอร์เซ็นต์ ทำการตรวจวัดค่าปัจจัยการสุกทุกวันโดยใช้ตัวอย่างมะม่วงวันละ 5 ผล

2.2 การตรวจวัดค่าปัจจัย

2.2.1 ค่าความถ่วงจำเพาะ หาได้โดยใช้วิธีการแทนที่น้ำ

(Terdwongworakul, A. et al., 2009)

2.2.2 สีของมะม่วงน้ำดอกไม้ถูกวัดทุกวันด้วยเครื่อง Chroma meter (Minolta CR-300) ทั้งสีเปลือกและสีเนื้อ บริเวณแก้มผล โดยค่าที่ได้แสดงออกในรูปค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a*) ค่าสีเหลือง (b*)

2.2.3 ค่าความแน่นเนื้อของผลมะม่วงน้ำดอกไม้ ทำการวัดโดยใช้ Penetrometer (Chatillon-DFGS50) ด้วยหัวกดรูปร่างกลมราบ เส้นผ่านศูนย์กลาง 5.0 mm กดลงไปเป็นระยะ 50 mm บนตัวอย่างที่เตรียมทั้งเปลือกและเฉพาะเนื้อบริเวณแก้มผล

2.2.4 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (Total soluble solids content, TSS) นำเนื้อมะม่วงส่วนแก้มผลปริมาณ 50g มาปั่นให้ละเอียดเติมน้ำ 200mL จากนั้นปั่นต่อให้ละเอียดกรองเอาเฉพาะส่วนน้ำมาหาปริมาณของแข็งที่ละลายได้ด้วยเครื่อง Hand refractrometer (ATAGO, ATC-1, Cat. No.2910) ซึ่งค่าที่อ่านได้จากเครื่องต้องนำมาคูณกลับด้วยค่าเฟดเตอร์การละลาย (dilution factor)

2.2.5 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (titratable acidity, TA) นำสารละลายน้ำมะม่วงที่เตรียมได้ในข้อ 2.2.4 ปริมาตร 20 mL มาทำการไทเทรตด้วยสารละลาย 0.1N NaOH จนถึงจุดยุติที่ pH 8.2 ซึ่งปริมาณกรดที่ได้เป็นปริมาณกรดเทียบเท่าของกรดมาลิก (malic acid)

2.2.6 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ ทำการวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับระยะการสุกของผลมะม่วงน้ำดอกไม้หลังการเก็บเกี่ยวโดยใช้โปรแกรม SPSS 11.5 for Windows ด้วยวิธีเทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัย (Factor analysis) และการวิเคราะห์จำแนกกลุ่ม (Discriminant analysis)

3 ผลและวิจารณ์

การแบ่งระยะการสุกของมะม่วงน้ำดอกไม้หลังการเก็บเกี่ยวใช้สมการทำนายการเปลี่ยนแปลงการสุกของศักยะและคณะ (2555) ร่วมกับการประเมินลักษณะดังแสดงใน Figure 1 ซึ่งจะแบ่งระยะการสุกออกเป็นสามช่วงคือ ระยะดิบ (unripe) มีลักษณะผลเขียวเนื้อภายในขาว กัดดูแข็ง ระยะสุก (ripe) มีลักษณะผิวและเนื้อมีสีเหลืองสม่ำเสมอทั้งผล และระยะสุกเกิน (over ripe) ลักษณะภายนอกเริ่มปรากฏจุดสีดำ เนื้อมีสีดำเกิดขึ้นบางจุดซึ่งเป็นลักษณะไม่พึงประสงค์ต่อผู้บริโภค

เมื่อนำค่าปัจจัยต่างๆ ของมะม่วงน้ำดอกไม้มาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์กับระยะเวลาเป็นวันภายหลังการเก็บเกี่ยวพบว่าค่าความถ่วงจำเพาะไม่ให้ความแตกต่างในการแบ่งกลุ่ม

ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ส่วนปัจจัยอื่นให้ผลดังนี้

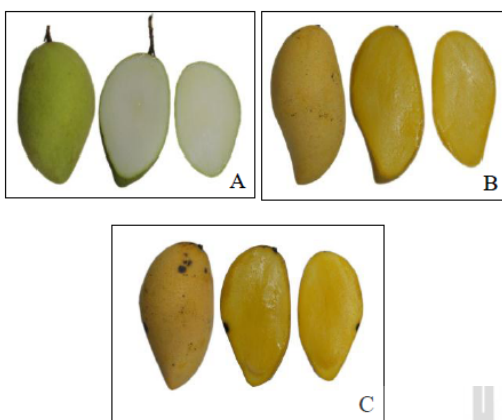


Figure 1 Ripening stages of Nom Dok-mai mango (A) unripe, (B) ripe, (C) over ripe.

การเปลี่ยนแปลงค่าสีของเปลือกและเนื้อผลที่วัดในระบบ L*, a* และ b* แสดงใน Figure 2 ซึ่งจะพบว่าค่า L* ของเนื้อผลมีแนวโน้มลดลงเมื่อจำนวนวันหลังการเก็บเกี่ยว

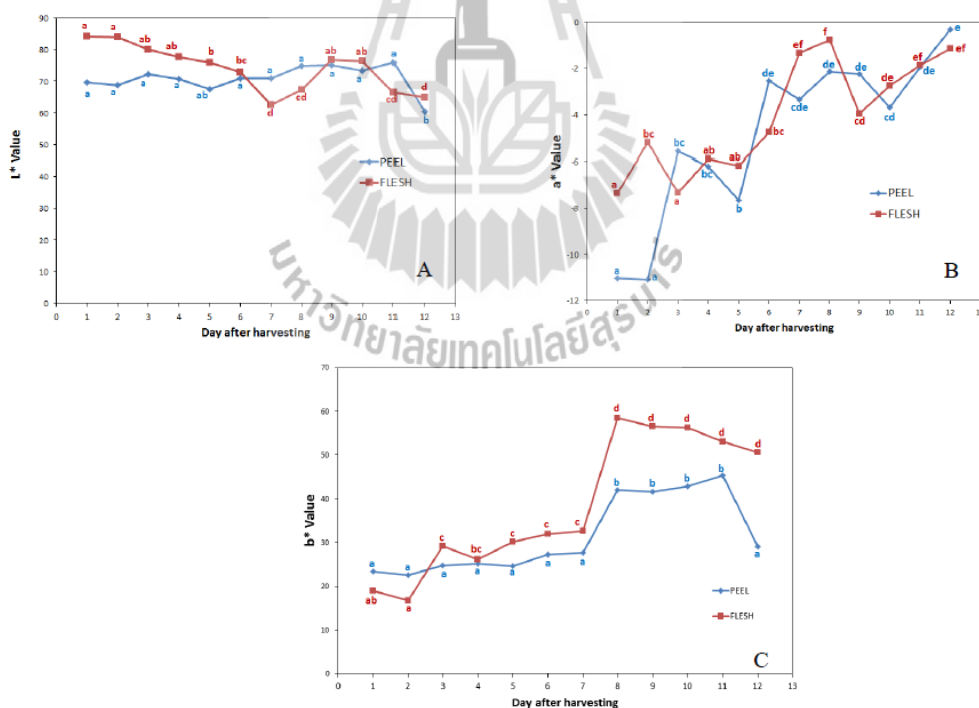


Figure 2 Changes in Nam Dok-mai mango flesh and peel color during ripening at room temperature (27 ± 1.5 °C, 65 ± 5 %rh). (A) L* value. (B) a* value. (C) b* value. Values followed by the same letter within each type are not significantly different (Duncan, $P < 0.05$)

เพิ่มขึ้น นั่นคือสีของเนื้อผลจะเปลี่ยนจากสีเขียวไปเป็นสีเหลืองที่มากขึ้น ส่วนค่า L* ของเปลือกไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญจนกระทั่งวันที่ 12 สำหรับค่า a* ของทั้งเปลือกและเนื้อซึ่งแสดงการเปลี่ยนแปลงของสีจากเขียวไปเป็นแดงนั้นเมื่อมะม่วงน้ำดอกไม้ไม่มีความสุกเพิ่มขึ้นจะเกิดการเปลี่ยนแปลงของทั้งสีเปลือกและสีเนื้อ โดยเปลือกจะเปลี่ยนจากสีเขียวไปเป็นเหลือง ส่วนเนื้อจะเปลี่ยนจากสีเขียวไปเป็นสีเหลืองส้ม จึงทำให้ค่า a* ของเปลือกมีการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนในวันที่ 3 หลังการเก็บเกี่ยว จากนั้นการเพิ่มขึ้นของค่าสีมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญเมื่อวันเพิ่มขึ้น ซึ่งลักษณะการเปลี่ยนแปลงค่า a* ของเนื้อก็เพิ่มขึ้นในทำนองเดียวกันกับเปลือก สำหรับค่า b* ซึ่งแสดงการเปลี่ยนแปลงของสีจากสีน้ำเงินไปเป็นสีเหลืองนั้น พบว่าค่า b* ของเปลือกจะพัฒนาขึ้นทีละน้อยจนเห็นการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนในวันที่ 8 ส่วนค่า b* ของเนื้อนั้นจะมีการพัฒนาซึ่งแบ่งกลุ่มอย่างชัดเจนในวันที่ 3 และเมื่อมองในภาพรวมการเปลี่ยนแปลงสีของเปลือกและเนื้อมะม่วงน้ำดอกไม้เมื่อมีการสุกเกิดขึ้น พบว่าค่า a* และ b* จะแสดงให้เห็นความเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนกว่าค่า L*

เมื่อพิจารณาค่าความแน่นเนื้อพบว่ามีความลดลงในขณะที่มะม่วงน้ำดอกไม้เกิดการสุกตามจำนวนวันหลังการเก็บเกี่ยวที่เพิ่มมากขึ้น (Figure 3) โดยการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนเกิดขึ้นในวันที่ 3 ทั้งความแน่นเนื้อที่วัดทั้งเปลือกและเฉพาะเนื้อ โดยในช่วงเริ่มต้นพบว่าความแน่นเนื้อมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว จนเมื่อกระบวนการสุกเกิดขึ้นเต็มที่ในวันที่ 6 ความแน่นเนื้อจึงมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย

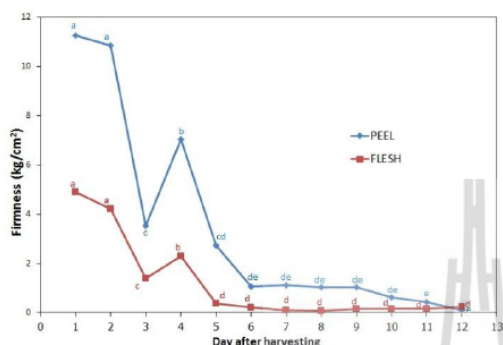


Figure 3 Changes in firmness of Nam Dok-mai mango during ripening at temperature of $27\pm 1.5^{\circ}\text{C}$, $65\pm 5\%$ rh. Firmness values followed by the same letter were not significantly different (Duncan, $P < 0.05$)

เมื่อพิจารณาค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ พบว่าเมื่อระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวเพิ่มมากขึ้นมะม่วงมีความสุกเพิ่มขึ้น ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของมะม่วงน้ำดอกไม้เพิ่มขึ้นจาก 5.2°Brix เป็น 17°Brix โดยการเพิ่มขึ้นในช่วงวันที่ 1-3 เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว เมื่อมะม่วงเกิดการสุกอย่างเต็มที่แล้วปริมาณของแข็งที่ละลายจะไม่เปลี่ยนแปลงจนถึงวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ในขณะที่ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้จะมีพฤติกรรมเปลี่ยนแปลงที่ตรงกันข้าม (Figure 4) นั่นคือเมื่อการสุกเพิ่มขึ้นปริมาณกรดที่ไทเทรตได้จะลดลงโดยสังเกตได้ชัดเจนในช่วงวันที่ 1-7 จากนั้นปริมาณกรดที่ไทเทรตได้จะมีค่าค่อนข้างคงที่ในวันที่ 8-12 ซึ่งเมื่อพิจารณาปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของมะม่วงน้ำดอกไม้จากตัวอย่างที่นำทดลองในงานวิจัยนี้พบว่าปริมาณกรดเริ่มต้นและพฤติกรรมลดลงของปริมาณกรดที่ไทเทรตได้คล้ายคลึงกับผลที่ได้จากการศึกษาของสายชลและสุนทร (2535) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากตัวอย่างของมะม่วงมาจากแหล่งการผลิตเดียวกันที่อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา

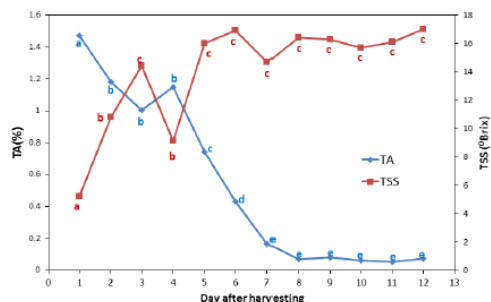


Figure 4 Changes in total soluble solids contents and titratable acidity of Nam Dok-mai mango during ripening at temperature of $27\pm 1.5^{\circ}\text{C}$, $65\pm 5\%$ rh. Values followed by the same letter within each ripening attribute are not significantly different (Duncan, $P < 0.05$)

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงทางกล กายภาพและเคมีของมะม่วงน้ำดอกไม้ พบว่าหากพิจารณาเพียงปัจจัยหนึ่งปัจจัยเดียวจะไม่สามารถบ่งชี้ระยะการสุก (stage) ของมะม่วงน้ำดอกไม้ได้ชัดเจน ดังนั้นจึงได้ทำการวิเคราะห์ปัจจัยเพื่อหาความสัมพันธ์กับระยะการสุกของมะม่วงน้ำดอกไม้ ซึ่งผลจากการวิเคราะห์ปัจจัยในรูปแบบ component plot (Figure 5) เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ของปัจจัยแต่ละตัว พบว่าระยะการสุกของมะม่วง (stage) มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกับค่า L^* ของเนื้อ (a_{flesh}) และเปลือก (a_{peel}) ค่า b^* ของเนื้อ (b_{flesh}) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (TSS) และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TSS/TA) ซึ่งปัจจัยทั้งหมดนี้ถูกจัดให้อยู่ใน component 1 และมีความแปรปรวนเป็น 60.08% ค่าความแน่นเนื้อทั้งเปลือกและเนื้อ (f_{peel} และ f_{flesh}) และค่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA) ได้ มีทิศทางข้ามกับระยะการสุก (stage) เนื่องจากขณะที่ระยะการสุกเพิ่มค่าการระยิบไปจนถึงระยะสุกเกิน ค่า f_{peel} f_{flesh} และ ta จะมีค่าลดลงอย่างผกผันกัน ในขณะที่ค่า L^* ของเปลือก (L_{peel}) ถูกจัดกลุ่มแยกไปอยู่ใน component 2 อย่างเด่นชัดและมีความแปรปรวนเป็น 14.03% โดยที่ค่าความถ่วงจำเพาะ (sg) ค่า b^* เปลือก (b_{peel}) ค่อนข้างกระจายและไม่มีความโน้มไปในทิศทางที่เด่นชัด โดยที่ความแปรปรวนรวมของ component ทั้งสองมีค่าเป็น 74.11%

เนื่องจากการจำแนกระยะการสุกในทางปฏิบัติแล้ว เราอาจสนใจเฉพาะปัจจัยที่สามารถตรวจวัดได้ด้วยเทคนิคแบบไม่ทำลายซึ่งไม่สร้างความเสียหายแก่ตัวอย่าง ดังนั้น ค่า sg L_{peel} L_{flesh} และ b_{peel} ซึ่งให้ความสัมพันธ์กับระยะการ

สุกต่ำ และทิศกระจายออกไปจากค่า stage จึงอาจถูกตัดออกจากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ได้

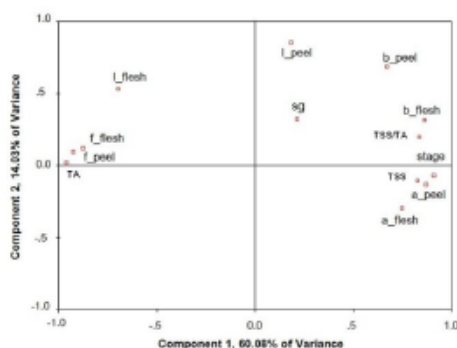


Figure 5 Component plots of all variables in experiment.

เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร (Table 1) พบว่าทุกตัวแปรยกเว้น sg และ L_peel มีความสัมพันธ์อย่างยิ่งกับ stage ซึ่งสอดคล้องกับผลจากการวิเคราะห์ปัจจัยตัวแปรที่มีค่าสหสัมพันธ์กับ stage สูงมาก นอกจากตัวแปร f_peel ซึ่งใช้ในการแบ่ง stage แล้วได้แก่ TA, f_flesh, a_peel, b_flesh, TSS/TA และ TSS ซึ่งตัวแปรเหล่านี้มีศักยภาพที่จะใช้ในการวิเคราะห์ร่วมกับ f_peel ในการประเมินระยะการสุกของมะม่วงน้ำดอกไม้ได้ออกเป็นสาม

กลุ่มคือ ระยะดิบ (unripe) ระยะสุก (ripe) และระยะสุกเกิน (over ripe) ให้มีความแม่นยำสูงซึ่งมากกว่าการใช้ค่า f_peel เพียงตัวเดียวในการจำแนก

จากการวิเคราะห์จำแนกกลุ่ม (Discriminant analysis) พบว่าในภาพรวมของการจำแนกระยะการสุกของมะม่วงน้ำดอกไม้กลุ่มตัวแปรสมบัติเชิงกล (Mechanical properties ได้แก่ f_peel และ f_flesh) มีความสามารถในการจำแนกระยะการสุกได้ดีที่สุดคือ 85% (Table 2) โดยสามารถจำแนกวัย unripe ได้ถูกต้องถึง 100% รองลงมาคือกลุ่มตัวแปรสมบัติทางเคมี (Chemical properties ได้แก่ TSS, TA และ TSS/TA) กลุ่มตัวแปรสีของเนื้อ (Color of flesh ได้แก่ L_flesh, a_flesh และ b_flesh) และการใช้กลุ่มตัวแปรสีของเปลือก (Color of peel ได้แก่ L_peel, a_peel และ b_peel) มีความสามารถในการจำแนกระยะการสุกได้น้อยที่สุดเพียง 73.3% อย่างไรก็ตามการใช้ความแน่นเนื้อเพียงอย่างเดียวหรือการใช้คุณสมบัติเพียงกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งในการประเมินระยะการสุกอาจไม่ครอบคลุมเกณฑ์คุณภาพที่ต้องการจำแนกอย่างเพียงพอ ประกอบกับระยะสุก (ripe) ที่จำแนกได้จากกลุ่มตัวแปรเชิงกลยังมีค่าไม่สูงมากพอ (ถูกต้องเพียง 65.2%) จึงเป็นไปได้ว่าเราไม่สามารถใช้ค่าหรือกลุ่มตัวแปรใดเพียงกลุ่มเดียวในการจำแนกระยะการสุกได้อย่างถูกต้องเพียงพอ

Table 1 Correlation between variables

	sg	L_peel	a_peel	b_peel	L_flesh	a_flesh	b_flesh	f_peel	f_flesh	TA	TSS	TSS/TA	stage
sg	1	0.0171	0.0242	0.0174	0.009	0.043	0.286*	-0.203	-0.194	-0.192	0.185	0.110	0.094
L_peel	0.171	1	0.120	0.681**	0.186	-0.102	0.270*	-0.120	-0.084	-0.158	0.104	0.171	0.082
a_peel	0.242	0.120	1	0.458**	-0.696**	0.625**	0.683**	-0.824**	-0.749**	-0.812**	0.718**	0.616**	0.768**
b_peel	0.174	0.681**	0.458**	1	-0.158	0.384**	0.793**	-0.503**	-0.467**	-0.628**	0.418**	0.750**	0.542**
L_flesh	0.009	0.186	-0.696**	-0.158	1	-0.787**	-0.336**	0.642**	0.618**	0.655**	-0.526**	-0.464**	-0.616**
a_flesh	0.043	-0.102	0.625**	0.384**	-0.787**	1	0.537**	-0.551**	-0.532**	-0.757**	0.475**	0.711**	0.640**
b_flesh	0.286*	0.270*	0.683**	0.793**	-0.336**	0.537**	1	-0.745**	-0.696**	-0.820**	0.618**	0.674**	0.752**
f_peel	-0.203	-0.120	-0.824**	-0.503**	0.642**	-0.551**	-0.745**	1	0.929**	0.866**	-0.871**	-0.639**	-0.880**
f_flesh	-0.194	-0.084	-0.749**	-0.467**	0.618**	-0.532**	-0.696**	0.929**	1	0.829**	-0.825**	-0.578**	-0.785**
TA	-0.192	-0.158	-0.812**	-0.628**	0.655**	-0.757**	-0.820**	0.866**	0.829**	1	-0.794**	-0.805**	-0.849**
TSS	0.185	0.104	0.718**	0.418**	-0.526**	0.475**	0.618**	-0.871**	-0.825**	-0.794**	1	0.529**	0.730**
TSS/TA	0.110	0.171	0.616**	0.750**	-0.464**	0.711**	0.674**	-0.639**	-0.578**	-0.805**	0.529**	1	0.745**
stage	0.094	0.082	0.768**	0.542**	-0.616**	0.640**	0.752**	-0.880**	-0.785**	-0.849**	0.730**	0.745**	1

Note: * Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).
** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Table 2 Performance of classifications into sets of maturity stage

Variable group	Total correctly classified group (%)	STAGE	Predicted Group Membership (%)		
			unripe	ripe	Overripe
Mechanical properties ^a	85.0	unripe	100.0	0.0	0.0
		ripe	0.0	65.2	34.8
		overripe	0.0	4.3	95.7
Chemical properties ^b	83.3	unripe	100.0	0.0	0.0
		ripe	8.7	65.2	26.1
		overripe	0.0	8.7	91.3
Color of flesh ^c	81.7	unripe	92.9	7.1	0.0
		ripe	0.0	69.6	30.4
		over ripe	0.0	13.0	87.0
Color of peel ^d	73.3	unripe	92.9	7.1	0.0
		ripe	17.4	56.5	26.1
		overripe	0.0	21.7	78.3

Notes: ^a Mechanical properties are f_peel and f_flesh variables

^b Chemical properties are TSS and TA variables

^{c,d} Color of flesh and peel in L*, a* and b*

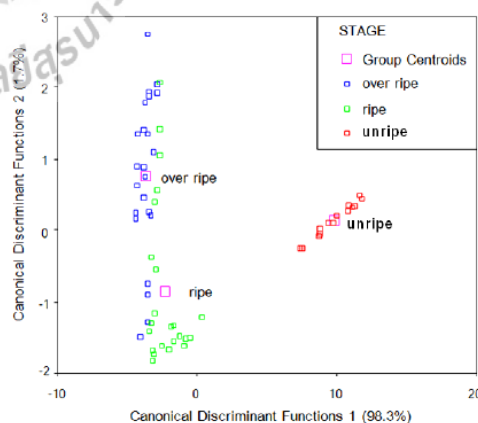
เมื่อทำการวิเคราะห์ผลด้วยวิธีการ Stepwise เพื่อคัดเลือกเฉพาะตัวแปรที่มีความสามารถต่อการจำแนกระยะการสุกได้ดีที่สุด พบว่าการใช้ตัวแปร f_peel ร่วมกับ TSS/TA มีความสามารถในการจำแนกระยะการสุกของมะม่วงน้ำดอกไม้ได้ดีที่สุดถึง 91.7% และสามารถเพิ่มการจำแนกระยะสุก (ripe) ได้ถูกต้องยิ่งขึ้นเป็น 82.6% (Table 3) โดยที่กลุ่มของมะม่วงน้ำดอกไม้ทั้ง 3 ระยะการสุกแสดงใน Figure 6

อธิบายได้ด้วย Discriminant function 2 กลุ่มของมะม่วงระยะ unripe แยกออกจากอีกสองระยะอย่างชัดเจน (100%) ส่วนกลุ่มของวัย ripe กับ over ripe มีบางส่วนเจือกันอยู่ และค่า centroid ของแต่ละกลุ่มระยะการสุกที่จำแนกได้แยกกันอย่างชัดเจน

Table 3 Classification Results from f_peel and tss_ta variables.

STAGE	Classified Group (%)			Total
	unripe	ripe	over ripe	
unripe	100.0	0.0	0.0	100.0
ripe	0.0	82.6	17.4	100.0
over ripe	0.0	4.3	95.7	100.0
Total correctly classified group (%)				91.7

จาก Figure 6 ค่า discriminant function 1 อธิบายความแปรปรวนได้ 98.3% โดยที่ความแปรปรวนอีก 1.7% ถูก

**Figure 6** Scatter plots between canonical functions developed from f_peel and TSS/TA.

4 สรุป

สมบัติทางทางกล ทางกายภาพ และทางเคมีของมะม่วงน้ำดอกไม้ระหว่างการสุกเป็นปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับระยะเวลาการสุกโดยปัจจัยที่สามารถจำแนกระยะสุกของมะม่วงน้ำดอกไม้ออกเป็น 3 ระยะการสุกคือ ระยะดิบ ระยะสุก และระยะสุกเกิน ด้วยวิธีการวิเคราะห์จำแนกกลุ่ม คือค่าความแน่นเนื้อที่เปลือก (f_peel) และอัตราส่วนของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TSS/TA) ซึ่งสามารถจำแนกระยะการสุกรวมของมะม่วงน้ำดอกไม้ได้ถูกต้อง 91.7 % โดยจำแนกระยะดิบ ระยะสุกและระยะสุกเกินได้ถูกต้อง 100 % 82.6 % และ 95.7% ตามลำดับ

5 กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่ให้ทุนสนับสนุนนักศึกษาบัณฑิตศึกษาภายใต้โครงการ OROG

6 เอกสารอ้างอิง

- จารุวัฒน์ โรจนภัทรากุลและศิริชัย กัลยานรัตน์. 2545. ผลของ 1-methylcyclopropene ต่อการชะลอการสุกของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร ปีที่ 33 ฉบับที่ 6 (พิเศษ), 60-67.
- สายชล เกตุษาและสุนทร โปรทา. 2535. คุณภาพผลมะม่วงสุกและการเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวของผลมะม่วงน้ำดอกไม้ที่เก็บเกี่ยวอายุต่างกัน. วิทยสารเกษตรศาสตร์ (วิทยาศาสตร์) 26, 12-19.
- ศักยะ สมบัติไพรวิน เทวรัตน์ ทิพย์วิมลและกระวี ตรีอำนาจ. 2555. การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางคุณภาพของมะม่วงน้ำดอกไม้ภายหลังการเก็บเกี่ยว. รายงานการประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทยครั้งที่ 13 ประจำปี 2555. เชียงใหม่ โรงแรมอิมพีเรียลแม่ปิง. 4-5 เมษายน 2555, เชียงใหม่.
- ศูนย์สารสนเทศเกษตร. 2552. รายงานการส่งออกผลิตผลเกษตร 2549 ถึง 2552. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- Jha, S.K., S. Sethi, M. Srivastav, A.K. Dubey, R.R. Sharma, D.V.K. Samuel, A.K. Singh. 2010. Firmness characteristics of mango hybrids under ambient storage. Journal of Food Engineering 97, 280-212.
- Padda, M.S., Amareante, C.V.T. do, Garcia, P.M., Slaughter, D.C., Mitcham, E.J. 2011. Methods to analyze physico-chemical changes during mango

ripening: A multivariate approach. Postharvest Biology and Technology 62, 267-274.

Terdwongworakul, A., Chaiyapong S., Jarimopas B., Meeklangsaen W. 2009. Physical properties of fresh young Thai coconut for maturity sorting. Biosystems Engineering 103, 208-216.

การศึกษาการชะลอการสุกของมะม่วงน้ำดอกไม้

A Study on Ripening Delay of *Mangifera indica* Linn. cv. Nam Dokmai

ศักยะ สมบัติไพรวาน¹ เทวรัตน์ ทิพย์วิมล¹ และ กระวี ตรีอำรรค²

Sakaya Sombatpraiwan¹ Tawarat Tipyavimol¹ and Krawee Treeamnu²

Abstract

This study aims at demonstrating the stimulating or inhibiting effect of ethylene on the ripening of Nam Dokmai mangoes (autocatalysis). The test consisted of 6 treatments: (1) a control group, (2)-(4) three groups with 10 g of activated carbon respectively displayed as powder, granules or pellets, (5) a group with commercially-available ethylene absorber packets (10 g) and (6) a group fumigated with 1000 ppb 1-methylcyclopropene (1-MCP) for 6 hours. Each treatment contained 3 fruits in a carton and was stored at $13\pm 1^{\circ}\text{C}$ and $95\pm 2\%$ R.H. After 37 days, the control group and all the treatments with activated carbon showed no statistically significant differences regarding ripening indicators such as the firmness of the peel or the flesh, the color value (image processing), pH, total soluble solids (TSS) and titratable acidity (TA). Then, all types of activated carbon cannot delay the ripeness. In contrast, the ripening indicators of the fruits kept with ethylene absorber packets and exposed to 1-MCP gas were significantly different from other treatments indicating that these products can be used to delay the ripening process about 2 and 8 days, respectively.

Key word: Nam Dokmai mango, ripening delay, activated carbon, ethylene absorber, 1-methylcyclopropene

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการดูดซับหรือยับยั้งการกระตุ้นตัวเองจากเอทิลีน (autocatalysis) ในการชะลอการเก็บรักษามะม่วงน้ำดอกไม้ ด้วยกรรมวิธีการต่างๆ ได้แก่ (1) กลุ่มควบคุม (2) กลุ่มบรรจุกล่องพร้อมถ่านกัมมันต์ชนิดผง 10 กรัม (3) กลุ่มบรรจุกล่องพร้อมถ่านกัมมันต์ชนิดแกรนูเลต 10 กรัม (4) กลุ่มบรรจุกล่องพร้อมถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ด 10 กรัม (5) กลุ่มบรรจุกล่องพร้อมสารดูดซับเอทิลีน (ethylene absorber) ที่ใช้ทางการค้า 10 กรัม และ (6) กลุ่มรมด้วย 1-methylcyclopropene (1-MCP) ความเข้มข้น 1,000 ppb เป็นเวลา 6 ชั่วโมง แต่ละหีบที่เตรียมบรรจุกล่องละ 3 ผล เก็บรักษาที่อุณหภูมิ $13\pm 1^{\circ}\text{C}$ ความชื้นสัมพัทธ์ $95\pm 2\%$ เป็นเวลา 37 วัน พบว่า กลุ่มควบคุมและกลุ่มที่บรรจุกล่องพร้อมถ่านกัมมันต์แบบต่างๆ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในค่าความแน่นเนื้อผ่านเปลือก ค่าความแน่นเนื้อ ค่าสีด้วยเทคนิคภาพถ่าย ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS) และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA) กล่าวคือกลุ่มของถ่านกัมมันต์ทุกแบบไม่สามารถชะลอการสุกได้ แต่กรรมวิธีการใช้สารดูดซับเอทิลีนและกรรมวิธีการใช้ 1-MCP ความเข้มข้น 1,000 ppb เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ให้ผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยสามารถชะลอการสุกได้ประมาณ 2 และ 8 วันตามลำดับ

คำสำคัญ มะม่วงน้ำดอกไม้, การชะลอการสุก, ถ่านกัมมันต์, สารดูดซับเอทิลีน, 1-methylcyclopropene

คำนำ

มะม่วงเป็นผลไม้ประเภท climacteric มีการสร้างเอทิลีนที่ตอบสนองต่อเอทิลีน (การสังเคราะห์เอทิลีนระบบที่ 2) โดยเอทิลีนจะกระตุ้นตัวเอง หรือ autocatalysis ยิ่งได้รับเอทิลีนจากแหล่งภายนอกหรือจากผลที่ปลดปล่อยออกมาเองการสุกจะเกิดได้เร็วขึ้น (จริงแท้, 2549) การสุกหรือเสียสภาพก่อนถึงแหล่งจำหน่ายเป็นความเสียหายทางเศรษฐกิจ จึงได้มีวิธีชะลอการสุกด้วยปัจจัยภายใน เช่น การตัดแต่งพันธุกรรม หรือปัจจัยภายนอก เช่น การลดอุณหภูมิ การใช้บรรยากาศดัดแปลง การใช้ต่างหีบห่อในวัสดุพอรูบบรรจุในภาชนะเก็บผลผลิตเพื่อออกซิเดสเอทิลีน (มยุรี, 2538; จริงแท้ และ ดารณี, 2539) การใช้ zeolite ซุปต่างหีบห่อในของกระดาดสูงทางการค้าบรรจุพร้อมผลผลิตเพื่อกำจัดเอทิลีน หรือการใช้ 1-MCP เป็น

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี นครราชสีมา 30000

² School of Agricultural Engineering, Institute of Engineering, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima 30000

³ ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ปทุมธานี 12110

⁴ Department of Agriculture Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Pathumthani 12110

competitive inhibitor (ยับยั้งแบบแย่งจับกับ ethylene receptor) (จากรุวัฒน์ และ ศิริชัย, 2545; เบนญมาศ และคณะ, 2548) การผลิตบรรจุภัณฑ์แอคทีฟสองกระดาษลูกฟูกขึ้นรูปพร้อมผงถ่านกัมมันต์เพื่อดูดซับเอทิลีน (พรชัย และคณะ, 2553) เนื่องจากถ่านกัมมันต์เป็นสารดูดซับที่สามารถดูดซับโมเลกุลได้หลายชนิดและมีรายงานว่าสามารถดูดซับเอทิลีนในภาชนะปิดได้ (ชัยพร และ รังสิณี, 2550) สามารถผลิตได้จากไม้เนื้อแข็ง กะลามะพร้าว เปลือกวอลนัท (Kambarova and Sarymsakov, 2008) เมล็ดลำไย จึงไม่มีความเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม ทั้งประเทศไทยมีวัตถุดิบและศักยภาพที่จะผลิตถ่านกัมมันต์ใช้เองเนื่องจากมีวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรจำนวนมาก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้ถ่านกัมมันต์ดูดซับเอทิลีนในภาชนะเก็บรักษาเพื่อชะลอการสุกของมะม่วงน้ำดอกไม้โดยเปรียบเทียบกับการใช้สารดูดซับเอทิลีนทางการค้า และ 1-MCP ตามความเข้มข้นที่จากรุวัฒน์และศิริชัย (2545) แนะนำไว้

อุปกรณ์และวิธีการ

ใช้มะม่วงน้ำดอกไม้อายุเก็บเกี่ยว 85 วันหลังดอกบาน จากแหล่ง อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา ตรวจระยะการสุกแก่อีกครั้งด้วยความถ่วงจำเพาะ (อภิตา, 2554) และ heat treatment ที่ 55 °C 5 นาที วางแผนการทดลองแบบ CRD แยกเป็น 6 ทรีตเมนต์ โดย A เป็นกลุ่มควบคุม, B บรรจุพร้อมถ่านกัมมันต์ชนิดผงของบริษัท Unionsci, E16 เกรดห้องปฏิบัติการ, C บรรจุพร้อมถ่านกัมมันต์ชนิดแกรนูลของบริษัท Loba Chemie, S052810 เกรดเคมีวิเคราะห์, D บรรจุพร้อมถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ด 4x8 mesh ของบริษัท C. Gigantic Carbon, A101 เกรดการค้า โดย B, C และ D ใช้ถ่านกัมมันต์ทรีตเมนต์ละ 10 กรัม บรรจุในถุงชา, ทรีตเมนต์ E บรรจุพร้อม Ethyl-GONE (Ethylene absorber) ที่ใช้ทางการค้า ของบริษัทไบโอเซฟเฟอร์ บรรจุสำเร็จของละ 10 กรัม จำนวน 1 ของ, F ผ่านการรม 1,000 ppb 1-MCP เป็นเวลา 6 ชั่วโมง 25°C นำหน่วยทดลองแต่ละทรีตเมนต์บรรจุกล่องละ 3 ผล (ซ้ำ) (ประมาณ 1 กิโลกรัม) ในกล่องกระดาษลูกฟูกขนาด 17x25x9 ซม. ที่ไม่ได้เจาะรู เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13±1°C 95±2%R.H. ตรวจวัดค่าความแน่นเนื้อผ่านเปลือกและค่าความแน่นเนื้อ ด้วย Texture Analyser (TA-XT Plus) บริเวณกึ่งกลางแก้มผล (mesocarp) ตามวิธีของผ่องเพ็ญและคณะ (2552) โดยใช้โพรบสแตนเลสตีกลวงเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 mm กดด้วยความเร็ว 0.2 mm/s ตามวิธีของ Sirisomboon et al (2008) และเทคนิคภาพถ่ายเพื่อหาค่าสี ซึ่งใช้การถ่ายภาพด้วยกล้องดิจิทัล (commercial digital camera) ในสภาพควบคุมแหล่งกำเนิดแสงและระยะทาง นำมาหาค่าสี (L,a,b) ด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop CS3 ตรวจวัดค่าความเป็นกรดต่าง (pH) ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS) และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA) ทุกวันเป็นเวลา 37 วัน ทำการจัดระดับทางสถิติ DMRT และ LSD

ผลและวิจารณ์ผล

ระหว่างการสุกความแน่นเนื้อที่เปลือกและเนื้อในแต่ละทรีตเมนต์ลดลงในระยะเวลาที่แตกต่างกัน สำหรับความแน่นเนื้อเปลือก ประมาณวันที่ 1-6 ความชื้นของกราฟลดลงเล็กน้อย วันที่ 7-14 เป็นช่วงที่กราฟลดระดับอย่างรวดเร็ว และประมาณวันที่ 15 ขึ้นไปมีการลดลงอย่างช้า ๆ ขณะที่ความแน่นเนื้อ วันที่ 1-7 ความชื้นของกราฟลดลงเล็กน้อย วันที่ 8-14 มีการลดลงของความแน่นเนื้ออย่างรวดเร็ว วันที่ 15 ความชื้นของกราฟลดลงอย่างช้า ๆ แต่ทรีตเมนต์ E (ethylene absorber) และทรีตเมนต์ F (1,000 ppb 6h, 1-MCP) ใช้เวลาในการลดลงของความแน่นเนื้อผ่านเปลือกและเนื้อนานกว่าทรีตเมนต์ของกลุ่มถ่านกัมมันต์ (Figure 1)

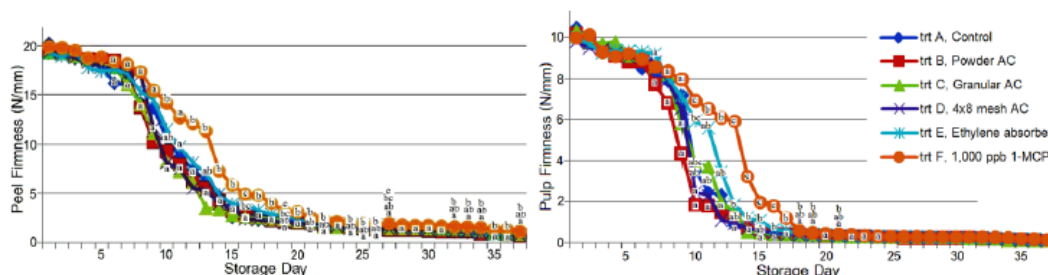


Figure 1 Effect of treatments on peel firmness (left) and pulp firmness (right) with 0.2 mm/s pressed with 5 mm diameter spherical stainless steel probe by Texture analyzer (TA XT Plus)

การใช้เทคนิคภาพถ่ายวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสีในลักษณะ Delta E (Figure 2 i) ทรีตเมนต์ E และ F มีค่า delta E ต่ำกว่ากลุ่มถ่านกัมมันต์ (B-D) การวิเคราะห์ค่าทางเคมีพบว่า ค่า TSS เพิ่มขึ้น และ %TA ลดลงโดยเห็นอิทธิพลของทรีตเมนต์อย่างชัดเจนคือ ทรีตเมนต์ E และ F มีความสามารถในการชะลอกการเปลี่ยนแปลงระหว่างการสุกได้มากกว่ากลุ่มถ่านกัมมันต์ประเภทต่าง ๆ และชุดควบคุม ซึ่งให้ค่าเกาะกลุ่มกัน (Figure 2 ii, iii) ส่วนค่า pH มีค่าเพิ่มขึ้นใกล้เคียงกัน

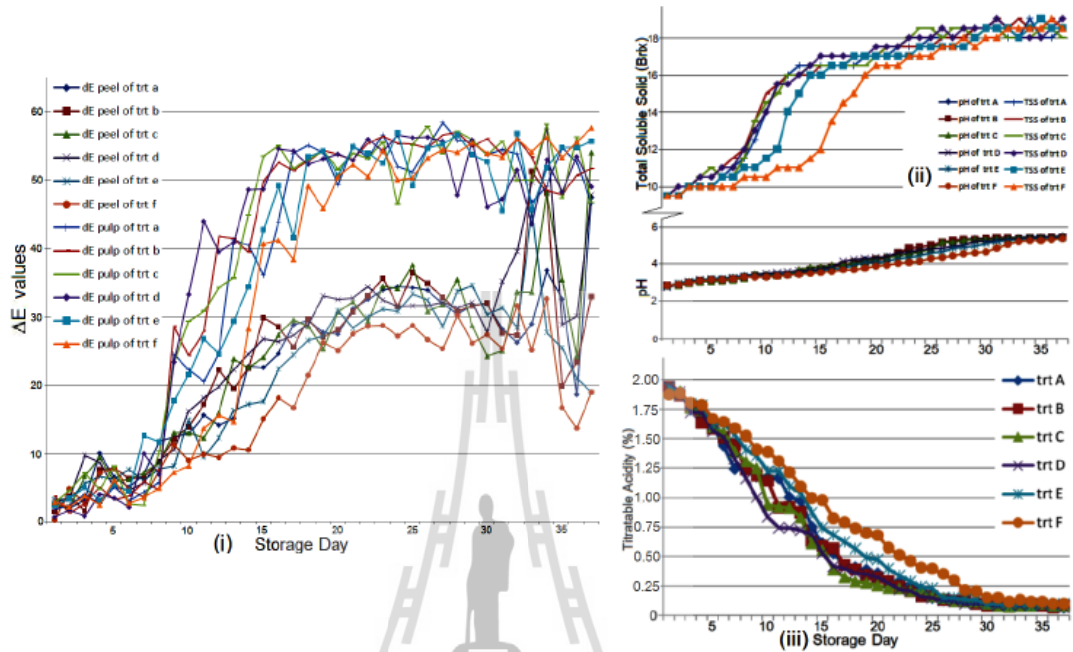


Figure 2 Effect of treatments on color difference (Delta E) which refers to $\Delta E = \sqrt{(L_n - L_0)^2 + (a_n - a_0)^2 + (b_n - b_0)^2}$ that is compared with initial color of fresh raw products (i), TSS and pH (ii) and %TA (iii)

เมื่อเปรียบเทียบค่าความแน่นเนื้อผ่านเปลือกและความแน่นเนื้อ ค่าสี (L,a,b) ค่า pH, TSS และ %TA ของทรีตเมนต์ ที่ทำการทดลอง พบว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยทรีตเมนต์ A, B, C และ D เป็นกลุ่มหนึ่ง และทรีตเมนต์ E และ F เป็นอีกกลุ่มหนึ่ง กล่าวคือกลุ่มของทรีตเมนต์ที่ใช้ถ่านกัมมันต์ไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุมหรือไม่สามารถชะลอกการสุกได้ แต่การใช้สารดูดซับเอทิลีนทางการค้าและ 1-MCP สามารถชะลอกการสุกได้ ทั้งนี้การที่ทรีตเมนต์ B C และ D ไม่สามารถชะลอกการสุกได้อาจเป็นเพราะปริมาณการบรรจุข้นน้อยเกินไป หรือการที่ถ่านดูดซับความชื้นและก๊าซชนิดอื่น ๆ ในสภาพเก็บรักษา ทำให้พื้นที่ผิวว่างซึ่งเป็นความสามารถในการดูดซับสารลดลง การชะลอกการสุกจึงไม่ประสบผลสำเร็จ ในขณะที่สารดูดซับเอทิลีนทางการค้ามีสารสำคัญคือ potassium permanganate (ต่างทับทิม, $KMnO_4$) มีความสามารถในการออกซิไดส์เอทิลีนในสภาวะทดลอง ไม่สูญเสียไปด้วยอิทธิพลของความชื้นในสภาพเก็บรักษาแม้ว่าความชื้นจะลดพื้นที่ผิวรูพรุนของ zeolite ซึ่งเป็นวัสดุรูพรุนของต่างทับทิมในสารดูดซับเอทิลีนทางการค้า และ 1-MCP ซึ่งมีความจำเพาะและความถาวรต่อ ethylene receptor ไม่ได้รับอิทธิพลจากความชื้น จึงสามารถชะลอกการสุกได้ในสภาพเก็บรักษาเดียวกัน ขณะที่จำนวนวันที่สามารถยืดอายุได้ขึ้นอยู่กับเกณฑ์การให้ความสำคัญของค่าทางคุณลักษณะ เช่น จะใช้ความแน่นเนื้อเป็นเกณฑ์ ใช้ค่าสี หรือใช้ปริมาณ TSS %TA หรือค่า pH เป็นต้น ซึ่งการใช้คุณลักษณะอย่างใดอย่างหนึ่งของผลมะม่วงอาจไม่สามารถแบ่งแยกชั้นการสุกได้เด็ดขาด ดังนั้นจึงใช้การจำแนกจากบุคคลซึ่งอาศัยการสังเกตผลรวมลักษณะทั้งหมด หรือเฉพาะลักษณะทางกายภาพ (สีเปลือก สีเนื้อ และการสัมผัส) ร่วมด้วย วิธีนี้ช่วยจำแนกได้ว่าจะมีมะม่วงแต่ละทรีตเมนต์ของแต่ละวันอยู่ในชั้นการสุกใด (Table 1) และยังเป็นวิธีที่ถูกนำมาใช้อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ จาก Table 1 หากใช้จำนวนวันสูงสุดที่สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้ในช่วง Ripe ทรีตเมนต์ E และ F จะยืดอายุการเก็บรักษาได้ 2 และ 8 วันตามลำดับ

Table 1 Human sensing with all characterizes of ripeness comprehensible can be classify in 4 stages

Day	Raw	Pre ripe	Ripe	Over ripe
trt A, Control	1 – 8	9 – 11	12 - 24	25 ...
trt B, Powder AC	1 - 8	9 – 11	12 - 23	24 ...
trt C, Granular AC	1 – 7	8 – 12	13 - 24	25 ...
trt D, 4x8 mesh AC	1 – 8	9 – 10	11 - 23	24 ...
trt E, Ethylene absorber	1 – 11	12 – 13	14 - 26	27 ...
trt F, 1,000 ppb 1-MCP	1 – 12	13 – 14	15 - 32	33 ...

สรุปผล

กลุ่มควบคุมและกลุ่มบรรจุกล่องพร้อมถ่านกัมมันต์แบบต่าง ๆ ให้ผลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ในค่าความแน่นเนื้อผ่านเปลือก ค่าความแน่นเนื้อ ค่าสีด้วยเทคนิคภาพถ่าย ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS) และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA) กล่าวคือการใช้ถ่านกัมมันต์ประเภทต่าง ๆ ในทุกที่รีตเมนต์ไม่สามารถชะลอการสุกได้ แต่กรรมวิธีการใช้สารดูดซับเอทิลีนและกรรมวิธีการใช้ 1-MCP ความเข้มข้น 1,000 ppb เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ให้ผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม โดยสามารถชะลอการสุกได้ประมาณ 2 และ 8 วันตามลำดับ

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่ให้ทุนสนับสนุนนักศึกษาบัณฑิตศึกษากายใต้โครงการ OROG

เอกสารอ้างอิง

- จิ่งแท้ ศิริพานิช และคณะ. ศิริวงศ์ไพศาล. 2539. การใช้ซีลีเนียมเป็นพาหะของ $KMnO_4$ สำหรับกำจัดเอทิลีน. รายงานการประชุมวิชาการเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตพืชสวน ครั้งที่ 4 วันที่ 8-10 พฤษภาคม 2539 ณ โรงแรมโดมอนพลาซ่า อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา. พิมพ์โดยสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ กองโครงการและประสานงานวิจัย. กรุงเทพฯ. หน้า 88-99.
- จิ่งแท้ ศิริพานิช. 2549. ชีวิตวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและการวางขายของพืช. พิมพ์ครั้งที่ 1 โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมกรมการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน. นครปฐม. หน้า 80.
- จารุวัฒน์ โรจนภัทรกุล และศิริชัย กัลยาณรัตน์. 2545. ผลของ 1-Methylcyclopropene ต่อการชะลอการสุกของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ 2. ว. วิทย. กษ. 33:6 (พิเศษ): 60-67.
- ชัยพร สามพุ่มพวง และรังสิณี ไธธรวิทย์. 2550. กระบวนการผลิตกระดาษฟางข้าวเพื่อดูดซับเอทิลีน. ว. วิทย. กษ. 38:5 (พิเศษ): 283-286 (2550).
- เบญจมาศ รัตนชินกร, คารินทร์ กำแพงเพชร และจตุพร สิงโต. 2548. ผลของ 1-MCP ต่อคุณภาพการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง. การประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติครั้งที่ 5, 26-29 เมษายน 2548 ณ โรงแรมเวลด์มจอมเทียนบีช พัทยา จ.ชลบุรี. หน้า 226.
- ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์, อภิรดี อุทัยรัตนกิจ, เฉลิมชัย วงษ์อารี และธิดิมา วงษ์ศิริ. 2552. รายงานฉบับสมบูรณ์ เรื่องผลของการฉายรังสีแกมมาต่อคุณภาพของผลมะม่วงเสนอคูนย่นวัฏกรรมและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว โดย มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี. หน้า 17.
- พรชัย ราชตะนะพันธุ์, สุพัฒน์ คำไทย และดวงใจ น้อยวัน. 2553. ผลของบรรจุภัณฑ์แอคทีฟจากกระดาษดูดซับเอทิลีนต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและอายุการเก็บรักษามะม่วงน้ำดอกไม้. ว. วิทย. กษ. 41:1 (พิเศษ): 227-230.
- มยุรี สักทอง. 2538. ผลของต่างหีบหีบต่อการยืดอายุการเก็บรักษาปรีคโคโลตี. สัมมนาทางวิชาการเทคโนโลยีการเกษตรครั้งที่ 4 และการประชุมสามัญประจำปี ชมรมวิชาการเกษตรแห่งประเทศไทยครั้งที่ 2. พิมพ์โดยสำนักงานสภาสถาบันราชภัฏ. กรุงเทพฯ. หน้า 23.
- อภิตา บุญศิริ. 2554. กระบวนการหลังการเก็บเกี่ยวมะม่วงเพื่อการส่งออก. จดหมายข่าวสมาคมชาวสวนมะม่วงไทย. ปีที่ 2 ฉบับที่ 3 (22 หน้า.)
- Kambarova, G. B. and Sh. Sarymsakov. 2008. Preparation of Activated Charcoal from Walnut Shells. Solid Fuel Chemistry. Volume 42 (3-2008): 183-186.
- Sirisomboon P., S., Boonmung, P., Pornchaloempong and M., Pithuncharumlap. 2008. A preliminary study on classification of mango maturity by compression test. Tayloe & Francis (11:1-2008): 206-212.

ประวัติผู้เขียน

นายศักยะ สมบัติไพรวรรณ เกิดเมื่อวันที่ 3 มิถุนายน 2530 อ.เมือง จ.นครราชสีมา ปี 2547 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนราชสีมาวิทยาลัย ปี พ.ศ. 2548 เข้าศึกษาระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เทคโนโลยีการผลิตพืช) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปี พ.ศ. 2553 เข้าศึกษาปริญญาโท วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมเกษตร)

การนำเสนอผลงาน

- 1) การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางคุณภาพของมะม่วงน้ำดอกไม้ภายหลังการเก็บเกี่ยว ในการประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 13, 4-5 เมษายน 2555 ณ โรงแรมอิมพีเรียลแม่ปิง อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ โดยภาควิชาเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- 2) การศึกษาการชะลอการสุกของมะม่วงน้ำดอกไม้ ในการประชุมวิชาการวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวแห่งชาติครั้งที่ 10, 23-24 สิงหาคม 2555 กลุ่มเรื่อง Postharvest Logistics ณ โรงแรมเซ็นทาราคอนเวนชันเซ็นเตอร์ ขอนแก่น โดยศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว หน่วยงานร่วมมหาวิทยาลัยขอนแก่น คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

งานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์

- 1) ศักยะ สมบัติไพรวรรณ, เทวรัตน์ ตรีอำนาจ และกระวี ตรีอำนาจ. 2555. ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับระยะการสุกของมะม่วงน้ำดอกไม้หลังการเก็บเกี่ยว. วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย 18(1): 52-58.
- 2) ศักยะ สมบัติไพรวรรณ, เทวรัตน์ ตรีอำนาจ และกระวี ตรีอำนาจ. 2555. การศึกษาการชะลอการสุกของมะม่วงน้ำดอกไม้. ว. วิทย์. กษ. 43 (3 พิเศษ): 355-358.