

บทนำ

ความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันในตลาดต่างประเทศ ผลิตภัณฑ์ผลไม้สดที่มีวางจำหน่ายมีอยู่ในรูปผลไม้สดตัดแต่ง (Fresh-cut) คือปอกเปลือกทำความสะอาดพร้อมรับประทานได้ทันที นั้นมีความต้องการของผู้บริโภคสูง ผู้บริโภคนิยมจ่ายมากขึ้นสำหรับผลิตภัณฑ์ผลไม้ที่แปรรูปน้อยที่สุด (minimally processed) ที่มีความสดสะอาดต่อการรับประทานได้ทันทีไม่ต้องเตรียมเอง ทั้งยังมีความตระหนักในเรื่องสุขภาพสนใจรับประทานผลไม้ในปริมาณที่มากขึ้นและบ่อยครั้งขึ้นในแต่ละวัน ทำให้ตลาดของผลิตภัณฑ์ประเภทนี้เติบโตอย่างรวดเร็วและมีศักยภาพต่อเศรษฐกิจมาก

อุตสาหกรรมผลไม้สดตัดแต่งเป็นอุตสาหกรรมเกษตรที่มีการเจริญเติบโตเร็วที่สุดในปัจจุบันเริ่มต้นในประเทศทางตะวันตกและได้เริ่มพัฒนาเข้ามาในประเทศไทย ในประเทศไทยเองนั้นบริษัทผู้ประกอบการธุรกิจผลไม้สดส่งออกต่างมองเห็นถึงความสำคัญในการสร้างโอกาสการขยายตัวในอนาคตและยังพบว่าผู้บริโภคมีรายได้มากขึ้นจึงมีความสนใจที่แสวงหาผลไม้ชนิดใหม่ๆ รับประทานโดยเฉพาะผลไม้เมืองร้อน การขยายเข้าสู่ตลาดผลไม้สดตัดแต่งที่มีมูลค่าผลิตภัณฑ์สูง (Premium price) นั้นจะเป็นการเพิ่มรายได้ให้กับธุรกิจได้มาก จึงควรมีการส่งเสริมให้มีการขยายจำนวนผู้ผลิตผลไม้สดตัดแต่งให้มากขึ้น เพื่อช่วยเพิ่มตลาดส่งออกของผลไม้ไทยได้

ผลิตภัณฑ์ผลไม้สดตัดแต่งของไทยที่ทำการส่งออกนั้น ได้แก่ ฝรั่ง มะละกอ เงาะ และทับทิม ซึ่งสามารถส่งออกไปยัง ประเทศยุโรป ญี่ปุ่นและออสเตรเลียแล้วนั้น แต่อย่างไรก็ตามตลาดต่างประเทศเองยังมีความต้องการผลิตภัณฑ์ผลไม้สดในรูปแบบใหม่ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลไม้เขตร้อน เนื่องจากค่านิยมในการรับประทานผลไม้ที่เป็น exotic fruit มีคุณค่าทางอาหารมีสูง ในปัจจุบันมีเทคโนโลยีที่สำคัญที่ได้รับการพัฒนาขึ้นมาเร็วนี้เพื่อสนองตอบแนวโน้มความต้องการนี้ คือการใช้การแปรรูปที่น้อยที่สุด (Minimal Processing: MP) ร่วมกับการบรรจุแบบปรับบรรยากาศ (Modified Atmosphere Packaging: MAP) และการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งช่วยลดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพและสรีรวิทยาของผลไม้สดตัดแต่ง แต่อย่างไรก็ตาม สำหรับผลไม้ไทยเป็นผลไม้เมืองร้อนมีความหวานมาก ทำให้เกิดการเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ได้ง่าย โดยเฉพาะยีสต์และรา ผู้ประกอบการผลิตผลไม้สดตัดแต่งต่างประเทศประสบปัญหาในการทำตลาดของผลิตภัณฑ์ ยังไม่สามารถส่งออกไปยังต่างประเทศที่ไกลๆได้ เช่น อเมริกา แคนาดา หรือรัสเซีย เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บสั้น การควบคุมการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในโรงงานผลิตทำได้ในระดับหนึ่ง แต่ยังไม่

สามารถควบคุมได้ทั้งหมด พบว่ามีความสัมพันธ์กันระหว่างปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นบนผิวผลไม้ กับอายุการเก็บของผลไม้สดตัดแต่ง ดังนั้นการล้างผลไม้อีกก่อนการปกเปิดก็จะทำให้ลดจำนวนจุลินทรีย์ลงได้ การใช้สารเคมีในการล้างเช่น คลอรีน นั้นสามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ในผลไม้ได้ แต่คลอรีนมีคุณสมบัติกัดกร่อนและไอระเหยเป็นพิษต่อผู้ใช้และสิ่งแวดล้อม หากตกค้างในผลิตภัณฑ์สามารถเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคได้ ผู้บริโภคในปัจจุบันต่างเริ่มไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์ที่มีการใช้สารเคมีในการบำบัด การหาแนวทางในการลดการใช้สารเคมีหรือวิถีทางธรรมชาติอื่นๆ จะช่วยให้ผลิตภัณฑ์ได้รับการยอมรับมากขึ้น ทั้งยังลดค่าใช้จ่ายในการซื้อสารเคมีสิ้นเปลืองและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

ปัจจุบันมีงานวิจัยที่แสดงให้เห็นว่าการใช้น้ำร้อนสามารถควบคุมความเสียหายจากเชื้อจุลินทรีย์หลังการเก็บเกี่ยวของผลไม้ได้ ทั้งยังมีผลชะลอต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาต่างๆได้ ทำให้ผลไม้อายุการเก็บยาวนานขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม ยังมีการศึกษาผลของการใช้น้ำร้อนในผลไม้สดตัดแต่งไม่มากนักโดยเฉพาะผลไม้ไทย ในส่วนของการใช้สารเคลือบผิวก็เช่นกัน มีงานวิจัยแสดงถึงศักยภาพของการใช้สารเคลือบผิวรับประทานได้ต่างๆ ในการยืดอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ผลไม้สดตัดแต่งในระดับห้องปฏิบัติการ แต่ยังไม่มีการวิจัยเผยแพร่มากนักและงานที่เกี่ยวกับการประยุกต์ใช้สารเคลือบผิวต่างๆ เหล่านี้ในผลิตภัณฑ์ที่ผลิตในระดับอุตสาหกรรมในบรรจุภัณฑ์ค้าปลีก งานวิจัยนี้มีเป้าประสงค์ (Target) ของการวิจัยเพื่อแก้ปัญหาทางด้านคุณภาพและความปลอดภัยของผลไม้สดตัดแต่งของไทยสอดคล้องกับยุทธศาสตร์การปรับโครงสร้างเศรษฐกิจให้สมดุลและแข่งขันได้ ในด้านภาคการเกษตร หากผลงานวิจัยนี้สำเร็จจะสามารถถ่ายทอดผลงานสู่ผู้ประกอบการเพื่อเพิ่มความสามารถในการแข่งขันของประเทศ ตลาดในประเทศเองได้มีผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพมีอายุการเก็บนานขึ้น งานวิจัยนี้จะส่งเสริมให้ผู้วิจัยมีความรู้และประสบการณ์ในด้านนี้มากขึ้นและผลจากงานวิจัยยังเป็นการขยายองค์ความรู้ไปยังนักวิจัยท่านอื่นและนิสิตในมหาวิทยาลัยมหาสารคามและมหาวิทยาลัยในภูมิภาคได้อีกประการหนึ่ง

วัตถุประสงค์

เพื่อให้ได้วิธีการล้างผลไม้อีกก่อนการตัดแต่งด้วยน้ำร้อนที่เหมาะสม กับผลไม้สดตัดแต่งของไทยในแต่ละชนิด และผลของการประยุกต์ใช้น้ำร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ผลไม้สดตัดแต่งของไทยในสถานการณ์แปรรูปของโรงงานอุตสาหกรรมและการจัดจำหน่ายจริง

ผลงานวิจัยที่ 1.

การศึกษาผลการใช้ความร้อนในการลดจำนวนจุลินทรีย์ปนเปื้อนในมะละกอทั้งผลและมะละกอสดัดแต่ง

1. วัตถุประสงค์และวิธีการ

1.1 ผลมะละกอ

ในการศึกษานี้ใช้มะละกอพันธุ์ ปลักไม้ลาย ระยะสุกร้อยละ 70-80 (สีเปลือกเป็นสีเหลืองเกือบทั้งหมดแต่ยังไม่มีการเปลี่ยนสี) จากสวนใน อ.ศรีสวัสดิ์ จังหวัดกาญจนบุรี โดยเป็นพันธุ์ที่ผู้ส่งออกใช้ในการผลิตมะละกอสดัดแต่ง ใช้เวลาในการนำผลมะละกอจากสวน มายังห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาของภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม 1 วันและดำเนินการทดลองในวันถัดไปทันที การทดลองมี 3 การทดลอง คือในเดือน สิงหาคม ตุลาคม และธันวาคม 2550 ทำการล้างและเตรียมผลมะละกอโดยใช้วิธีดัดแปลงตามกรรมวิธีของผู้ส่งออกดังภาพที่ 1 นี้



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการเตรียมและล้างผลมะละกอ

วิธีการนี้ได้ดัดแปลงจาก กระบวนการผลิตสำหรับส่งออกของผู้ประกอบการแห่งหนึ่งในจังหวัดนครปฐม โดยทั้งหมดทำในห้องปฏิบัติการอุณหภูมิ 25°C

1.2 แผนการทดลองอุณหภูมิและเวลาในการล้าง

นำผลมะละกอล้างด้วยน้ำร้อนอุณหภูมิแตกต่างกัน ดังนี้ การทดลองเบื้องต้นได้ศึกษาอุณหภูมิมากกว่า 60°C เช่น 80 °C และ 90 °C พบว่า มะละกอนิ่มและ ไม่สามารถปอกได้ จึงเลือกใช้อุณหภูมิ สูงสุด เป็น 60 °C

1. ไม่ล้าง (ควบคุม)
2. ล้างด้วยกลั่น อุณหภูมิ 30±2°C (ใช้ 30°C เนื่องจาก เป็นอุณหภูมิน้ำประปาในขณะที่ทำการทดลอง)
3. ล้างด้วยน้ำกลั่นอุณหภูมิ 40°C
4. ล้างด้วยน้ำกลั่นอุณหภูมิ 50°C
5. ล้างด้วยน้ำกลั่นอุณหภูมิ 60°C

โดยแปรเวลาในการล้าง เป็น 1, 2, 5 และ 10 นาที ใช้ อ่างควบคุมอุณหภูมิและมีกวนน้ำอย่างสม่ำเสมอ

นำผลมะละกอที่ผ่านการล้างในการทดลองต่างๆ ปอกเปลือกด้วยมีดที่คม ผ่านการล้างด้วยสารละลาย คลอรีน 100 mg/L ทุกครั้งเมื่อเริ่มปอกลูกใหม่ ตัดแต่งเป็นชิ้นขนาดประมาณ 2x8x4 cm บรรจุในถาด PET (Lertsit industry, Thailand), น้ำหนักถาดละ 200 g บรรจุในฟิล์มพลาสติกชนิด PD 900 (Cryovac, USA, oxygen transmission rate of 3,000 ml O₂ / day m² atm at 23°C) ปิดผนึกด้วยความร้อน และเก็บรักษาในตู้เย็นที่ 4 °C โดยมีความชื้นสัมพัทธ์ 95±5 % สุ่มตัวอย่างที่หลังบรรจุ (0) 2, 5, 7, 14 และ 21 วัน



ภาพที่ 2 การเตรียมตัวอย่างมะละกอ

1.3 การวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์

ตัวอย่างที่นำไปวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ได้แก่ เปลือกมะละกอของแต่ละการทดลอง (Treatment) และตัวอย่างมะละกอสดัดแต่งในแต่ละอายุการเก็บ ใช้ตัวอย่าง 25 g เจือจางกับ 0.1% peptone water ปริมาตร 225 ml และเจือจางลงตามลำดับที่เหมาะสม

1. วิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์นับได้ทั้งหมด (total plate count) ใช้วิธีของ HFPB Canada, (2001) ด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อ Standard methods agar (PCA, Difco Difco Detroit, USA) บ่มที่ 30 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

2. วิเคราะห์จำนวน ยีสต์และรา ใช้วิธีของ HFPB Canada, (2002) ด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อ Dichloran-Rose Bengal-Chloramphenical Agar (Difco Detroit, USA) บ่มที่ 25 °C เป็นเวลา 36-72 ชั่วโมง

3. Enterobacteriace และ *E. Coli* ด้วย Violet Red Bile Glucose Agar (Criterion ,France) บ่มที่ $35 \pm 2^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 18-24 ชั่วโมง และยืนยัน (confirm) ผลตามวิธีของ MFLP43 (HPB, Canada 1997)

2. ผลการวิจัย

2.1 ผลการใช้ความร้อนล้างต่อการลดจำนวนจุลินทรีย์ในผลมะละกอ

หลังจากการล้างผลมะละกอด้วยน้ำอุณหภูมิ 30 40 50 หรือ 60°C เป็นเวลา 1 2 5 หรือ 10 นาที ใช้ Cork border ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 cm สุ่มเจาะเปลือกมะละกอ การทดลองละ 8 ตัวอย่าง (ตัวอย่างละ 8 ผล สุ่มแต่ละผล 2 จุด) ไปวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์นับได้ทั้งหมด ยีสต์และรา Enterobacteriace และ *E. Coli* ของการทดลองทั้ง 3 replicate ผลพบว่า ที่ผิวผลมะละกอก่อนล้าง พบจำนวนจุลินทรีย์นับได้ทั้งหมด เฉลี่ย 5.178 log cfu/g ยีสต์และราทั้งหมด เฉลี่ย 5.377 log cfu/g และพบ Enterobacteriace เป็นบางผล การพบเป็นลักษณะสุ่มและมีส่วนน้อย และไม่พบ *E. Coli* ในผลมะละกอแต่อย่างใด (ตารางที่ 1)

ผลของเวลาในการล้างพบว่า ที่อุณหภูมิสูงเวลาการล้างมีผลต่อการลดจำนวนของ จุลินทรีย์นับได้ทั้งหมด ยีสต์และรา ($p \leq 0.05$) ยิ่งใช้เวลามาก ยิ่งสามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ลงได้ แต่เมื่อใช้อุณหภูมิ 30 °C การเพิ่มเวลาในการล้างไม่มีผลให้การลดจำนวนจุลินทรีย์แตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยของจำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้นบนผลมะละกอก่อนการล้าง

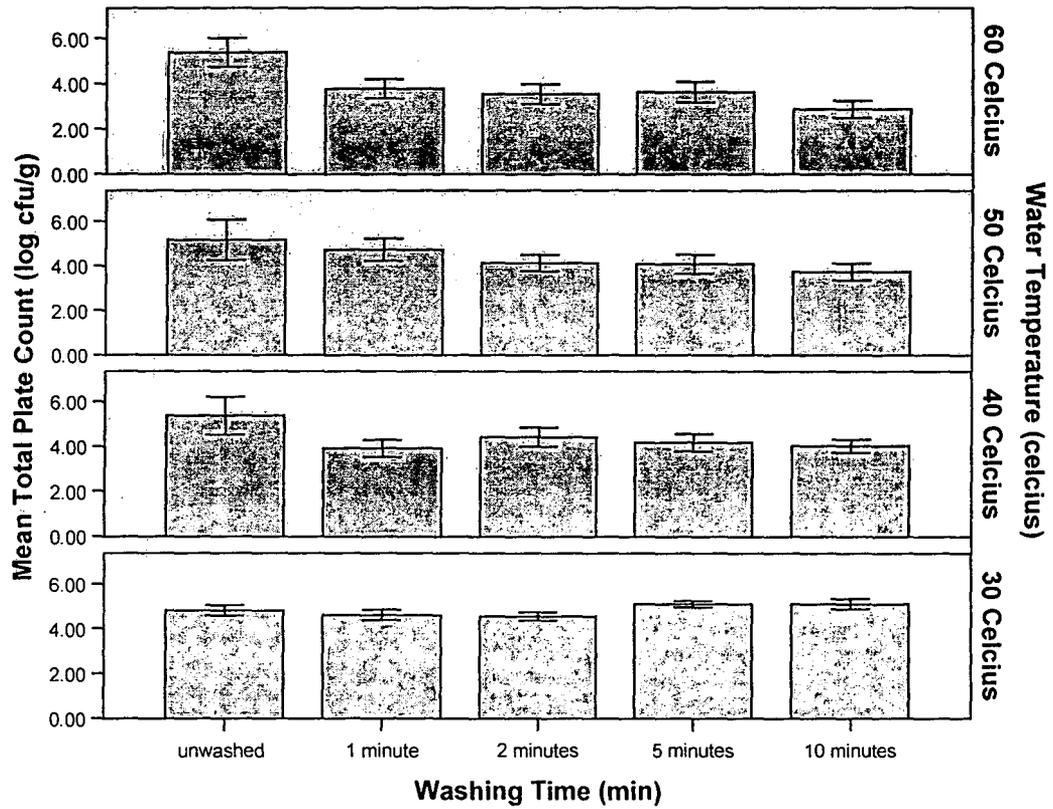
การทดลอง	จุลินทรีย์นับได้ทั้งหมด (log cfu/g)	ยีสต์และรา ^{ns} (log cfu/g)	Enterobacteriaceae ^{ns} (log cfu/g)
ซ้ำที่ 1 ส.ค. 50	4.73 ±0.56 ^a	5.14 ±1.01	3.53± 1.78
ซ้ำที่ 2 ต.ค. 50	5.64 ±0.87 ^b	5.61 ±1.16	2.80 ±1.62
ซ้ำที่ 3 ธ.ค. 50	5.17 ±.87 ^{ab}	5.39 ±0.93	2.82 ±2.17
รวม (N=24)	5.18 ±.843	5.38 ±1.01	3.05 ±1.83

^{a,b} ตัวเลขที่มีอักษรกำกับที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

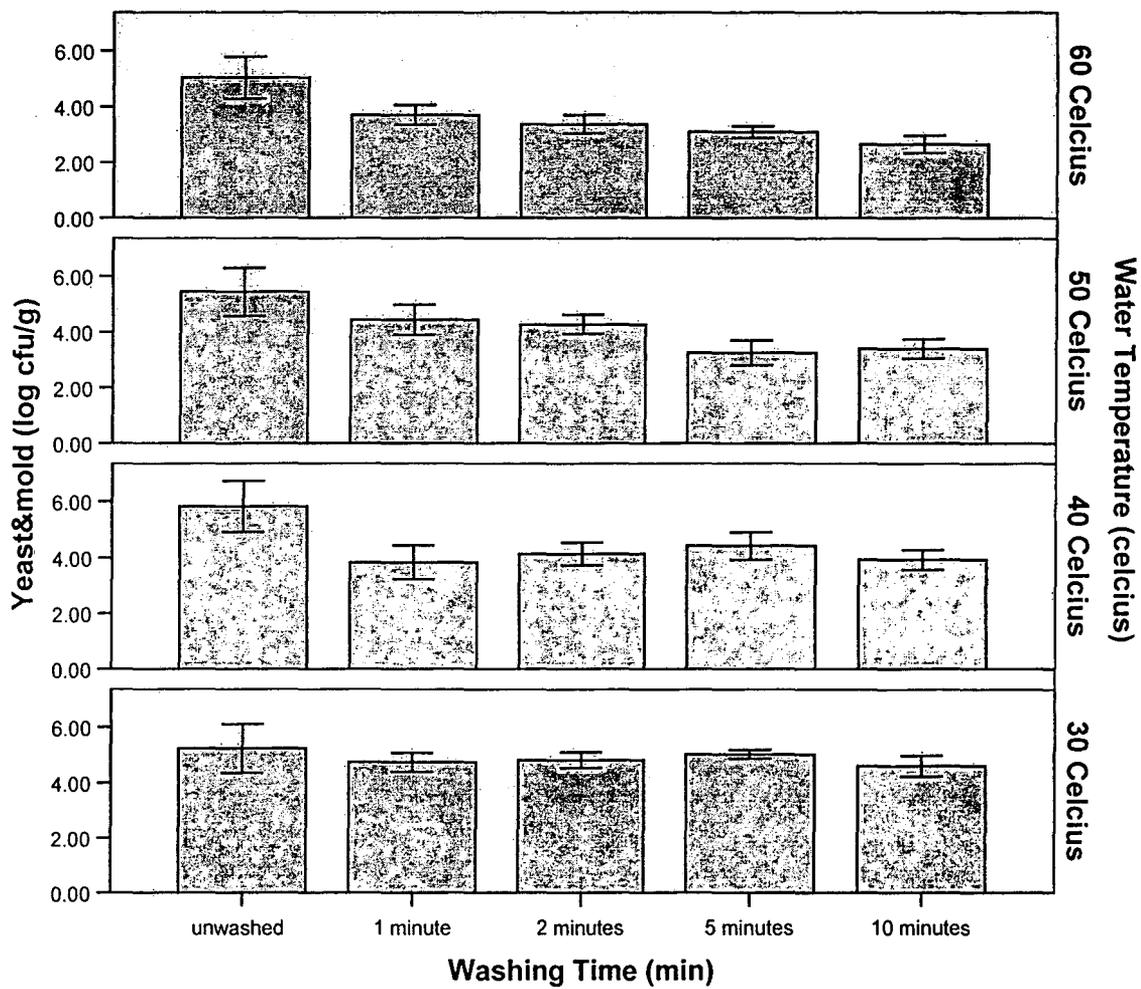
^{ns} มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$)

การล้างน้ำที่อุณหภูมิ 30°C ไม่มีผลต่อการลดจำนวนจุลินทรีย์เมื่อเทียบกับไม่ล้าง การใช้อุณหภูมิสูงมีผลต่อการลดจำนวนจุลินทรีย์ การใช้น้ำร้อนที่ 60°C มีผลในการลดจำนวนจุลินทรีย์นับได้มากกว่าน้ำที่อุณหภูมิอื่นๆ (ตารางที่ 2) โดยเฉพาะ จำนวนยีสต์และรา และ จำนวน Enterobacteriaceae ซึ่งสามารถลดลงได้ประมาณ 2 log cfu/g และเมื่อใช้เวลาในการล้างนานขึ้นจนถึง 10 นาทีสามารถ ลด Enterobacteriaceae ได้จนไม่สามารถ ตรวจนับได้ (<1 log cfu/g)

ในทุกอุณหภูมิของน้ำล้าง หากในการล้างน้อยกว่า 2 นาที ผลการลดจำนวนจุลินทรีย์ไม่แตกต่างกัน ยิ่งใช้เวลานานขึ้นและใช้อุณหภูมิสูงขึ้นสามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ได้มากขึ้น



ภาพที่ 3 ผลของอุณหภูมิน้ำ (°C) และเวลาในการล้าง (นาที) ผลกระทบต่อจำนวนจุลินทรีย์นับได้ทั้งหมด (log cfu/g)



ภาพที่ 4 ผลของอุณหภูมิน้ำ (°C) และเวลาในการล้าง (นาที) ผลมะละกอต่จำนวนยีสต์และรา (log cfu/g)

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยจำนวนจุลินทรีย์บนผลมะละกอหลังจากการล้างที่อุณหภูมิ 30 40 50 หรือ 60°C เป็นเวลาต่างๆ

จุลินทรีย์	Treatment	ค่าเฉลี่ยจำนวนจุลินทรีย์ log cfu/g* เวลาในการล้าง (นาที)			
		1	2	5	10
Total plate count	Unwashed	5.178 ^b	5.178 ^c	5.178 ^b	5.178 ^c
	30°C	4.622 ^b	4.563 ^b	5.118 ^b	5.116 ^c
	40°C	3.908 ^a	4.421 ^b	4.173 ^a	4.013 ^b
	50°C	4.725 ^b	4.123 ^b	4.076 ^a	3.727 ^b
	60°C	3.776 ^a	3.523 ^a	3.06 ^a	2.856 ^a
Yeast & mold	Unwashed	5.377 ^d	5.377 ^d	5.377 ^c	5.377 ^d
	30°C	4.741 ^{cd}	4.817 ^{cd}	5.052 ^c	4.606 ^c
	40°C	3.823 ^{ab}	4.123 ^b	4.406 ^b	3.908 ^b
	50°C	4.437 ^{bc}	4.273 ^{bc}	3.257 ^a	3.402 ^b
	60°C	3.704 ^a	3.369 ^a	3.087 ^a	2.657 ^a
Enterobacteriaceae	Unwashed	3.048 ^c	3.048 ^b	3.048 ^c	3.048 ^c
	30°C	2.801 ^c	3.103 ^b	3.043 ^c	< 1
	40°C	2.145 ^{bc}	3.021 ^b	.7050 ^a	<1
	50°C	1.695 ^b	2.527 ^b	1.965 ^b	<1
	60°C	ND***	ND***	ND***	ND***

*ค่าเฉลี่ยจาก 3 การทดลองในเดือนที่แตกต่างกัน

^{a,b} ตัวเลขที่มีอักษรกำกับที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

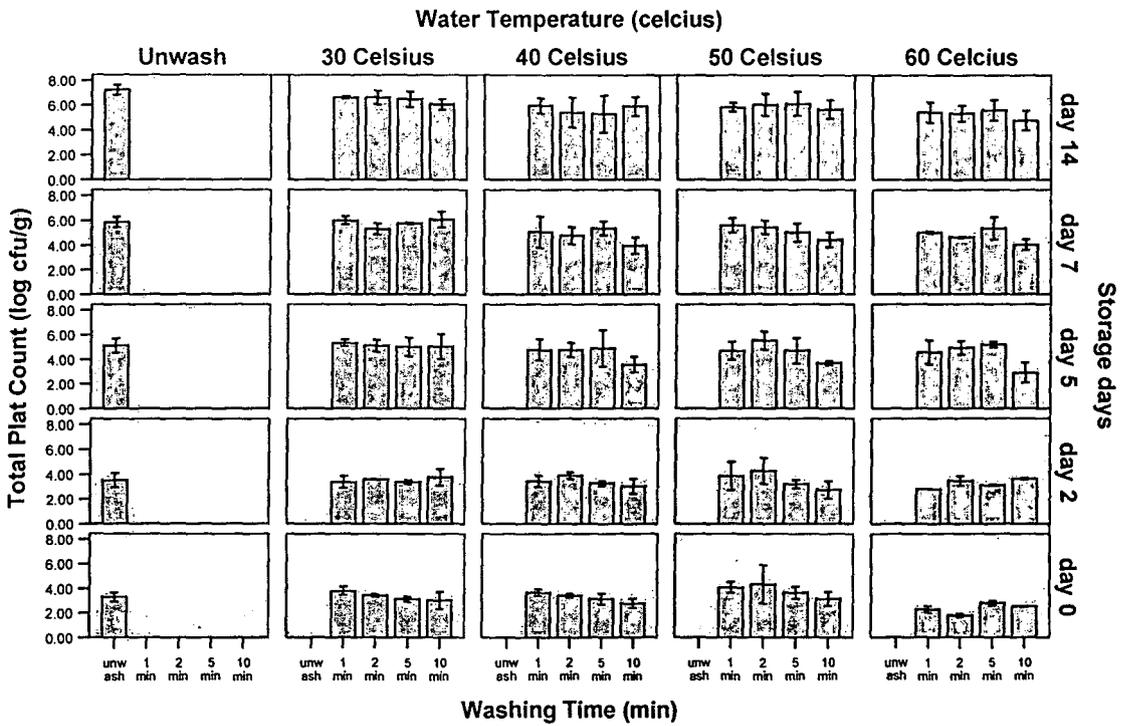
** ND ตรวจไม่พบในตัวอย่าง 25 g

2.2 ผลการใช้น้ำร้อนล้างต่อการลดจำนวนจุลินทรีย์ในมะละกอสดัดแต่ง

เพื่อศึกษาการปนเปื้อนของจุลินทรีย์จากเปลือกภายนอกผลลงสู่เนื้อมะละกอสดัดแต่ง และผลของการล้างผลด้วยน้ำร้อนวิธีต่างๆ ต่อปริมาณจุลินทรีย์บนเนื้อมะละกอสดัดแต่ง ระหว่างการเก็บรักษา

ผลมะละกอที่ผ่านการล้างด้วยน้ำอุณหภูมิต่างๆ นำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์สดตัดแต่ง และวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์นับได้ทั้งหมด ยีสต์และรา Enterobacteriaceae และ *E.coli* ในการศึกษาพบว่าไม่มีการปนเปื้อนของ *E. coli* ในเนื้อมะละกอสดัดแต่ง สอดคล้องกับผลการทดลองในเปลือก และพบปริมาณ Enterobacteriaceae น้อยมาก และกระจายตามบางตัวอย่าง ไม่มีแนวโน้มของการเพิ่มหรือลด จึงไม่ได้นำมาวิเคราะห์ทางสถิติ

ผลของน้ำอุณหภูมิต่างๆ และเวลาในการล้างผลมะละกอต่อเนื้อมะละกอสดัดแต่งที่อายุการเก็บต่างๆ แสดงใน ภาพที่ 5 และภาพที่ 6



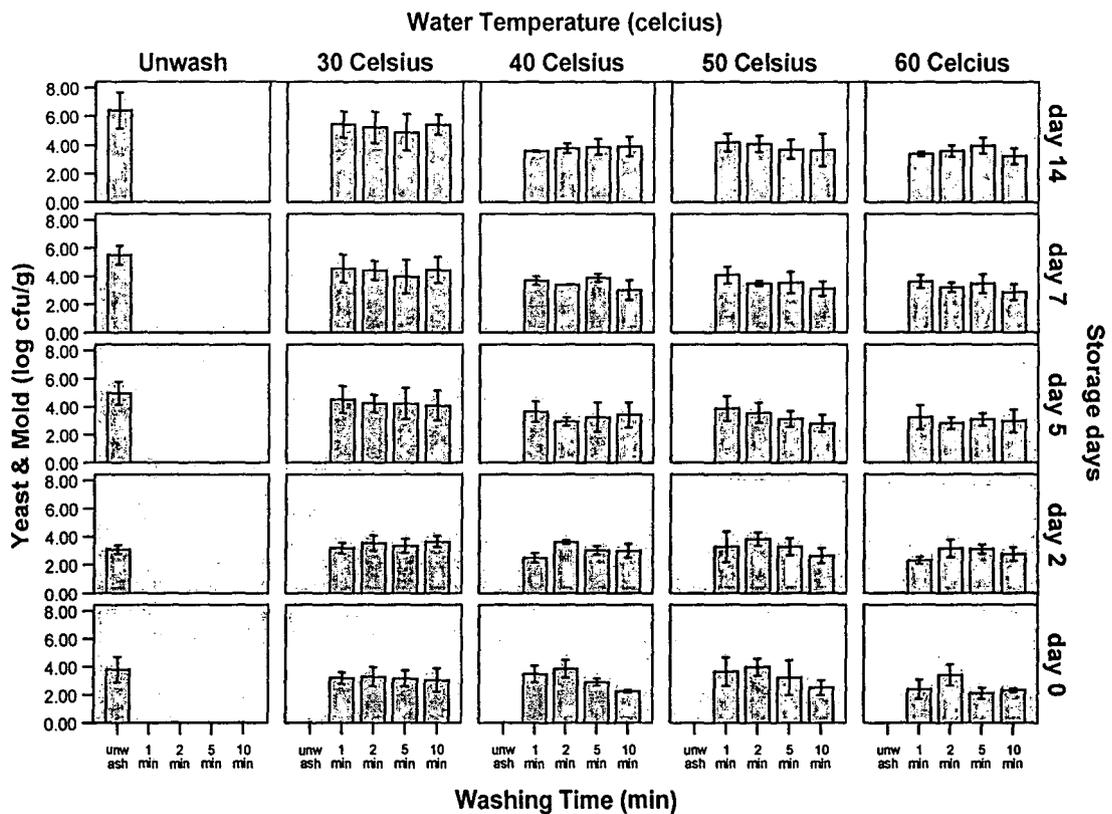
ภาพที่ 5 ผลของอุณหภูมิน้ำ (°C) และเวลาในการล้าง (นาที) ผลมะละกอต่อจำนวนจุลินทรีย์นับได้ทั้งหมดบนมะละกอสดัดแต่งที่อายุการเก็บต่างๆ (วัน)

2.3 ผลของเวลาในการล้าง

การล้างผลมะละกอกเป็นเวลา 10 นาที พบว่า มะละกอสอดตัดแต่งที่อายุการเก็บต่างๆมีจำนวนจุลินทรีย์นับได้ทั้งหมดและจำนวนยีสต์และราบน้อยกว่าผลมะละกอกที่ล้างที่เวลาน้อยกว่า

เปรียบเทียบในแต่ละอุณหภูมิน้ำล้างพบว่า เมื่อใช้น้ำล้างอุณหภูมिन้อยกว่าหรือเท่ากับ 40 °C หลังจากล้างและแปรรูปเป็นมะละกอสอดตัดแต่ง มะละกอกที่ผ่านการล้าง 1 2 หรือ 5 นาที มีจำนวน จุลินทรีย์ นับได้ทั้งหมดไม่แตกต่างกัน การล้างเป็นเวลา 10 นาทีทำให้มีจุลินทรีย์บนมะละกอสอดตัดแต่งน้อยกว่าเวลาการล้างอื่นๆ

ณ อายุการเก็บอื่นๆ จำนวนจุลินทรีย์นับได้ทั้งหมด และยีสต์และราบนมะละกอสอดตัดแต่งที่ผ่านการล้างเวลาต่างๆไม่แตกต่างกัน มะละกอสอดตัดแต่งที่ได้จากผลมะละกอกที่ล้างด้วยน้ำ 60°C นั้นมีจำนวนจุลินทรีย์ไม่แตกต่างกัน เมื่อใช้เวลาการล้างแตกต่างกัน



ภาพที่ 6 ผลของอุณหภูมิน้ำ(°C) และเวลาในการล้าง (นาที) ผลมะละกอกต่อจำนวนยีสต์และราบนมะละกอสอดตัดแต่งที่อายุการเก็บต่างๆ (วัน)

2.4 ผลของอุณหภูมิน้ำล้าง

มะละกอสดตัดแต่งที่เตรียมจากมะละกอล้างด้วยน้ำอุณหภูมิ 30 °C มีจำนวนจุลินทรีย์ไม่แตกต่างกับมะละกอสดตัดแต่งที่เตรียมจากมะละกอที่ไม่ล้าง ในทุกอายุการเก็บ และเวลาการล้าง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการล้างน้ำที่ไม่มีความร้อน และไม่มีสารฆ่าเชื้อไม่มีผลในการลดจำนวนจุลินทรีย์ลงได้

เมื่อใช้อุณหภูมิสูงขึ้น พบว่าหลังจากล้างตัดแต่งแล้ว มะละกอสดตัดแต่งจากผลที่ผ่านการล้างที่ 60°C มีจำนวนน้อยเมื่อเทียบกับอุณหภูมิอื่นๆ แต่เมื่ออายุการเก็บผ่านไปจะไม่มี ความแตกต่าง เนื่องจากจุลินทรีย์ในมะละกอเจริญเติบโตขึ้นได้ อีกทั้งพบว่า ยีสต์และรา มีความไวต่อความร้อน มากกว่าแบคทีเรีย แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อถึงอายุการเก็บที่ 14 วันจำนวนจุลินทรีย์ในทุกการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

2.5 ผลของอายุการเก็บ

เมื่อล้างผลด้วยอุณหภูมิ 30°C จำนวนจุลินทรีย์นับได้ทั้งหมดในวันที่ 0 และวันที่ 2 ไม่แตกต่างกัน ($p < 0.05$) เริ่มแตกต่างที่วันที่ 5 เป็นต้นไป โดยมีปริมาณเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเมื่อ

3. การวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส

3.1 วิธีการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส

เนื่องจากต้องการให้ได้ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงทางประสาทสัมผัสของผลไม้สดตัดแต่งที่เตรียมจากผลไม้ที่ผ่านการล้างด้วยวิธีต่างๆว่ามีคุณลักษณะใดที่เปลี่ยนแปลงไป และมีการเปลี่ยนแปลงไปในปริมาณเท่าใด ผู้วิจัยจึงเลือกใช้การทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบเชิงพรรณนา (Descriptive analysis) เลือกวิธีที่ดัดแปลงจาก Qualitative Descriptive analysis: QDA (Stone, 1992) การทดลองเริ่มจากการรับสมัครนิสิตปริญญาตรี ในภาควิชาเทคโนโลยีการอาหารและโภชนศาสตร์ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ได้ผู้สนใจ 65 คน ทำการคัดเลือกผู้ทดสอบตามวิธีของ ASTM; Guidelines for the selection and training of sensory panel training member (Meilgaard *et al.*, 1999) ใช้เวลาคัดเลือกผู้ทดสอบ 2 เดือน ได้ผู้ทดสอบ จำนวน 14 คนที่มีคุณสมบัติสามารถแยกแยะความแตกต่างทางประสาทสัมผัสได้ในระดับค่อนข้างดี เป็นนิสิตชั้นปีที่ 4 ที่มีอายุระหว่าง 19-22 ปี เป็นหญิง 6 คน เป็นชาย 8 คน

จากนั้นทำการฝึกฝนผู้ทดสอบตามวิธี QDA (Stone, 1992; Stone and Sidel, 2004) โดยประชุมกลุ่มกันเพื่อพัฒนาคำศัพท์เพื่ออธิบายคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส (Descriptive terms) ของมะละกอสดตัดแต่ง ใช้เวลาพัฒนาคำศัพท์สำหรับมะละกอสดตัดแต่ง 3 session โดยในแต่ละ session ใช้เวลา 60-90 นาที โดยใช้เนื้อมะละกอสดตัดแต่งใหม่ (มี Total soluble solid ระหว่าง 11-15 °brix) และแช่เย็นเป็นเวลา 3 วันในการพัฒนาคำศัพท์

เมื่อได้คำศัพท์ทั้งหมดแล้ว นำคำศัพท์มาให้ผู้ทดสอบคัดเลือกได้คำที่จะใช้ในการสร้างแบบสอบถามเพื่อวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของมะละกอสดตัดแต่งต่อไป

3.2 ผลการพัฒนาคำศัพท์ทั้งหมด

คำศัพท์จากการประชุมพัฒนาคำศัพท์ที่ใช้พรรณาอธิบายลักษณะทางประสาทสัมผัสของมะละกอสดตัดแต่ง สามารถจัดเป็นหมวดได้ตามลำดับลักษณะทางประสาทสัมผัสที่รับรู้ได้ของผู้ทดสอบ แสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3. คำศัพท์ทั้งหมดที่ผู้ทดสอบใช้พรรณาลักษณะทางประสาทสัมผัส (Descriptive terms) ของมะละกอสดตัดแต่ง

หมวด (ลำดับที่รับรู้)	ศัพท์
ลักษณะปรากฏ	ผิวเรียบมันวาว ผิวเม้ตหยาบ สีส้มแดง ฉ่ำน้ำ ผิวเรียบ เปลือกด้านนอกมีสีเหลืองอ่อนปนเหลือง เนื้อด้านในมีสีส้ม ในเนื้อมองเห็นเป็นเส้นใยเล็กน้อย สีเหลืองส้ม ผิวเนียน สีส้ม สีส้มอ่อน สีแดงสด สีคล้ำ ผิวเรียบมีกริตเตอร์ สีคล้ายแครอท ผิวมีน้ำเยิ้ม (ชุ่ม) ที่ผิวสีส้มแดงเปลือกปู มีน้ำเกาะที่ผิว ผิวแห้ง และเรียบ ชุ่มชื้น สด สดใส ขรุขระเป็นเม็ดๆ สม่่าเสมอกัน มีเส้นใยอยู่ในเนื้อ ในส่วนของติดกับเมล็ดจะมีเยื่อขาวๆ บางส่วนของผิวจะใสๆมองเห็นเป็นเส้นใย ชุ่มน้ำ ไม่ฉ่ำน้ำ สีเหลืองไล่ระดับจนสีแดงส้ม สีส้มอมเหลือง ลื่น มีเมือก สดมีน้ำ แห้งเหี่ยว คล้ำ จืดรา ราเขียว

หมวด (ลำดับที่รับรู้)	ศัพท์
กลืน	ยางมะละกอ เหม็นฉุน เหม็นเขียว กลืนยาง ยางไม้ กลืนดี กลืนเปรี้ยว กลืนมะละกอ กลืนเย็น กลืนเหมือนยางสลอด ยางผลไม้ กลืนไม้ดี กลืนปกติดี แอลกอฮอล์ หอมหวาน อับ เน่า กลืนหอมมะละกอ กลืนเน่าเสีย
กัดและเคี้ยวในปาก	นิ่ม หวานอมเปรี้ยว ฉ่ำน้ำ เนื้อและละเอียดออก จากกันหวานออกขมเล็กน้อย นุ่ม เนื้อแน่นไม่ต้านแรงกัด ชุ่มฉ่ำ ไม่ละเอียดง่าย กัดแล้วขาดออกจากกันไม่มีเสี้ยน มีความละเอียดลิ้น ขาดภายในครั้งเดียว ไม่ติดฟัน เนื้อยุ่ยกัดยาก ไม่ติดปาก เหลวๆ ลื่นฟัน เนื้อยุ่ยดี
หลังกลืน	หวานติดปาก หวานติดคอ หอมกลืนยางมะละกอ กลืนง่าย ชุ่มคอ เปรี้ยวปาก ติดคอเล็กน้อย มีกลิ่นขึ้น จมูกนิดๆ ซาๆ ลื่น กลืนยางติดปาก ละลายในปาก กลืนติดปาก รสเปรี้ยวติดลิ้น กลืนหอมมะละกอ หวานติดลิ้น หวานติดฟัน มีน้ำฉ่ำในปาก ลื่นคอ เหนียวคอ เปรี้ยวติดปาก มีอะไรเคลือบเพดาน
รส	หวานเล็กน้อย หวานจืดๆ เหมือนน้ำตาลเจือจาง มากๆ รสหวานไม่มากพอดี รสหวานปนขมนิดๆ หวานจืดเหมือนมีน้ำปน หวานมะละกอป่ม ซีด จืด หวานนิดๆปะแล่มปะแล่ม ไม่ค่อยหวาน เปรี้ยวๆ ขมเล็กน้อย

3.3 สรุปคำศัพท์ที่เลือกได้

กลุ่มผู้ทดสอบได้ร่วมกันคัดเลือกคำศัพท์จากแต่ละหมวด เพื่อใช้ในการสร้างสเกลประเมิน
คุณภาพทางประสาทสัมผัสของมะละกอสดตัดแต่งในแต่ละการทดลอง และร่วมกันนิยามคำศัพท์ที่เลือกได้ 7
คำ ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 คำศัพท์และนิยามที่ใช้ในการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของมะละกอสดตัดแต่ง

คำศัพท์	นิยาม/ วิธีการประเมิน
กลิ่นหอมมะละกอ	ให้ดมมะละกอประเมินกลิ่นหอมของมะละกอจากมีมากที่สุด ไปถึงไม่มีกลิ่น หรือกลิ่นแปลกปลอมอื่นๆ
สีส้ม	ประเมินสีเนื้อมะละกอโดยการมองตรงๆจากสีส้มอ่อนไปถึงสีแดงสด
ความชุ่มชื้นที่ผิว	ดูลักษณะความชุ่มชื้นของเนื้อมะละกอที่ผิวจากชุ่มชื้นมาก สดมากไปจนแห้งมาก
ความสด	ดูความสดและระดับการเสื่อมเสียเมื่อมองที่ภายนอก จากสดเหมือนปอกบรรจุใหม่ ไปจนถึงมีเมือก มีราปรากฏ
รส	ชิมเนื้อมะละกอและประเมินรสชาติโดยรวม จากสดดีเยี่ยม ไปจนถึงแย่มาก หากพบมีการเสื่อมเสียเมื่อมองที่ภายนอก ให้ประเมินเป็นปฏิเสธที่จะชิม
ความหวาน	ชิมเนื้อมะละกอและประเมินความหวานจากหวานมากที่สุด (น้ำเชื่อม) ไปจนถึงขืด ไม่มีรส
ความแข็งของเนื้อสัมผัส	ประเมินเมื่อกัดและเคี้ยวจากแข็งมากไปจนถึงนิ่ม และละเอียด

และได้ทำการสร้างสเกลสำหรับประเมิน โดยใช้สเกลเส้นตรง ความยาว 6 นิ้ว (15 cm) (Stone 1992) โดยสเกลจะมีทั้งหมด 9 คะแนน เริ่มจากน้อยที่สุด หรือไม่มี ให้มีคะแนนเท่ากับ 0 ไปจนถึงมากที่สุด ให้มีคะแนน 9 คะแนน

ทำการฝึกฝนผู้ทดสอบให้ใช้สเกลประเมินได้อย่างถูกต้อง ใช้เวลาอีก 2 Session ๆ ละ 90 นาที โดยใช้ตัวอย่างอาหารมาตรฐานในการฝึกฝนดังนี้

กลิ่นหอมมะละกอ ใช้มะละกอสุกสดพันธุ์ฮอลแลนด์ที่สุก 100% คัดเลือกที่หอมมากที่สุด มาฝึกฝน โดยให้เป็นระดับคะแนน 9 และ มะละกอที่เน่าเสียแล้ว เป็นคะแนน 0 และมะละกอห้ามความสุก 60 % เป็นคะแนน 5 ที่ไม่มีกลิ่นหอมแต่ไม่มีกลิ่นเน่าเสีย

สีส้ม ใช้กระดาษชาร์ทสองหน้าสีแดงสด เป็นคะแนน 9 และใช้มะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์(ทั้งเปลือกที่มีสีส้ม) เป็นคะแนน 1

ความชุ่มชื้นที่ผิว ใช้เนื้อมะละกอสุกสดพันธุ์ฮอลแลนด์ที่สุก 100% ปอกและตัดเป็นชิ้นขนาด 2x2 นิ้ว ตัดแต่งใหม่ เป็นคะแนน 9 และมะละกออบแห้งเป็นคะแนน 0



ภาพที่ 7 เนื้อมะละกอสุกสดที่ใช้ในการฝึกฝนผู้ทดสอบ

ความสด ใช้เนื้อมะละกอสุกสดพันธุ์ฮอลแลนด์ที่สุก 100% ปอกและตัดเป็นชิ้นขนาด 2x2 นิ้วตัดแต่งใหม่ เป็นคะแนน 9 และระบุหากมีเมือก หรือรามาากกว่า 50% ของชิ้นให้เป็นคะแนน 0

รส ใช้มะละกอเนื้อมะละกอสุกสดพันธุ์ฮอลแลนด์ที่สุก 100% ปอกและตัดเป็นชิ้นขนาด 2x2 นิ้วตัดแต่งใหม่ เป็นคะแนน 9 มะละกอดิบเป็นคะแนน 3 และมะละกอเน่าเสียเป็นคะแนน 0

ความหวาน ใช้สารละลายซูโครส 18% เป็นคะแนน 9 และใช้มะละกอดิบ เป็นคะแนน 0

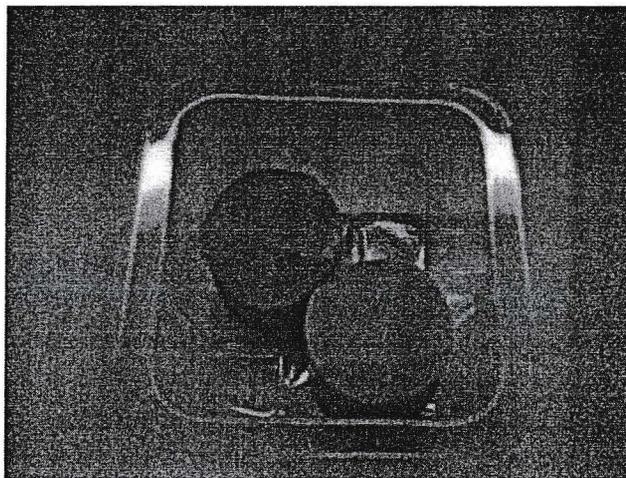
เนื้อสัมผัส ใช้มะละกอดิบฝึกฝนเป็นระดับที่แข็งมากเป็นคะแนน 9 และมะละกอสุก 100% สับหยาบ เป็นคะแนน 0

3.4 การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของมะละกอสดตัดแต่งในแต่ละอายุการเก็บ

ผู้ทดสอบจะประเมินตัวอย่างมะละกอตัดแต่งทริทเมนต์ต่างๆ ในแต่ละอายุการเก็บ สำหรับการทดสอบนั้นวางแผนการทดลองแบบ Balance block design (Stone, 1992) โดยมีผู้ทดสอบชิม 11 คน 1 ทริทเมนต์จะมีผู้ทดสอบชิม 4 คน ชิมในช่วงเวลาระหว่าง 16:00-18:00 น. ในแต่ละวันที่ครบอายุการเก็บ โดยตัวอย่างที่เตรียมจะเป็นตัวอย่างจากมะละกอรุ่นเดียวกับการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์

การเตรียมตัวอย่างมะละกอ เปิดบรรจุภัณฑ์ของแต่ละทริทเมนต์เมื่อถึงอายุการเก็บ โดยเปิดก่อนการประเมิน 10 นาที ใช้ Cork border ขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง 40 mm เจาะชิ้นมะละกอในแต่ละทริทเมนต์เป็นจำนวน 2 ชิ้น (น้ำหนักประมาณ 35-40 g) บรรจุลงในถาดพลาสติกชนิด PET ขนาด 8.4x8.4x4.5 cm (KCFresh, Thailand) บรรจุในฟิล์มพลาสติกชนิด PD 900 (Cryovac, USA, oxygen transmission rate

of 3000 ml O₂ / day m² atm at 23°C) ปิดผนึกด้วยความร้อน และเก็บรักษาในตู้เย็นที่ 4 °C โดยมี ความชื้นสัมพัทธ์ที่ 95±5% ระหว่างรอการทดสอบ



ภาพที่ 8 ลักษณะการเตรียมเนื้อมะละกอให้ผู้ทดสอบ

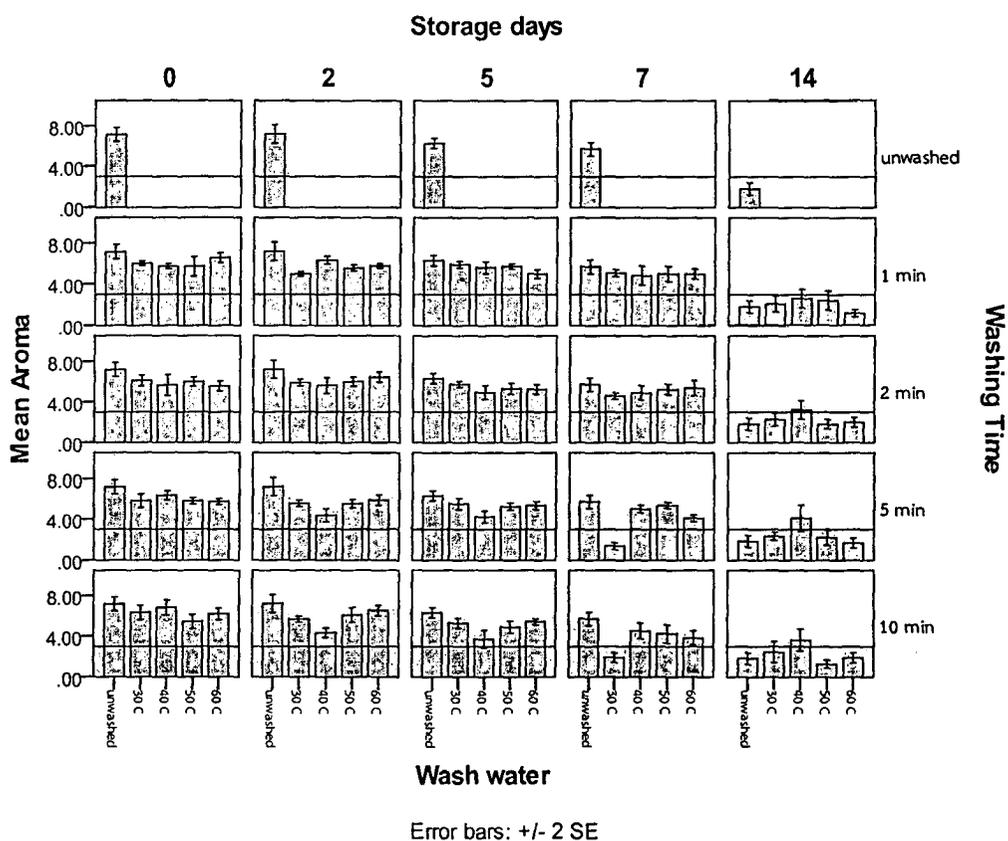
ผู้ทดสอบประเมินตัวอย่างมะละกอสดตัดแต่งภายใต้แสงสีขาว ในห้องทดสอบแยกส่วนของ ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีอาหาร โดยระหว่างตัวอย่างกำหนดให้ผู้ทดสอบกลืนปากด้วยน้ำสะอาดก่อนชิม ตัวอย่างต่อไป

3.5 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของมะละกอสดตัดแต่งในแต่ละอายุการ เก็บ

การวิเคราะห์ผล ใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) และเปรียบเทียบ ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Ranges Test ที่ความเชื่อมั่น 95% n= 44 พบว่าที่อายุการเก็บ 0 และ 2 วัน ตัวอย่างมะละกอในทุกทรีทเมนต์มีคะแนนลักษณะทางประสาทสัมผัสด้าน กลิ่นมะละกอ สี ความชุ่มชื้นที่ผิวหน้า ความสด รส และความหวานไม่แตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

3.5.1 การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นมะละกอ

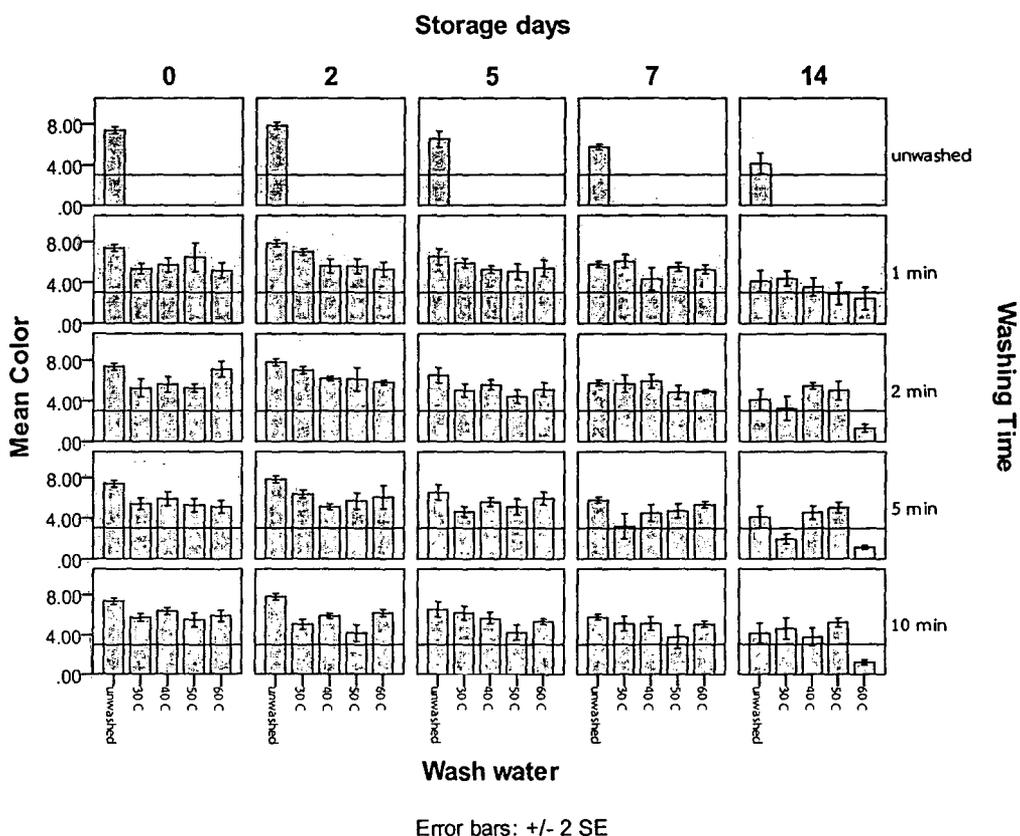
ในการล้างเป็นเวลา 1 และ 2 นาทีที่อุณหภูมิการล้างมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะด้านกลิ่นมะละกอ ไม่แตกต่างกับตัวอย่างไม่ล้าง ที่อายุการเก็บ 0 2 และ 5 วัน โดยมีความใกล้เคียงกับมะละกอปอกใหม่มากที่สุด เมื่อเทียบกับการใช้การล้างที่เวลา 5 และ 10 นาที และพบว่าถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นกลิ่นของมะละกอลดลง และเมื่ออายุการเก็บเพิ่มขึ้น กลิ่นมะละกอลดลงตามลำดับและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และที่อายุการเก็บ 17 วัน มะละกอในทรีทเมนต์ไม่ล้าง ล้างที่อุณหภูมิ 30 50 และ 60 °C ในทุกเวลาการล้างมีกลิ่นผิดปกติ (ได้คะแนนน้อยกว่า 3) แตกต่างจากอายุการเก็บวันอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน



ภาพที่ 9 การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นมะละกอตลอดอายุการเก็บ ของมะละกอสดตัดแต่งที่สภาวะการล้าง ต่างๆ

3.5.2 การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านสีของมะละกอ

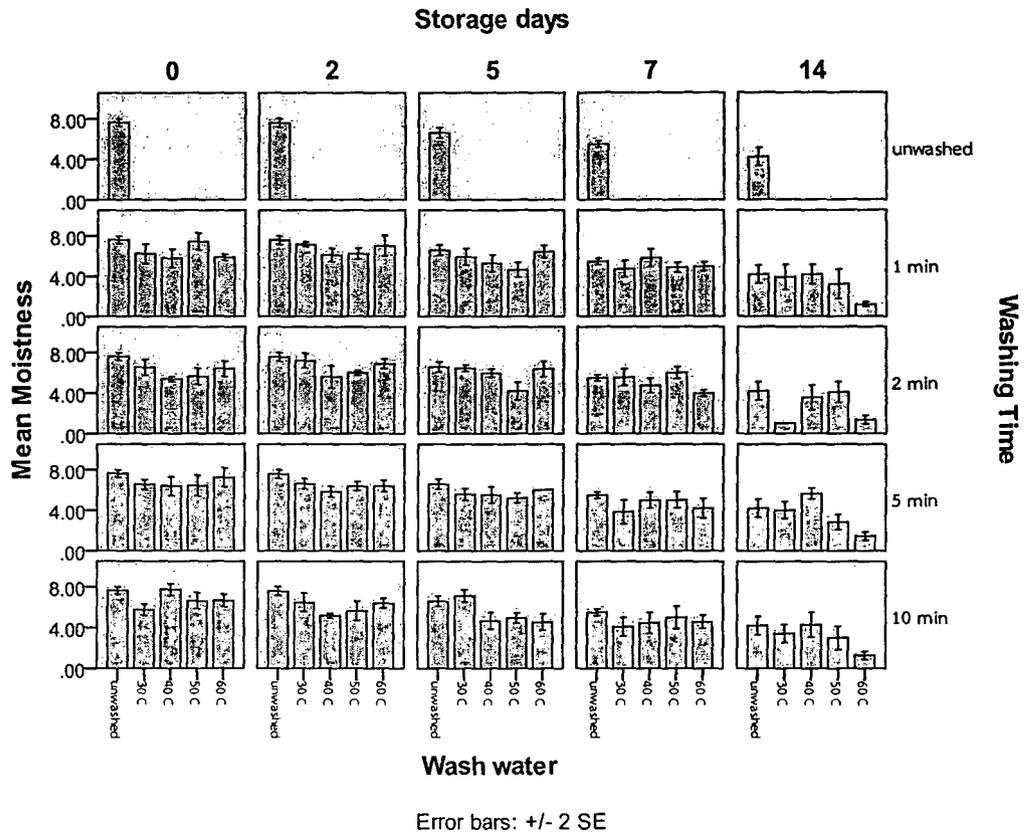
เมื่ออายุการเก็บเพิ่มขึ้นลักษณะสีส้มของมะละกอลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ในวันที่ 14 ค่าสีของมะละกอลดลงมากที่สุด โดยผู้ทดสอบระบุว่ามะละกอข้า้ใสและเปลี่ยนเป็นสีแดง และการล้างที่น้ำร้อนอุณหภูมิ 60 °C มีค่าสีส้มของมะละกอลดลง เนื่องจากมะละกอเปลี่ยนเป็นสีแดง (ภาพที่ 10)



ภาพที่ 10 การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านสีตลอดอายุการเก็บ ของมะละกอสดตัดแต่งที่ สภาวะการล้างต่างๆ

3.5.3 การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านความชุ่มชื้นที่ผิวหน้าของ มะละกอสดตัดแต่ง

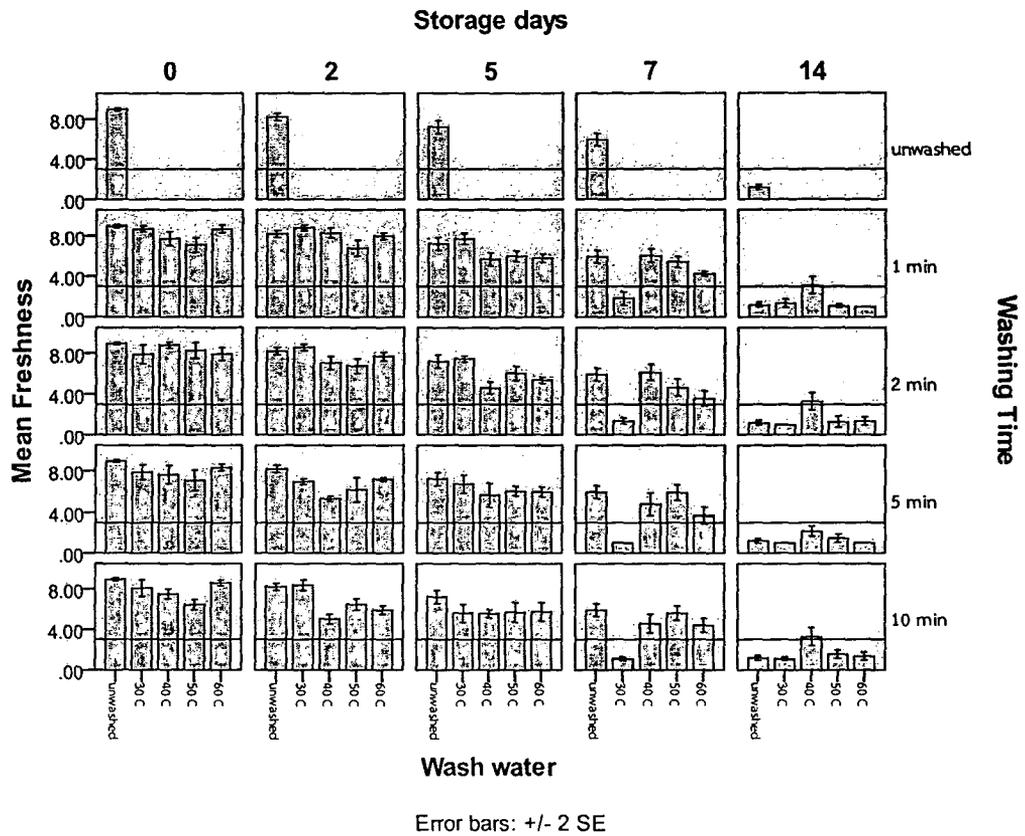
เมื่ออายุการเก็บเพิ่มขึ้นทางประสาทสัมผัสด้านของมะละกอลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ในวันที่ 14 ค่าชุ่มชื้นที่ผิวหน้าของมะละกอลดลงมากที่สุด และการล้างที่น้ำร้อนอุณหภูมิ 60 °C มีค่าทาง ประสาทสัมผัสด้านของมะละกอลดลงมากที่สุด ส่วนสภาวะการล้างอื่นๆไม่แตกต่างกัน



ภาพที่ 11 การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านความชุ่มชื้นที่ผิวตลอดอายุการเก็บ ของมะละกอสดตัดแต่งที่สภาวะการล้าง ต่างๆ

3.5.4 การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านความสดของมะละกอสดตัดแต่ง

เมื่ออายุการเก็บเพิ่มขึ้นลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านความสดของมะละกอสดลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ในวันที่ 14 นั้นลดลงมากที่สุด พบการเน่าเสียโดยมีราขึ้นบ้างในบางตัวอย่าง (ภาพที่ 12) และการล้างที่น้ำอุณหภูมิ 30 °C มีการลดลงมากที่สุดโดยพบมีราขึ้นในอายุการเก็บ 7 วัน

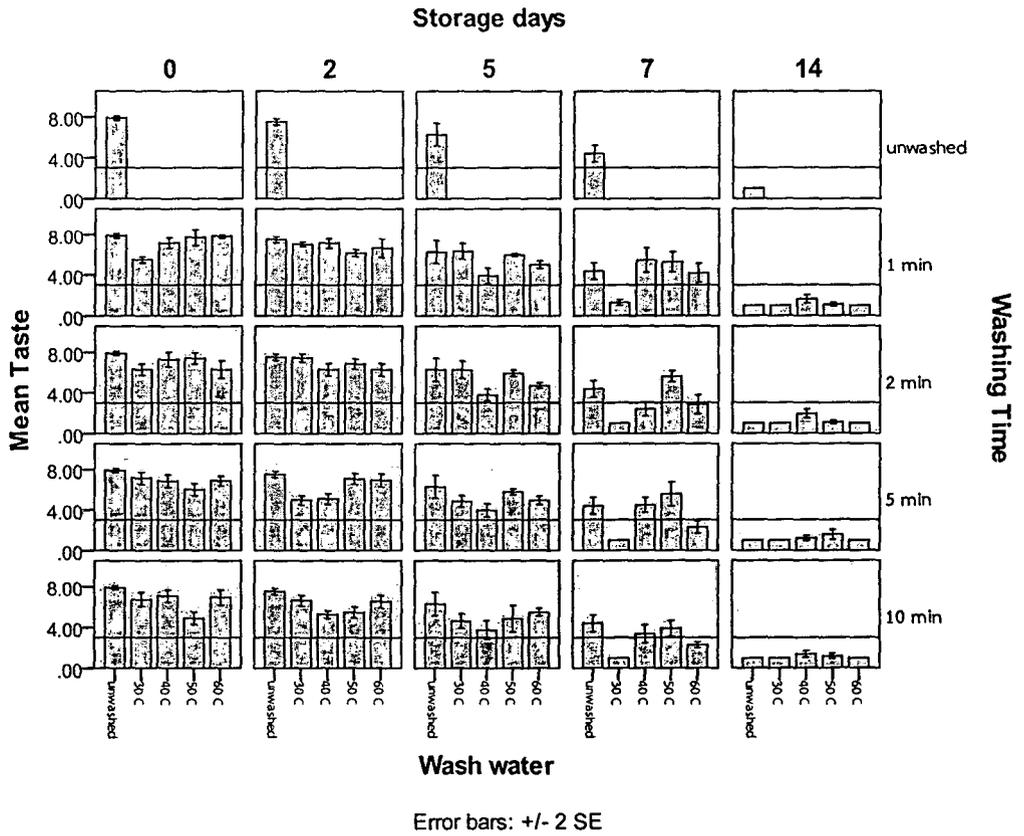


ภาพที่ 12 การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านความสดตลอดอายุการเก็บ ของมะละกอสดตัดแต่งที่สภาวะการล้าง ต่างๆ

3.5.5 การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านรสของมะละกอสดตัดแต่งเมื่ออายุการเก็บเพิ่มขึ้นลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านรสมะละกอลดลงอย่างมีนัยสำคัญ แต่ในวันที่ 0 และวันที่ 2 นั้นไม่แตกต่างกัน และในวันที่ 14 พบการเน่าเสียโดยมีราขึ้นบ้างในบางตัวอย่างผู้ทดสอบจึงปฏิเสธที่จะชิม และการล้างที่น้ำอุณหภูมิ 30 °C มีการลดลงมากที่สุดโดยพบมีราขึ้นในอายุการเก็บ 7 วัน



ภาพที่ 13 ลักษณะการเน่าเสียมีราขึ้นบนผิวขั้วพริกสดตัดแต่งในอายุการเก็บ 14 วัน

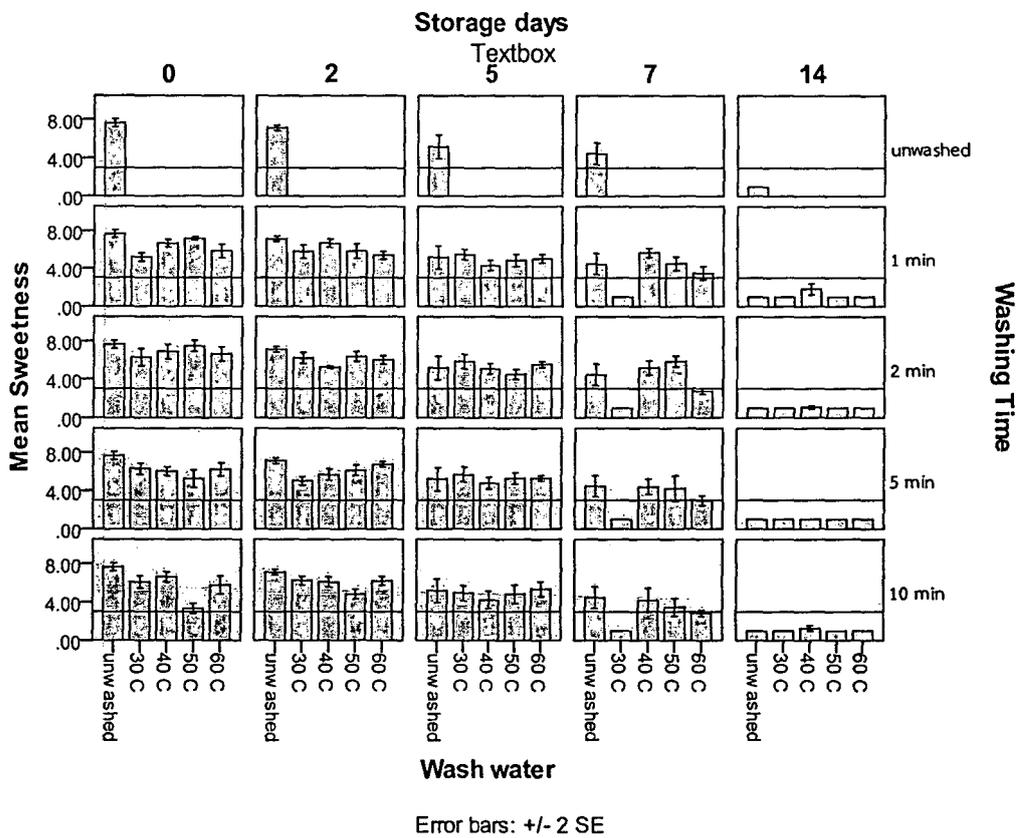


ภาพที่ 14 การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านรสตลอดอายุการเก็บของมะละกอสดตัดแต่งที่สภาวะการล้าง ต่างๆ

3.5.6 การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านความหวานของมะละกอ

สดตัดแต่ง

อายุการเก็บมีผลต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านความหวานอย่างมีนัยสำคัญโดยความหวานลดลงเมื่ออายุการเก็บเพิ่มขึ้น แต่ในวันที่ 0 และวันที่ 2 นั้นไม่แตกต่างกัน และในวันที่ 14 พบการเน่าเสียโดยมีราขึ้นบ้างในบางตัวอย่างผู้ทดสอบจึงปฏิเสธที่จะชิม และการล้างที่น้ำอุณหภูมิ 30 °C มีการลดลงมากที่สุดโดยพบมีราขึ้นในอายุการเก็บ 7 วัน การล้างที่นานกว่ามีผลทำให้มะละกอสวยหวานน้อยกว่าอีกด้วยแต่ไม่พบการแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

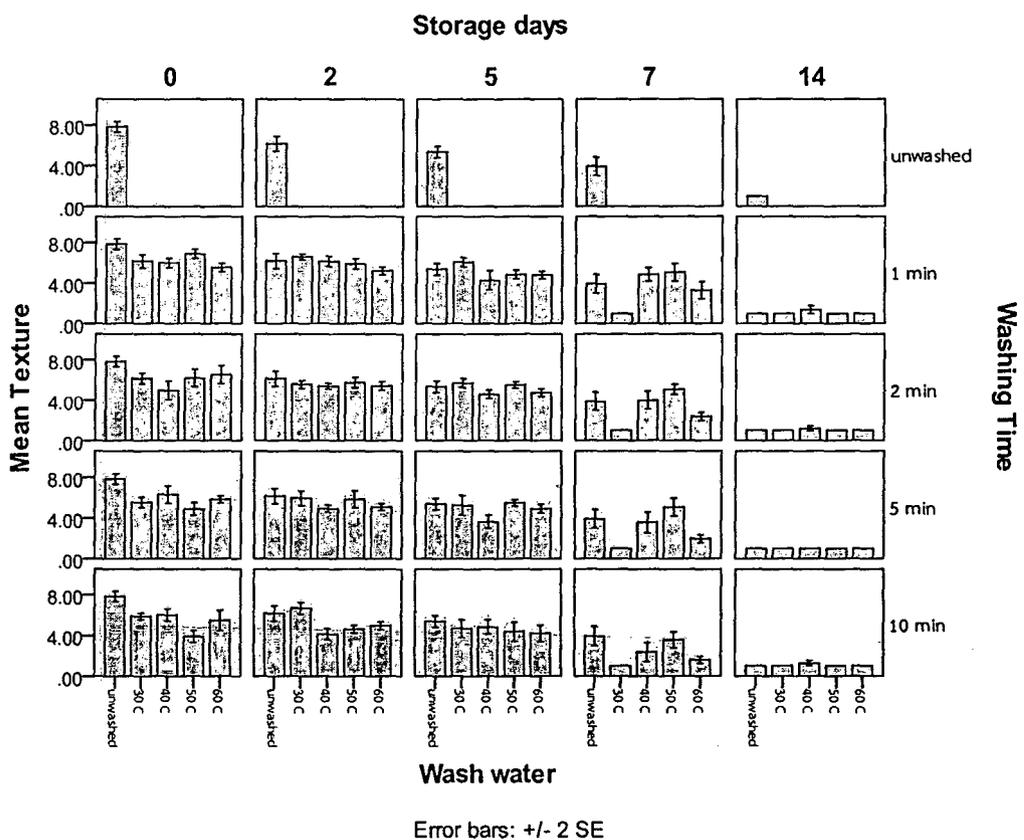


ภาพที่ 15 การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านความหวาน ตลอดอายุการเก็บ ของมะละกอสดตัดแต่งที่สภาวะการล้าง ต่างๆ

3.5.6 การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัสของมะละกอสด

ตัดแต่ง

อายุการเก็บมีผลต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัส อย่างมีนัยสำคัญโดย ($p \leq 0.05$) คะแนนเนื้อสัมผัส ลดลงเมื่ออายุการเก็บเพิ่มขึ้น และเมื่อใช้อุณหภูมิในการล้างและเวลาสูงขึ้นเนื้อสัมผัสลดลง แต่ในวันที่ 0 และวันที่ 2 นั้นไม่แตกต่างกัน และในวันที่ 14 พบการเน่าเสียโดยมีราขึ้นบ้างในบางตัวอย่างผู้ทดสอบจึงปฏิเสธที่จะชิม



ภาพที่ 16 การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัส ตลอดอายุการเก็บ ของมะละกอสดตัดแต่งที่สภาวะการล้าง ต่างๆ

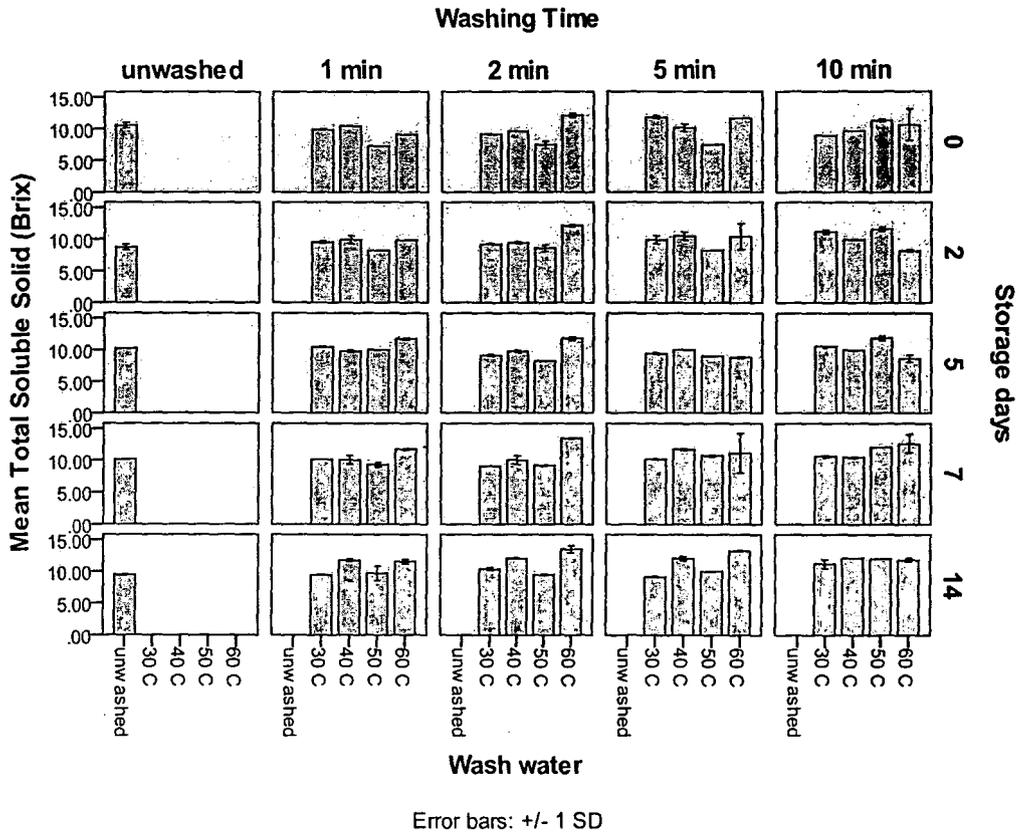
4. การวิเคราะห์ทางเคมี

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของมะละกอสดตัดแต่งที่ผ่านการล้างด้วยทรีทเมนต์ต่างๆ เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิน้ำ และเวลาในการล้างต่อปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total soluble solids: TSS) ปริมาณกรดทั้งหมดโดยการไตเตรท ปริมาณวิตามินซี และค่าความเป็นกรด-ด่าง และการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบทางเคมีดังกล่าวในแต่ละอายุการเก็บ การเตรียมตัวอย่างเนื้อมะละกอเพื่อวิเคราะห์ทางเคมีใช้ตัวอย่างที่หลีกเลี่ยงการทดสอบทางจุลินทรีย์และทางประสาทสัมผัส ตัดเป็นชิ้นเล็กๆ บรรจุในถุงออลูมิเนียมลามิเนท (ซองกันพลาสติก จำกั๊ด) โดยบรรจุแยกในแต่ละบรรจุภัณฑ์ไม่รวมกัน แช่แข็งที่อุณหภูมิ -20°C จนกว่าจะนำมาวิเคราะห์ทางเคมี $n=8$ ในแต่ละทรีทเมนต์

4.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งละลายได้ทั้งหมด

การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งละลายได้ทั้งหมดใช้เครื่อง Digital refractometer (BRX-242 Refractometer, ERMA, Japan) ตามวิธีของ AOAC (2002) โดยละลายเนื้อมะละกอตัวอย่างจากอุณหภูมิแช่แข็งให้มีอุณหภูมิประมาณ 25°C บีบน้ำกรองจากเนื้อมะละกอปริมาณ 50g/ตัวอย่าง ผ่านผ้าขาวบางลงในบีกเกอร์ขนาด 25 มิลลิลิตร และใช้หลอดหยดชนิดใช้แล้วทิ้งหยดน้ำกรองเนื้อมะละกลงในกระบอกของเครื่องมือ

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในตัวอย่างมะละกอเริ่มต้นไม่เท่ากัน ($7-9^{\circ}\text{Brix}$) เฉลี่ยที่ $10.24 \pm 1.41^{\circ}\text{Brix}$ แต่พบว่าการเปลี่ยนแปลงของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในวันที่ 0 2 5 และ 7 ไม่แตกต่างกันและไม่ล้าง ล้างที่ 1 2 และ 5 นาทีไม่แตกต่างกัน มีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นเมื่ออายุการเก็บเพิ่มขึ้น และเพิ่มมากขึ้นในตัวอย่างที่ใช้อุณหภูมิน้ำล้าง 60°C

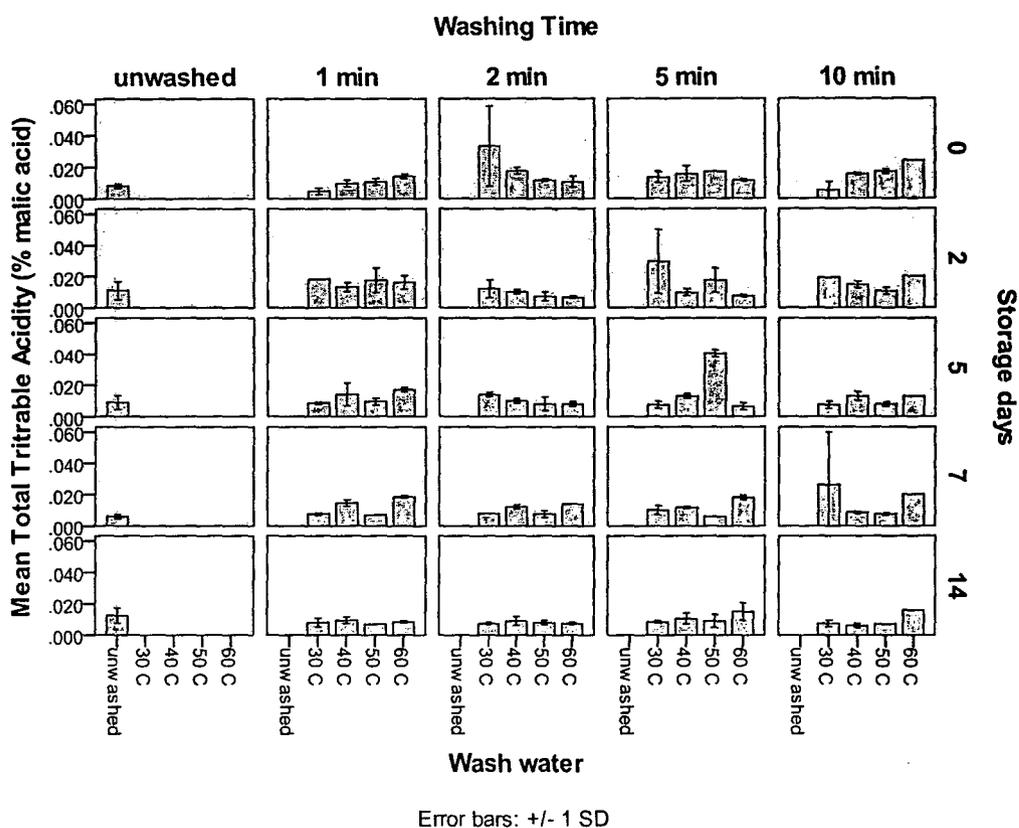


ภาพที่ 17 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในมะละกอสดตัดแต่งที่อายุการเก็บแตกต่างกัน

4.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมด

ผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมดใช้การเตรียมตัวอย่างเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งละลายได้ทั้งหมด ใช้ตัวอย่างน้ำมะละกอ 2 ml เติมน้ำกลั่นสกัดไอออน 18 ml ไตเตรทกับ 0.1 Normal NaOH คำนวณเป็น % กรดมาลลิก

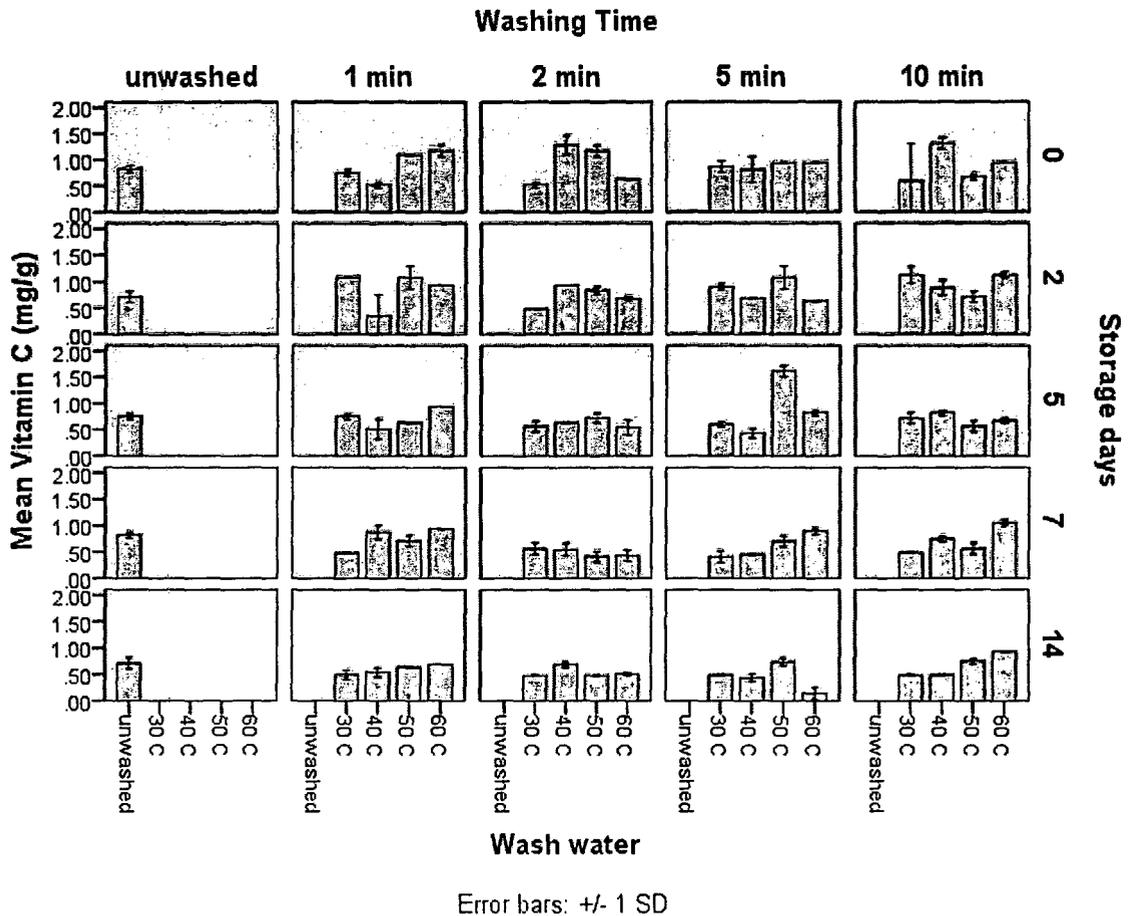
ปริมาณกรดในมะละกอของทุกทรีทเมนต์มีปริมาณเริ่มต้นไม่เท่ากัน อยู่ที่ 0.014-0.051 เฉลี่ยทุกตัวอย่างอยู่ที่ 0.012 ± 0.07 ข้อมูลความแปรปรวนที่ได้จึงอาจไม่ใช่ผลของสภาวะการล้าง ชัดเจน และเป็นการวิเคราะห์โดยการไตเตรทผลจากการคำนวณจึงไม่แตกต่างกัน (ภาพที่ 18) แต่มีแนวโน้มว่าเมื่ออายุการเก็บ 14 วันปริมาณกรดทั้งหมดไม่แตกต่างกันในทุกสภาวะการล้าง ($p \geq 0.05$)



ภาพที่ 18 ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเตรทได้ในมะละกอสดัดแต่งที่อายุการเก็บแตกต่างกัน

4.3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซี

การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีใช้การไตเตรท กับสารละลาย 2,6-dichlorophenol-indophenol เตรียมสารละลายกรดที่ใช้สกัดวิตามินซีในเนื้อมะละกอโดยปิเปตกรดฟอสฟอริก (Merck, USA) 15 ml ละลายในกรดอะซิติก (Merck, USA) 40 ml และน้ำกลั่น 200 ml ปรับปริมาตรให้ครบ 500 ml ใน volumetric flask แล้วกรอง เตรียมสารละลายวิตามินซีมาตรฐาน ใช้กรดแอสคอร์บิก (L-ascobic acid, Merck, USA) 0.05 g ละลายในกรดที่ใช้สกัด 45 ml ปรับปริมาตรให้ครบ 50 ml ใน volumetric flask เตรียมสารละลายอินโดฟินอล ใช้ 2,6-dichlorophenolindophenol (sodium salt, Merck, USA) 0.625 g ละลายในน้ำกลั่น 62.5 ml ที่มีโซเดียมโบคาร์บอเนต 52.5 mg ปรับปริมาตรให้ครบ 25 ml ใน ด้วยน้ำกลั่น นำตัวอย่างมะละกอ 10 ที่ละลายน้ำแข็งแล้ว เติมสารละลายกรดที่ใช้สกัด 50 ml นำไปปั่นด้วย Votes mixture เป็นเวลา 3 นาที แล้วกรองด้วยกระดาษกรอง (Whatman, USA) ไตเตรทสารละลายกับสารละลายอินโดฟินอลจนกระทั่งได้สีชมพูอ่อนเปรียบเทียบกับปริมาตรของสารละลายวิตามินซีมาตรฐาน



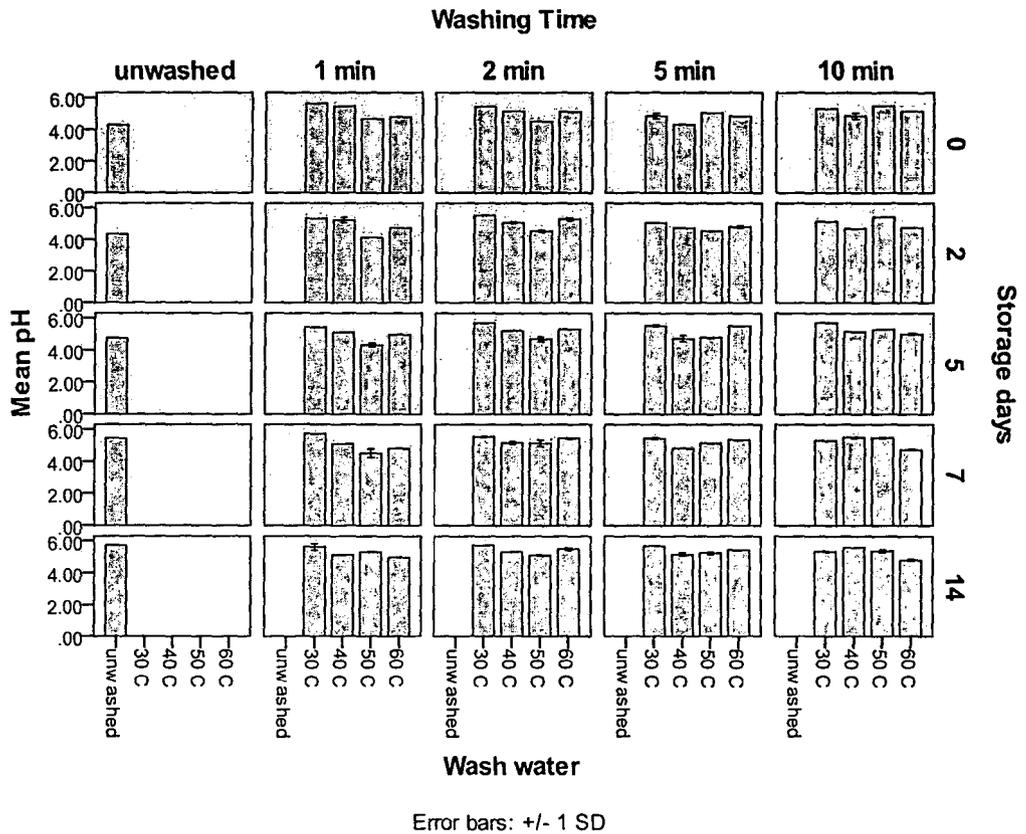
ภาพที่ 19 ปริมาณวิตามินซี (mg/g) ในมะละกอสดตัดแต่งที่อายุการเก็บแตกต่างกัน

เนื่องจากปริมาณวิตามินซีในมะละกอของทุกทรีทเมนต์มีปริมาณเริ่มต้นไม่เท่ากัน ระหว่าง 0.05-1.69 mg/g เฉลี่ยที่ 0.73 ± 0.26 ข้อมูลความแปรปรวนที่ได้จึงอาจไม่ใช่ผลของสภาวะการล้าง ชัดเจน แต่พบแนวโน้มเมื่อใช้อุณหภูมิในการล้างสูงขึ้นและเวลาการล้างนานขึ้นจะทำให้สูญเสียปริมาณวิตามินซีได้มากกว่า

ตัวอย่างมะละกอที่ใช้อุณหภูมิต่ำ 30 40 °C และไม่ล้าง มีแนวโน้มที่จะรักษาปริมาณวิตามินซีไว้ได้มากที่สุดตลอดอายุการเก็บ แต่อย่างไรก็ตามอายุการเก็บเพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณวิตามินซีในทุกตัวอย่างลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4.4 ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง

การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่างใช้วิธีการเตรียมตัวอย่างเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งละลายได้ทั้งหมด ใช้เครื่อง pH meter (pH510, Mettler Toledo, USA)



ภาพที่ 20 ค่าความเป็นกรด-ด่างในมะละกอสดตัดแต่งที่อายุการเก็บแตกต่างกัน

ค่าความเป็นกรด-ด่างในมะละกอสดตัดแต่งในแต่ละสภาวะการล้าง ไม่แตกต่างกัน มีแนวโน้มจะเพิ่มขึ้นเมื่ออายุการเก็บเพิ่มขึ้น

5. สรุปและวิจารณ์ผลการวิจัย

อุณหภูมิน้ำ และเวลาในการล้าง มีผลต่อการลดจำนวนของจุลินทรีย์นับได้ทั้งหมด ยีสต์และรา และ Enterobacteriaceae เมื่อใช้อุณหภูมิสูงและเวลาในการล้างมากกว่าหรือเท่ากับ 5 นาที สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์บนผลมะละกอได้อย่างมีนัยสำคัญ

เมื่อเตรียมมะละกอสดตัดแต่งจากผลมะละกอที่ผ่านการล้างต่างๆ พบว่า จำนวนจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นตลอดอายุการเก็บ อายุการเก็บที่ 2 วันมีจำนวนจุลินทรีย์ นับได้ทั้งหมด ยีสต์และรา และ Enterobacteriaceae ไม่แตกต่างหลังตัดแต่ง

หากเลือกใช้เกณฑ์อายุการเก็บตามคุณภาพทางจุลินทรีย์ของอาหารสดแช่เย็น UK Refrigerated Foods Association (UK Refrigerated Foods Association 2002) กำหนดให้จุลินทรีย์นับได้ทั้งหมดไม่เกิน 5×10^4 cfu/g หรือ 4.7 log cfu/g จะพบว่า หากไม่ล้างผลหรือ ใช้น้ำอุณหภูมิ 30 °C จะเก็บได้ 2 วัน หากใช้อุณหภูมิมากกว่าหรือเท่ากับ 40 °C จะเก็บได้ 5 วันแต่ในตัวอย่างที่ล้างเป็นเวลา 10 นาทีจะสามารถเก็บได้ 7 วันโดยจำนวนจุลินทรีย์ยังไม่เกินกำหนด

สมมติฐานของการทดลองนี้คือ เมื่อใช้น้ำร้อนที่อุณหภูมิสูงขึ้น จะทำให้ลดจำนวนจุลินทรีย์บนเปลือกที่ผิวผลลงได้ แต่ในบางการทดลองพบว่าไม่เป็นไปตามสมมติฐานทั้งนี้เนื่องจากอุณหภูมิที่ผิวของผลมะละกออาจไม่เท่ากับอุณหภูมิของน้ำอย่างที่ต้องการได้ และอาจเป็นเพราะเมื่อใช้น้ำร้อนอุณหภูมิสูง ความร้อนสามารถละลายชั้นไขมันที่เคลือบอยู่บนผิวมะละกอออกมา ซึ่งจุลินทรีย์บางส่วนติดเป็น biofilm อยู่ หลุดออกมากับน้ำ อยู่ในน้ำล้าง จึงพบว่าผลการลดจำนวนจุลินทรีย์ที่เปลือก ลดลง แต่ยังพบการปนเปื้อนที่ชิ้นมะละกอสดตัดแต่ง ทั้งนี้เนื่องจากการที่ biofilm ละลายออกมาได้ ทำให้สามารถปนเปื้อนมายังมือผู้ปฏิบัติการได้มากขึ้น

เมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้นทำให้คุณภาพทางประสาทสัมผัสลดลง การใช้น้ำร้อนที่อุณหภูมิสูงและเวลานาน ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงได้มากกว่า พบการเน่าเสียที่มองเห็นได้ในทุกตัวอย่างหลังจาก 14 วัน

องค์ประกอบทางเคมีของมะละกอสดตัดแต่งหลังจากล้าง(อายุการเก็บ 0 วัน) และ 2 วันไม่แตกต่างกัน การล้างที่อุณหภูมิสูงและเวลานานทำให้มีการสูญเสียวิตามินซีได้มากกว่าสภาวะการล้างอื่นๆ

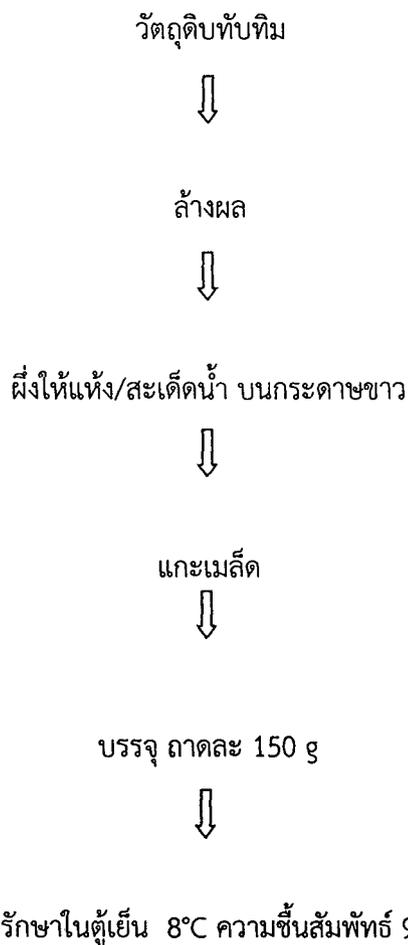
จากผลการทดลองทั้งหมด สภาวะการล้างด้วยน้ำอุณหภูมิ 30 และ 40 °C เป็นเวลา น้อยกว่า 5 นาที ไม่ทำให้มะละกอสดตัดแต่งเปลี่ยนแปลงด้านลักษณะทางประสาทสัมผัสและองค์ประกอบทางเคมีแต่ไม่มีผลลดจำนวนจุลินทรีย์ลงได้ เมื่อใช้อุณหภูมิสูงและเวลาในการล้าง ≥ 5 นาที สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์บนผลมะละกอได้อย่างมีนัยสำคัญ

ผลงานวิจัยที่ 2.

การศึกษาผลการใช้ความร้อนในการลดจำนวนจุลินทรีย์ปนเปื้อนในทับทิมทั้งผลและทับทิมสดตัดแต่ง

1. ผลทับทิม

ในการศึกษานี้ใช้ทับทิมพันธุ์ไทย ปลูกที่อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา โดยเก็บเกี่ยวระหว่างวันที่ 19-20 มกราคม 2551 และ 5-8 กุมภาพันธ์ 2551 เก็บรักษาผลทับทิมไว้รอทำการทดลองที่อุณหภูมิต้องทำการล้างและเตรียมผลทับทิมตัดแต่งตามกรรมวิธีของผู้ส่งออกดังนี้



ภาพที่ 21 ขั้นตอนการเตรียมและล้างผลทับทิม

ตัดแปลงจาก กระบวนการผลิตทับทิมแกะเมล็ดสำหรับส่งออกของผู้ประกอบการแห่งหนึ่งในจังหวัดนครปฐม

โดยทั้งหมดทำในห้องปฏิบัติการ อุณหภูมิ 25°C

2. แผนการทดลอง

นำผลหับทิมล้างด้วยน้ำร้อนอุณหภูมิแตกต่างกัน ดังนี้

1. ไม่ล้าง (ควบคุม)
2. ล้างด้วยน้ำประปา อุณหภูมิ $30 \pm 2^{\circ}\text{C}$
3. ล้างด้วยน้ำกลั่นอุณหภูมิ 40°C
4. ล้างด้วยน้ำกลั่นอุณหภูมิ 50°C
5. ล้างด้วยน้ำกลั่นอุณหภูมิ 60°C

และเปรียบเทียบกับผลการล้างด้วย Chlorine 100 ppm เตรียมได้จาก NaOCl_2 ที่มี free chlorine 5.25% w/v (Chlorox, USA) เป็นเวลา 5 นาที โดยอุณหภูมิน้ำเป็น 30°C ที่ pH 7 วิเคราะห์ปริมาณคลอรีนด้วย Hatch Test Kit (Model CN-66, Hatch, US)

โดยแปรเวลาในการล้าง เป็น 1, 2, 5 และ 10 นาที ใช้ อ่างที่มีการควบคุมอุณหภูมิและมีกวนน้ำอย่างสม่ำเสมอ เปลี่ยนน้ำที่ใช้ทุกครั้ง เมื่อเปลี่ยนการทดลอง

นำหับทิมที่ผ่านการล้างต่างๆ แกะเมล็ด บรรจุในภาต PET (Lertsit industry, Thailand), น้ำหนักภาตละ 150 g บรรจุในถุงพลาสติก PD 900 (Cryovac, USA, oxygen transmission rate of $3000 \text{ ml O}_2 / \text{day m}^2 \text{ atm at } 23^{\circ}\text{C}$) ปิดผนึกด้วยความร้อน และเก็บรักษาในตู้เย็นที่ โดยมี สุ่มตัวอย่างที่ หลังบรรจุ (0) 2, 5, 7, 14 และ 21 วัน

3. การวิเคราะห์จุลินทรีย์

ใช้ตัวอย่าง 25 g เจือจางกับ 0.1% peptone water ปริมาตร 225 ml และเจือจางลงตามลำดับที่เหมาะสม

1. วิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์นับได้ทั้งหมด (total plate count) ใช้วิธีของ HFPB Canada, (2001) ด้วย Standard methods agar (PCA, Difco Detroit, USA) บ่มที่ 30°C เป็นเวลา 24 ชม

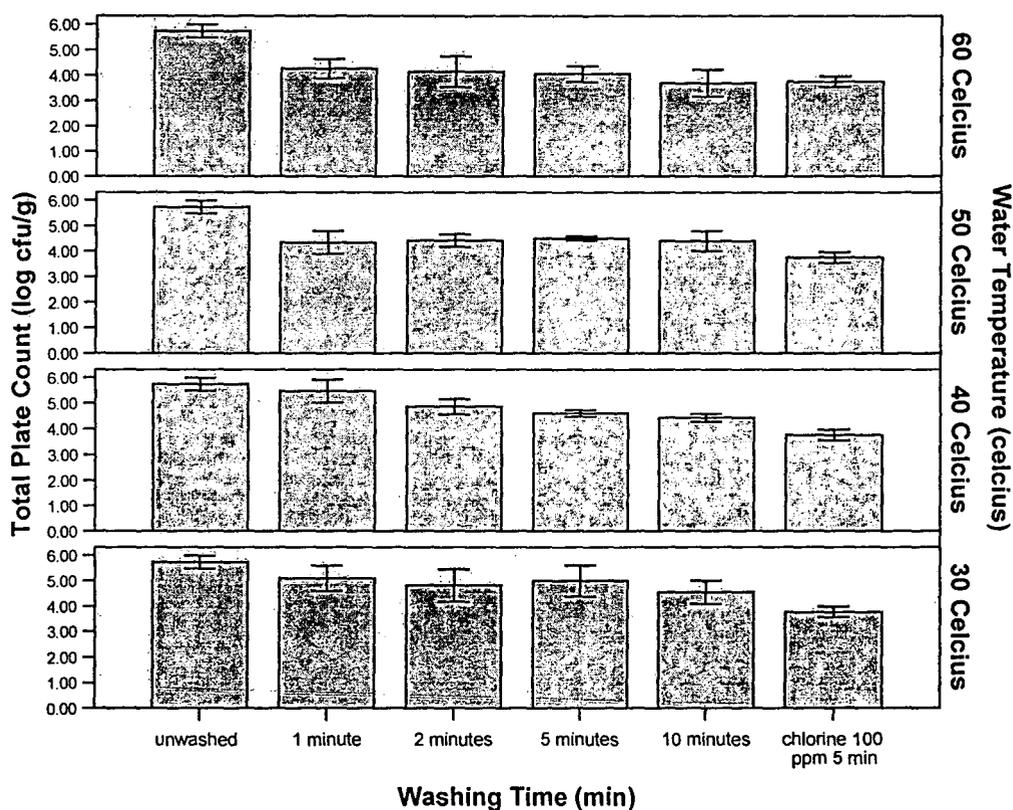
2. วิเคราะห์จำนวน ยีสต์และรา ใช้วิธีของ HFPB Canada, (2002) ใช้ อาหาร Dichloran-Rose Bengal-Chloramphenical Agar (Difco Detroit, USA) บ่มที่ 25°C เป็นเวลา 36-72 ชม

3. Enterobacteriace และ *E. Coli* ด้วย Violet Red Bile Glucose Agar (Criterion, France) บ่มที่ $35 \pm 2^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 18-24 ชม และ confirm ผลตามวิธีของ MFLP43 (HPB, Canada 1997)

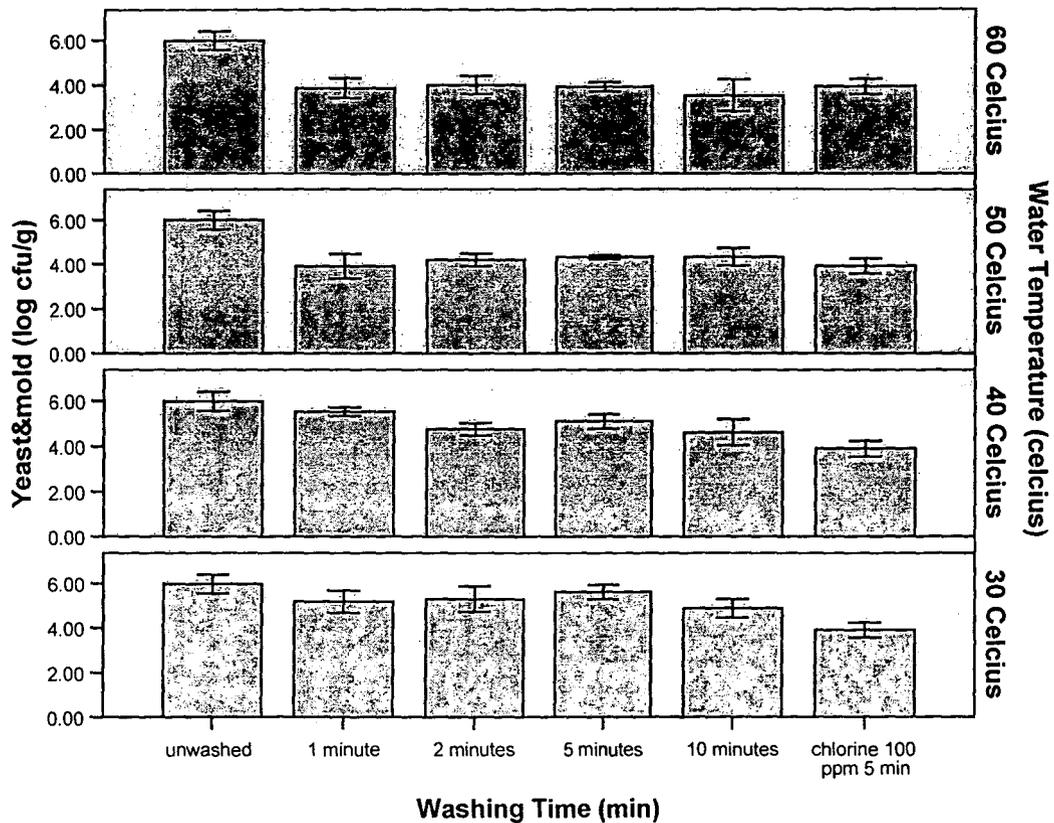
4. ผลการลดจำนวนจุลินทรีย์ในผลทับทิม

ตัวอย่างทับทิมได้จากสวนในอ.ปากช่องจังหวัดสระบุรี เกษตรเก็บเกี่ยวผลทับทิมด้วยมือ และใส่ถุง ไม่มีการล้างน้ำแต่อย่างใด พบว่าผลทับทิมมีราที่เปลือกนอกมาก เนื่องจากเกษตรกรห่อผลด้วยถุงพลาสติก จึงอาจมีความชื้นในถุงห่อ และบางครั้งมีการหมุนเวียนนำถุงเดิมมาห่อใหม่ จึงมีการปนเปื้อนข้ามได้มากขึ้น

ผลการศึกษาพบ *E.coli* เป็นบางตัวอย่าง และมีจำนวนน้อย จึงไม่ได้นำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติ ตัวอย่างที่ใช้น้ำร้อน ≥ 40 °C ในการล้างนั้น ไม่พบ *E.coli* ในทุกตัวอย่าง



ภาพที่ 22 ผลของอุณหภูมิน้ำ (°C) และเวลาในการล้าง (นาที) ผลทับทิมต่อจำนวนจุลินทรีย์นับได้ทั้งหมด

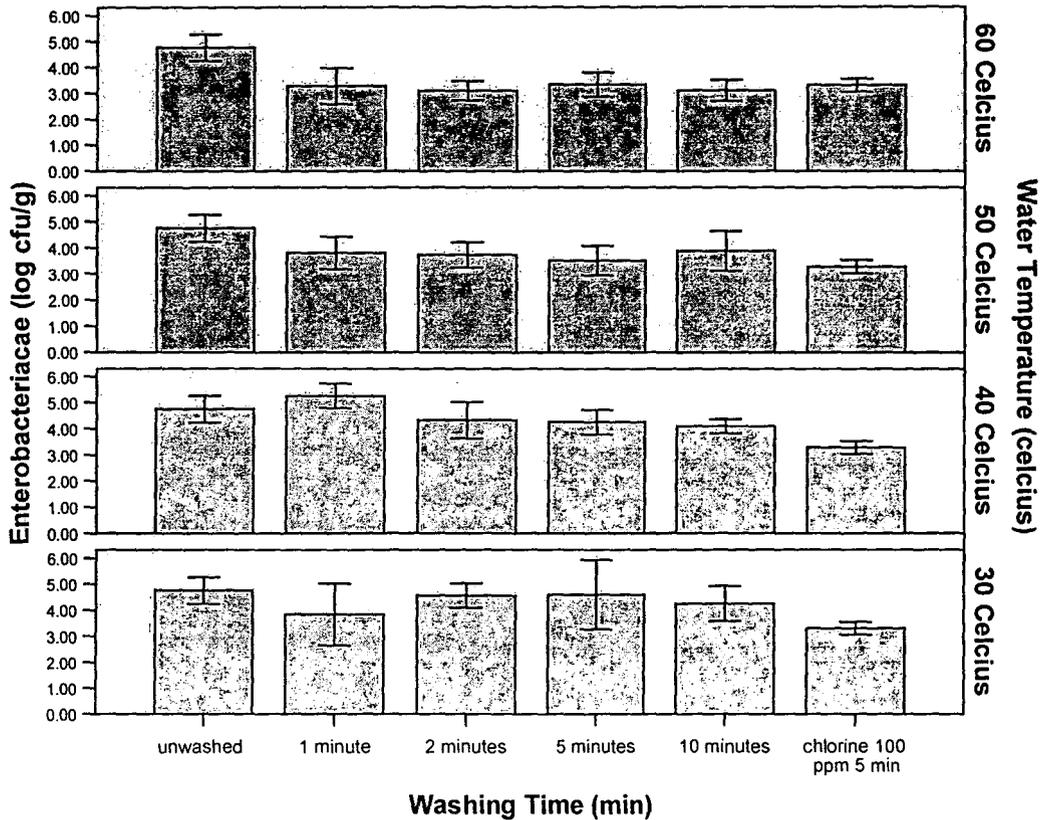


ภาพที่ 23 ผลของอุณหภูมิน้ำ (°C) และเวลาในการล้าง (นาที) ผลทับทิมต่อจำนวนยีสต์และรา

เวลาการล้างต่างกันไม่มีผลลดจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และ Enterobacteriaceae ได้ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ในการทดลองนี้ การใช้คลอรีน 100 ppm(mg/L) ให้ผลการลดได้มากที่สุด โดยลดลงประมาณ 2 log cfu/g เมื่อไม่มีคลอรีนในน้ำ อุณหภูมิน้ำที่ 60 °C สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ได้มากกว่า 50 40 และ 30 °C

การล้างด้วยคลอรีน 100 (mg/L) 5 นาที อุณหภูมิน้ำ 30 °C สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ลงได้มากที่สุด (ภาพที่ 22 และ 23)

เมื่อใช้อุณหภูมิน้ำที่ 30 °C เวลาการล้างไม่มีผลลดจำนวนจุลินทรีย์ได้แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) ในการล้างผลทับทิมด้วยน้ำอุณหภูมิ 40°C เป็นเวลา 1 นาที 2 และ 5 นาที การลดจำนวนจุลินทรีย์นับได้ทั้งหมด และยีสต์และราไม่แตกต่างกับตัวอย่างไม่ล้าง ส่วนเวลาการล้างไม่มีผลลด Enterobacteriaceae เมื่อเทียบกับตัวอย่างไม่ล้าง (ภาพที่ 24)



ภาพที่ 24 ผลของอุณหภูมิน้ำ (°C) และเวลาในการล้าง (นาที) ผลทับทิมต่อจำนวน Enterobacteriaceae

เมื่อเพิ่มอุณหภูมิน้ำเป็น 50 °C และ 60 °C ผลการลดจำนวนจุลินทรีย์ไม่ขึ้นกับเวลาในการล้าง เวลาในการล้าง 1 2 5 และ 10 นาทีไม่แตกต่างกัน และที่น้ำอุณหภูมิ 60°C สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ในผลทับทิมได้ไม่แตกต่างกับการใช้ คลอรีน 100 (mg/L)

หากล้างด้วยน้ำอุณหภูมิ $\leq 40^{\circ}\text{C}$ ต้องใช้เวลามากกว่า 2 นาทีจึงสามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ลงได้อย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเทียบกับตัวอย่างไม่ล้าง การล้างเป็นเวลา 10 นาทีมีผลลดจำนวนจุลินทรีย์ลงอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อใช้อุณหภูมิ 60 °C สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์นับได้ทั้งหมด ยีสต์และราลงได้ไม่ต่างกับการใช้คลอรีน 100 (mg/L)

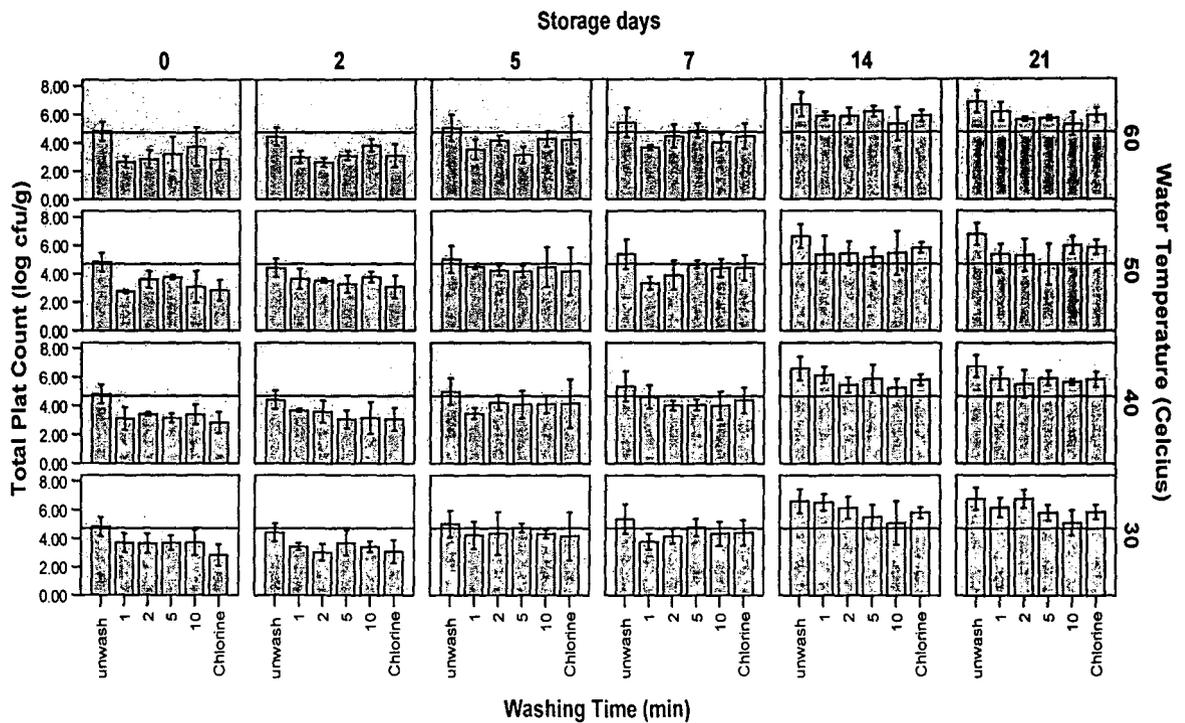
5. ผลการลดจำนวนจุลินทรีย์ในเมล็ดทับทิมแกะที่อายุการเก็บต่างๆ

ทำการศึกษาการปนเปื้อนของจุลินทรีย์จากเปลือกทับทิม ภายนอกผลลงสู่เมล็ดทับทิมแกะเปลือกและผลของการล้างผลด้วยน้ำร้อนวิธีต่างๆ ต่อปริมาณจุลินทรีย์ในเมล็ดทับทิม ระหว่างการเก็บรักษา พบว่าเมล็ดทับทิมแกะมีการปนเปื้อนค่อนข้างสูง เนื่องจากต้องแกะด้วยมือ ออกเป็นเมล็ดๆ ทำให้มีโอกาสปนเปื้อนได้มากขึ้น จุลินทรีย์ที่พบ ในเมล็ดทับทิมที่ไม่ผ่านการล้างผล มีจำนวนมาก ($> 5 \log \text{ cfu/g}$) ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 จำนวนจุลินทรีย์ปนเปื้อนในเมล็ดทับทิมแกะจากผลทับทิมที่ไม่ผ่านการล้าง

การทดลอง	จุลินทรีย์นับได้ทั้งหมด (log cfu/g)	ยีสต์และรา (log cfu/g)	Enterobacteriaceae (log cfu/g)
ซ้ำที่ 1 ธ.ค. 50	5.058 \pm 1.19	5.57 \pm 1.02	4.384 \pm 1.41
ซ้ำที่ 2 ม.ค. 50	5.929 \pm 0.933	5.603 \pm 0.872	4.658 \pm 0.127
รวม (N=48)	5.4933 \pm 1.15	5.59 \pm 0.944	4.520 \pm 1.18

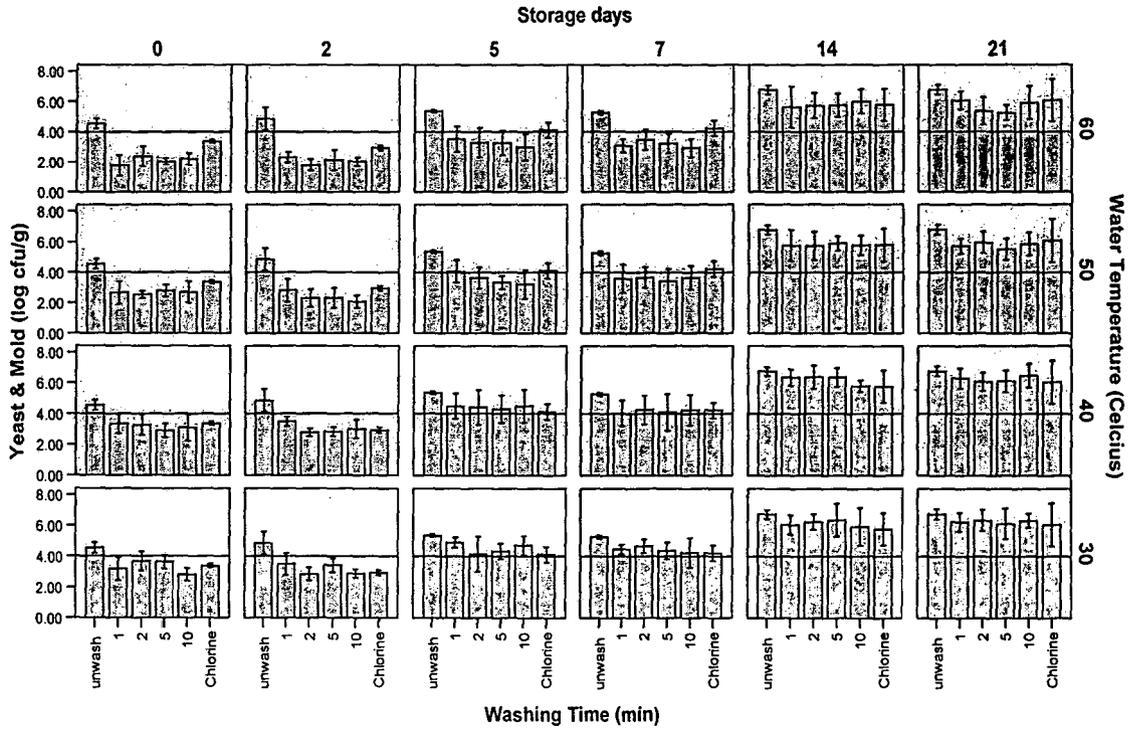
เมื่อวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ปนเปื้อนในเมล็ดทับทิมแกะจากผลทับทิมที่ผ่านการล้างต่างๆพบว่ามีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์นับได้ทั้งหมด ยีสต์และรา และ Enterobacteriaceae พบ E.coli ในตัวอย่างเมล็ดทับทิมจากผลที่ไม่ผ่านการล้าง และการล้างที่น้ำอุณหภูมิ 30 °C เพียงตัวอย่างละ $< 2 \log \text{ cfu/g}$ ไม่พบในตัวอย่างอื่นๆอีก เมล็ดทับทิมแกะจากผลที่ผ่านการล้างด้วยน้ำอุณหภูมิ ต่างๆ มีจำนวนจุลินทรีย์ไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) แต่สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ลงได้ ประมาณ 1-2 log cfu/g เมื่อเทียบกับเมล็ดทับทิมจากตัวอย่างไม่ล้าง การล้างด้วยคลอรีนมีจำนวนจุลินทรีย์นับได้ทั้งหมดลดลงได้มากที่สุด ในตัวอย่างที่เก็บรักษาในวันที่ 0, 2 และ 5 หลังจาก 5 วันแล้วไม่มีความแตกต่างกัน (ภาพที่ 25)



ภาพที่ 25 ผลของอุณหภูมิน้ำ (°C) และเวลาในการล้าง (นาที) ผลต่อจำนวนจุลินทรีย์นับได้ทั้งหมดบนเมล็ดทับทิมแก่ที่อายุการเก็บต่างๆ (วัน)

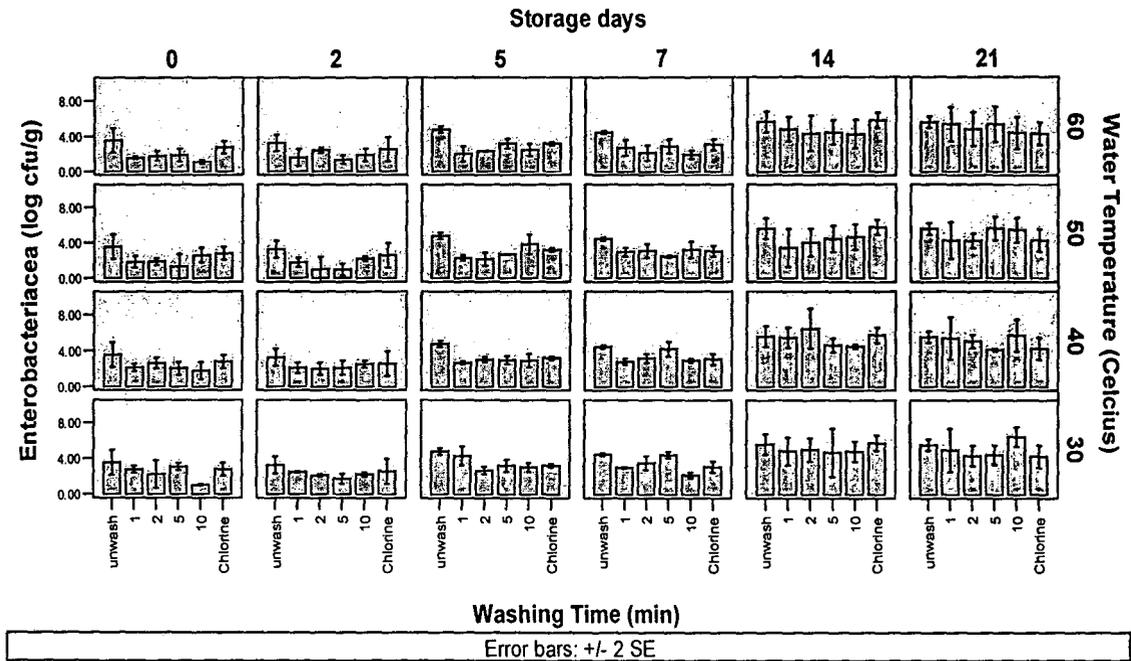
เมื่ออายุการเก็บเพิ่มขึ้น จำนวนจุลินทรีย์นับได้ทั้งหมดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยอายุการเก็บ 0 และ 2 วันไม่มีความแตกต่างกัน จำนวนจุลินทรีย์นับได้ทั้งหมดเพิ่มขึ้นเกิน เกณฑ์กำหนดของ UK Refrigerated Foods Association 4.7 log cfu/g (UK Refrigerated Foods Association 2002) หลังจากเก็บรักษาไว้ที่ 7 วัน

จำนวนยีสต์และรา เพิ่มขึ้นตลอดอายุการเก็บ น้ำร้อนที่ 60°C มีผลลดจำนวนยีสต์และรา ได้มากที่สุด (ลดลงได้ประมาณ 3 log) และหากใช้เวลาการล้างเพิ่มขึ้นสามารถลดได้มากขึ้น (ภาพที่ 26) แต่เมื่อหลังจากเก็บรักษาไว้ 7 วันผลการลดไม่แตกต่างกัน



ภาพที่ 26 ผลของอุณหภูมิน้ำ(°C) และเวลาในการล้าง (นาที) ผลต่อจำนวนยีสต์และราในเมล็ดทับทิมแกะที่อายุการเก็บต่างๆ (วัน)

จำนวน Enterobacteriaceae เพิ่มขึ้นเมื่ออายุการเก็บเพิ่มขึ้น แต่เพิ่มช้ากว่ายีสต์และรา และจุลินทรีย์นับได้ทั้งหมด หลังจาก 7 วัน จำนวน Enterobacteriaceae ในเมล็ดทับทิมไม่แตกต่างกันในวิธีการล้าง



ภาพที่ 27 ผลของอุณหภูมิน้ำ(°C) และเวลาในการล้าง (นาที) ผลต่อจำนวน Enterobacteriaceae ในเมล็ดทับทิมแคะที่อายุการเก็บต่างๆ (วัน)

6. การวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส

1. วิธีการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส

ใช้วิธีเดียวกับการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสของมะละกอสดตัดแต่งคือใช้วิธีที่ดัดแปลงจาก Qualitative Descriptive analysis: QDA (Stone 1992) ใช้ผู้ทดสอบเป็นนิสิตปริญญาตรี ในภาควิชาเทคโนโลยีการอาหารและโภชนศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ทำการคัดเลือกผู้ทดสอบตามวิธีของ ASTM; Guidelines for the selection and training of sensory panel training member ใช้เวลาคัดเลือกผู้ทดสอบ 2 เดือน ได้ผู้ทดสอบ จำนวน 14 คนที่มีคุณสมบัติสามารถแยกแยะความแตกต่างทางประสาทสัมผัสได้ในระดับค่อนข้างดี เป็นนิสิตชั้นปีที่ 4 ที่มีอายุระหว่าง 19-22 ปี เป็นหญิง 6 คน เป็นชาย 8 คน โดยแตกต่างจากผู้ทดสอบของมะละกอสดตัดแต่ง (เปลี่ยน ชาย 1 คน)

จากนั้นทำการฝึกฝนผู้ทดสอบตามวิธี QDA (Stone, 1992; Stone and Sidel, 2004) โดยประชุมกลุ่มกันเพื่อพัฒนาคำศัพท์เพื่ออธิบายคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส (Descriptive terms) ของเมล็ดทับทิมแคะใช้เวลาพัฒนาคำศัพท์ 3 session โดยในแต่ละ session ใช้เวลา 60-90 นาที โดยใช้เมล็ดทับทิมแคะใหม่ (มี Total soluble solid 15-18 brix) และแช่เย็นเป็นเวลา 3 วันในการพัฒนาคำศัพท์

6.2 ผลการพัฒนาคำศัพท์

ในการทดลองนี้ ผู้ทดสอบพัฒนาคำศัพท์ได้จำนวนน้อยกว่าคำศัพท์ที่ใช้อธิบายมะละกอ เนื่องจากตัวอย่างทับทิมไม่ค่อยมีความหลากหลายมากนัก และผู้ทดสอบไม่ได้รับประทานทับทิมสดเป็นประจำเช่นผลไม้อื่นๆ เมื่อได้คำศัพท์ทั้งหมดแล้ว นำคำศัพท์มาให้ผู้ทดสอบคัดเลือกคำที่จะใช้ในการสร้างแบบสอบถามเพื่อวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของเมล็ดทับทิมแกะต่อไป

ตารางที่ 6 คำศัพท์ทั้งหมดที่ผู้ทดสอบใช้พรรณนาลักษณะทางประสาทสัมผัส (Descriptive terms) ของเมล็ดทับทิมแกะ

หมวด (ลำดับที่รับรู้)	ศัพท์
ลักษณะปรากฏ	เป็นเม็ด ร่วน ชุ่ม และ ใส เหนอะหนะ เป็นเยื่อ สีชมพู สีแดง สีขาว มีเมล็ด เป็นเกร็ด เหลี่ยม ชุ่ม ฉ่ำน้ำ ตึง เที่ยว ผิวบาง มีน้ำในเม็ด ช้ำ คล้ำ ยุ่ย เยื่อ เมล็ดขาว เมล็ดชมพู
กลิ่น	หอมจางๆ หอมกุหลาบ ยางไม้ กลิ่นเปลือก กลิ่นขมคอ กลิ่นฝาด หอมมะยม กลิ่นใบไม้ กลิ่นเหล้าหมักบูด กลิ่นยาน้ำเด็ก กลิ่นสังเคราะห์
กัดและเคี้ยวในปาก	ฉะ เหนียว เหนอะหนะ เปราะ เป็นกาก เป็นเยื่อ แข็ง นิ่ม ฉ่ำน้ำ น้ำกลิ้ง เหลี่ยม เหนียวหนืด สิ้น เม็ดแตก ขบแล้วแตก แห้ง ร่วน เคี้ยวแตกดังเปาะ มีน้ำ เป็นเศษ ขบไม่แตก และ
หลังกลืน	เยื่อติดฟัน หวานติดคอ แสบคอ แสบลิ้น สากคอ ฝาด เคลือบปาก
รส	หวานปะแล่ม จืด หวานเหมือนน้ำตาลสด เจือจาง ฝาด เผื่อน ขม เค็ม เปรี้ยว

6.3 สรุปคำศัพท์ที่เลือกได้

กลุ่มผู้ทดสอบได้ร่วมกันคัดเลือกคำศัพท์จากแต่ละหมวด เพื่อใช้ในการสร้างสเกลประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเมล็ดทับทิมและในแต่ละการทดลอง และร่วมกันนิยามคำศัพท์ที่เลือกได้ดังนี้

ตารางที่ 7 คำศัพท์และนิยามที่ใช้ในการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเมล็ดทับทิมและ

คำศัพท์	นิยาม/ วิธีการประเมิน
กลิ่นหอม	ให้ดมเมล็ดทับทิมประเมินกลิ่นหอมของจากมีมากที่สุด ไปถึงไม่มีกลิ่น หรือกลิ่นแปลกปลอมอื่นๆ
สีแดง	ประเมินสีเนื้อมะละกอโดยการมองตรงๆจากสีแดงไปถึงสีซีด
ความเต่งของเมล็ด	ดูลักษณะความชุ่มชื้นและเต่งของเมล็ดทับทิมและ จากสดเต่งมากไปจนเมล็ดแตกและ
ความแห้ง	ระดับของความแห้งที่ผิวเมล็ดทับทิมและ จากแห้งไปจนถึงเป็นเมือก
ความหวาน	ชิมเนื้อเมล็ดทับทิมและประเมินความหวานจากหวานมากที่สุด (น้ำเชื่อม) ไปจนถึงซีด ไม่มีรส

และได้ทำการสร้างสเกลสำหรับประเมิน โดยใช้สเกลเส้นตรง ความยาว 6 นิ้ว (Stone 1992) โดยสเกลจะมีทั้งหมด 9 คะแนน เริ่มจากน้อยที่สุด หรือไม่มี ให้มีคะแนนเท่ากับ 0 ไปจนถึงมากที่สุด ให้มีคะแนน 9 คะแนน

ทำการฝึกฝนผู้ทดสอบให้ใช้สเกลประเมินได้อย่างถูกต้อง ใช้เวลาอีก 2 session ๆ ละ 90 นาที โดยใช้ตัวอย่างอาหารมาตรฐานในการฝึกฝนดังนี้

กลิ่นหอม ใช้น้ำทับทิม 100% ตราทิพย์โก้ เป็นคะแนนเท่ากับ 9 เมล็ดทับทิมและใหม่ เป็นคะแนนเท่ากับ 7 และเมล็ดทับทิมดิบ เป็นคะแนนเท่ากับ 0

สีแดง ใช้น้ำทับทิม 100% ตราทิพย์โก้ เป็นคะแนนเท่ากับ 9 เมล็ดทับทิมและใหม่ เป็นคะแนนเท่ากับ 7 และเมล็ดทับทิมดิบ เป็นคะแนนเท่ากับ 0

ความเต่งของเมล็ด เมล็ดทับทิมและใหม่ เป็นคะแนนเท่ากับ 9 และเมล็ดทับทิมหุบในถุงพลาสติก 5 ครั้ง เป็นคะแนนเท่ากับ 0

ความแห้ง เมล็ดทับทิมแกะใหม่ซั้บด้วยกระดาษชำระ เป็นคะแนนเท่ากับ 9 และเมล็ดทับทิมทูปในถุงพลาสติก 5 ครั้ง เป็นคะแนนเท่ากับ 0

ความหวานใช้ใช้น้ำทับทิม 100% ตราทิปโก้ เป็นคะแนนเท่ากับ 9 เมล็ดทับทิมแกะใหม่ เป็นคะแนนเท่ากับ 7 และเมล็ดทับทิมดิบ เป็นคะแนนเท่ากับ 0

6.4 การประเมิน

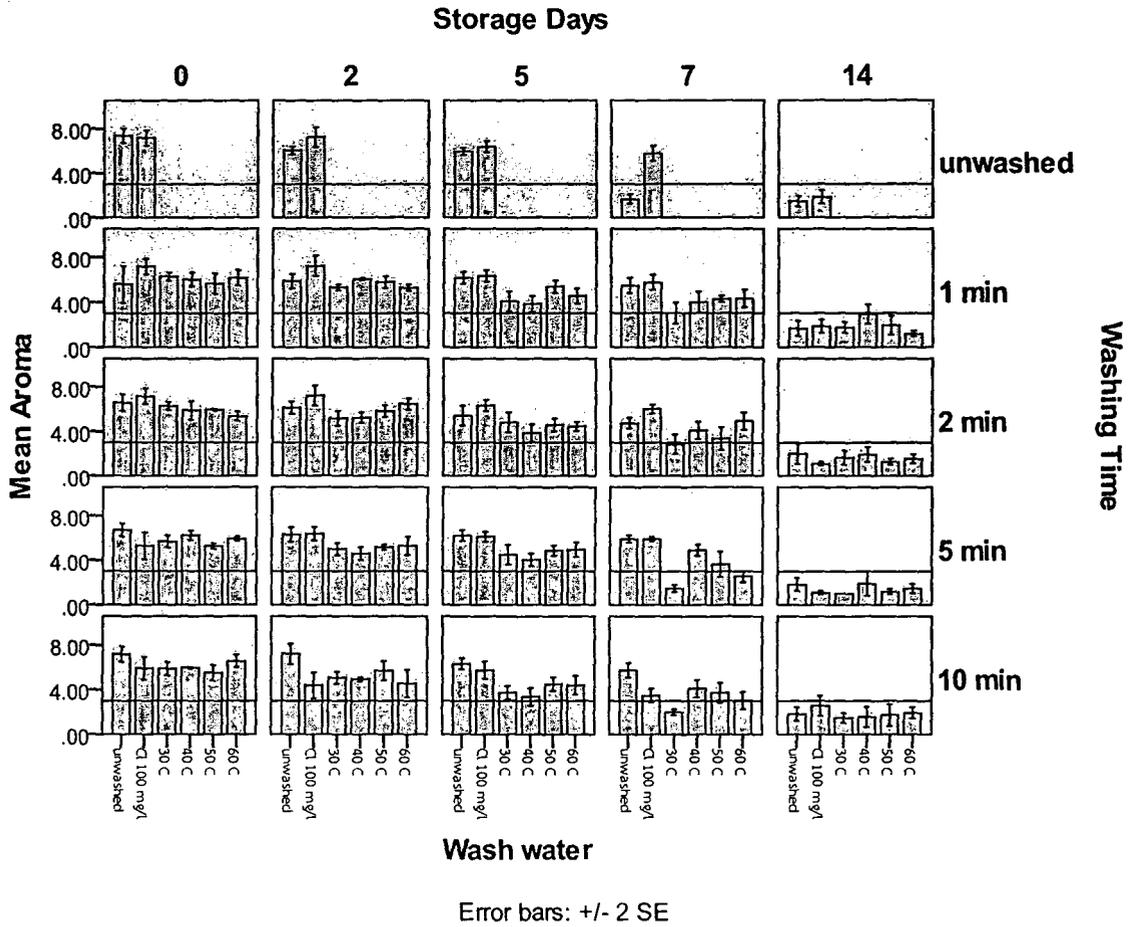
ผู้ทดสอบจะประเมินตัวอย่างเมล็ดทับทิมแกะหรีทเมนต์ต่างๆ ในแต่ละอายุการเก็บ สำหรับการทดสอบนั้นวางแผนการทดลองแบบ Balance block design (Stone, 1992) โดยมีผู้ทดสอบชิม 11 คน 1 หรีทเมนต์จะมีผู้ทดสอบชิม 4 คน ชิมในช่วงเวลาระหว่าง 16:00-18:00 น. ในแต่ละวันที่ครบอายุการเก็บ โดยตัวอย่างที่เตรียมจะเป็นตัวอย่างจากเมล็ดทับทิมแกะรุ่นเดียวกับการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์

การเตรียมตัวอย่างเมล็ดทับทิมแกะใช้น้ำหนักประมาณ 35-40 g บรรจุลงในถาด Styrofoam สีขาว ขนาด บรรจุในฟิล์มพลาสติกชนิด PD 900 (Cryovac, USA, oxygen transmission rate of 3000 ml O₂ / day m² atm at 23°C) ปิดผนึกด้วยความร้อน และเก็บรักษาในตู้เย็นที่ โดยมี สุ่มตัวอย่างที่ หลังบรรจุ (0) 2, 5, 7, 14 และ 21 วัน

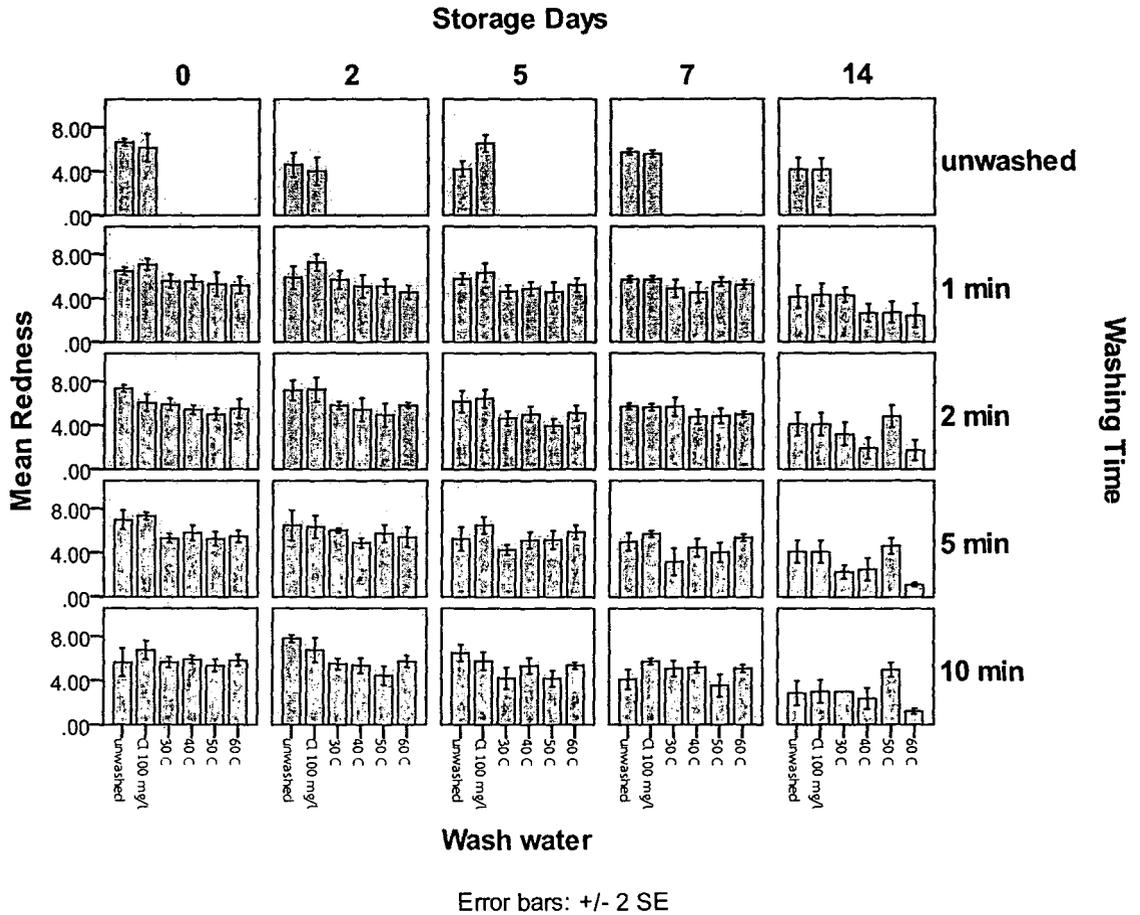
ผู้ทดสอบประเมินตัวอย่างเมล็ดทับทิมแกะภายใต้แสงสีขาว ในช่องทดสอบแยกส่วนของห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีอาหาร โดยระหว่างตัวอย่างกำหนดให้ผู้ทดสอบกลั้วปากด้วยน้ำสะอาดก่อนชิม ตัวอย่างต่อไป

7. ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของเมล็ดทับทิมแกะในแต่ละอายุการเก็บ

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของเมล็ดทับทิมแกะจากผลที่ล้างด้วยสภาวะต่างๆในแต่ละอายุการเก็บแสดงในภาพที่ 28-32 อุณหภูมิน้ำล้างและเวลาในการล้างมีผลต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของเมล็ดทับทิมแกะ(ภาพที่ 28) โดยการใช้อุณหภูมิสูงและเวลาสูงขึ้นกลิ่นจะลดลง ($P < 0.05$) เมล็ดทับทิมแกะจากผลไม่ล้างและล้างด้วยคลอรีนมีลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นดีกว่าสภาวะการล้างอื่นๆ และเมื่ออายุการเก็บเพิ่มขึ้นกลิ่นลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) และผู้ทดสอบให้ข้อสังเกตว่าเมล็ดทับทิมแกะมีกลิ่นคล้ายตู้เย็นเพิ่มขึ้น

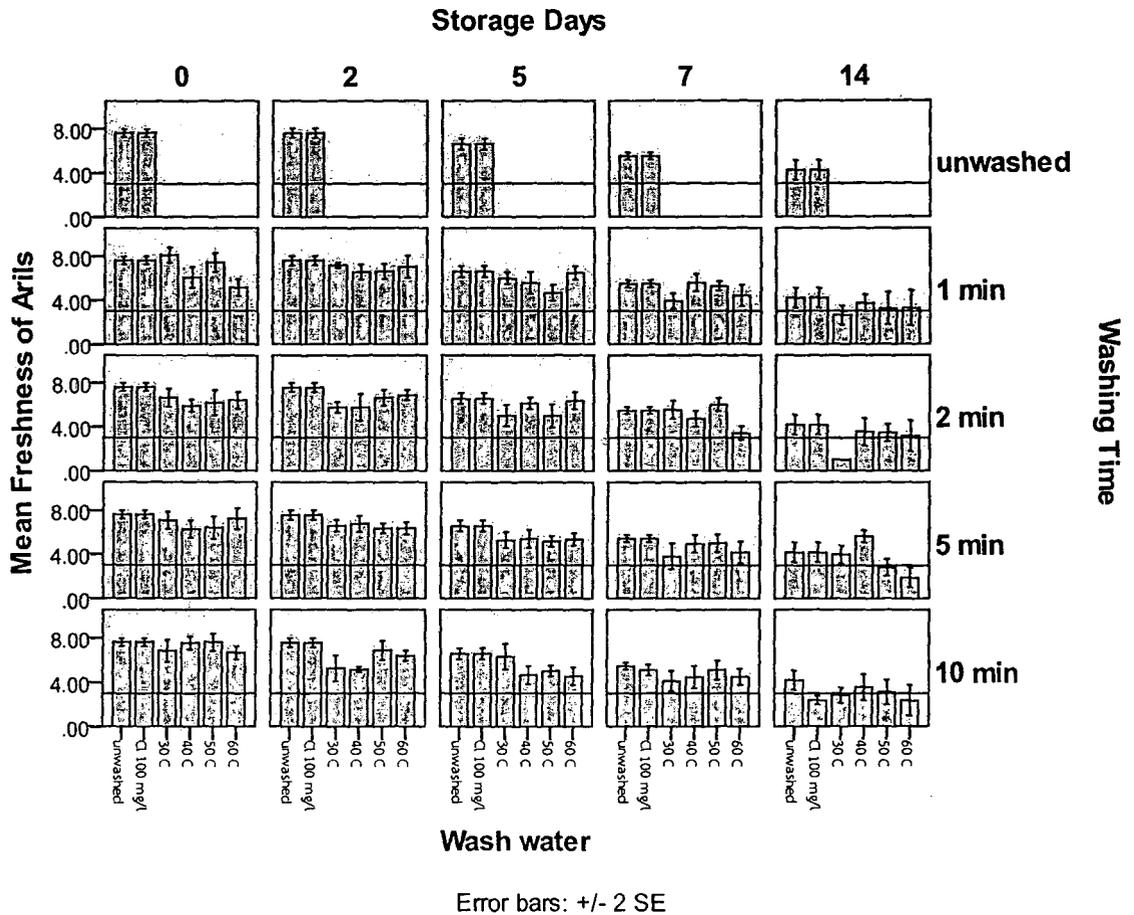


ภาพที่ 28 ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของเมล็ดทับทิมและ ลำงผลที่สภาวะและอายุการเก็บต่างๆ (คะแนน 9 คือมากที่สุด และ 1 น้อยที่สุด หากคะแนนต่ำกว่า 3 แสดงว่าไม่เป็นที่ยอมรับ ปฏิเสธที่จะชิม (unmarketable/ reject to test)



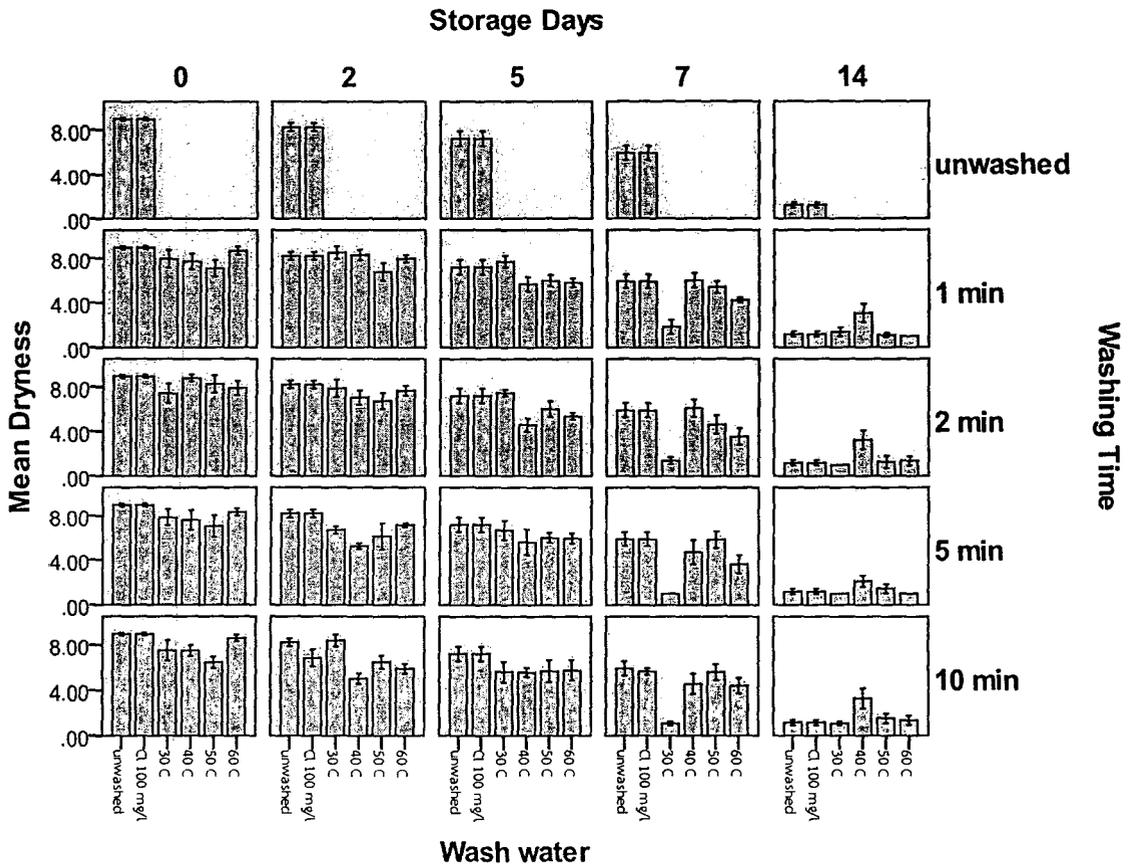
ภาพที่ 29 ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านสีแดงของเมล็ดทับทิมแกะ ล้างผลที่สภาวะและอายุการเก็บต่างๆ (คะแนน 9 คือมากที่สุด และ 1 น้อยที่สุด หากคะแนนต่ำกว่า 3 แสดงว่าไม่เป็นที่ยอมรับ ปฏิเสธที่จะชิม (unmarketable/ reject to test)

อุณหภูมิน้ำล้างและเวลาในการล้างไม่มีผลต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านสีแดงของเมล็ดทับทิมแกะ (ภาพที่ 29) ($P > 0.05$) เมล็ดทับทิมแกะจากผลไม่ล้างและล้างด้วยคลอรีนมีลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นดีสภาวะอื่นๆ อายุการเก็บมีผลต่อสีของเมล็ดทับทิมแกะอายุการเก็บเพิ่มขึ้นสีของเมล็ดทับทิมเปลี่ยนแปลง อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)



ภาพที่ 30 ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านความเต่งของเมล็ดทับทิมแกะ ล้างผลที่สภาวะและอายุการเก็บต่างๆ (คะแนน 9 คือมากที่สุด และ 1 น้อยที่สุด หากคะแนนต่ำกว่า 3 แสดงว่าไม่เป็นที่ยอมรับปฏิเสธที่จะชิม (unmarketable/ reject to test))

อุณหภูมิน้ำล้างและเวลาในการล้างมีผลต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านความเต่งของเมล็ดทับทิมแกะ (ภาพที่ 30) โดยการใช้อุณหภูมิสูงและเวลาสูงขึ้นความเต่งจะลดลง ($P < 0.05$) และเมื่ออายุการเก็บเพิ่มความเต่งลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) การล้างผลที่ 10 นาที ทำให้เมล็ดทับทิมแกะมีความเต่งน้อยกว่าตัวอย่างอื่นๆเมื่ออายุการเก็บเพิ่มขึ้น ในตัวอย่างที่ล้างด้วยคลอรีน 100 mg/L และไม่ล้างไม่มีความแตกต่างกันและไม่แตกต่างในช่วงต้นของอายุการเก็บ (2-5 วัน)



Error bars: +/- 2 SE

ภาพที่ 31 ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านความแห้งของเมล็ดทับทิมแกะ ล้างผลที่สภาวะและอายุการเก็บต่างๆ (คะแนน 9 คือมากที่สุด และ 1 น้อยที่สุด หากคะแนนต่ำกว่า 3 แสดงว่าไม่เป็นที่ยอมรับปฏิเสธที่จะชิม (unmarketable/ reject to test)

อายุการเก็บมีผลต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสความแห้งของเมล็ดทับทิมแกะ(ภาพที่ 31) และโดยการใช้เวลาสูงขึ้นความแห้งจะลดลง ($P < 0.05$) เมล็ดทับทิมแกะจากผลไม่ล้างและล้างด้วยคลอรีนมีลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นดีสภาวะอื่นๆ ตัวอย่างที่ล้างด้วยน้ำอุณหภูมิ 30 °C เน่าเสียในวันที่ 7 จึงได้คะแนนต่ำกว่าตัวอย่างอื่นๆ

เมื่ออายุการเก็บเพิ่มขึ้น ค่าความหวานลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ตัวอย่างที่ล้างด้วยน้ำอุ่นอุณหภูมิ 30 °C เน่าเสียในวันที่ 7 จึงได้คะแนนต่ำกว่าตัวอย่างอื่นๆ และผู้ทดสอบปฏิเสธที่จะชิมตัวอย่างในอายุการเก็บ

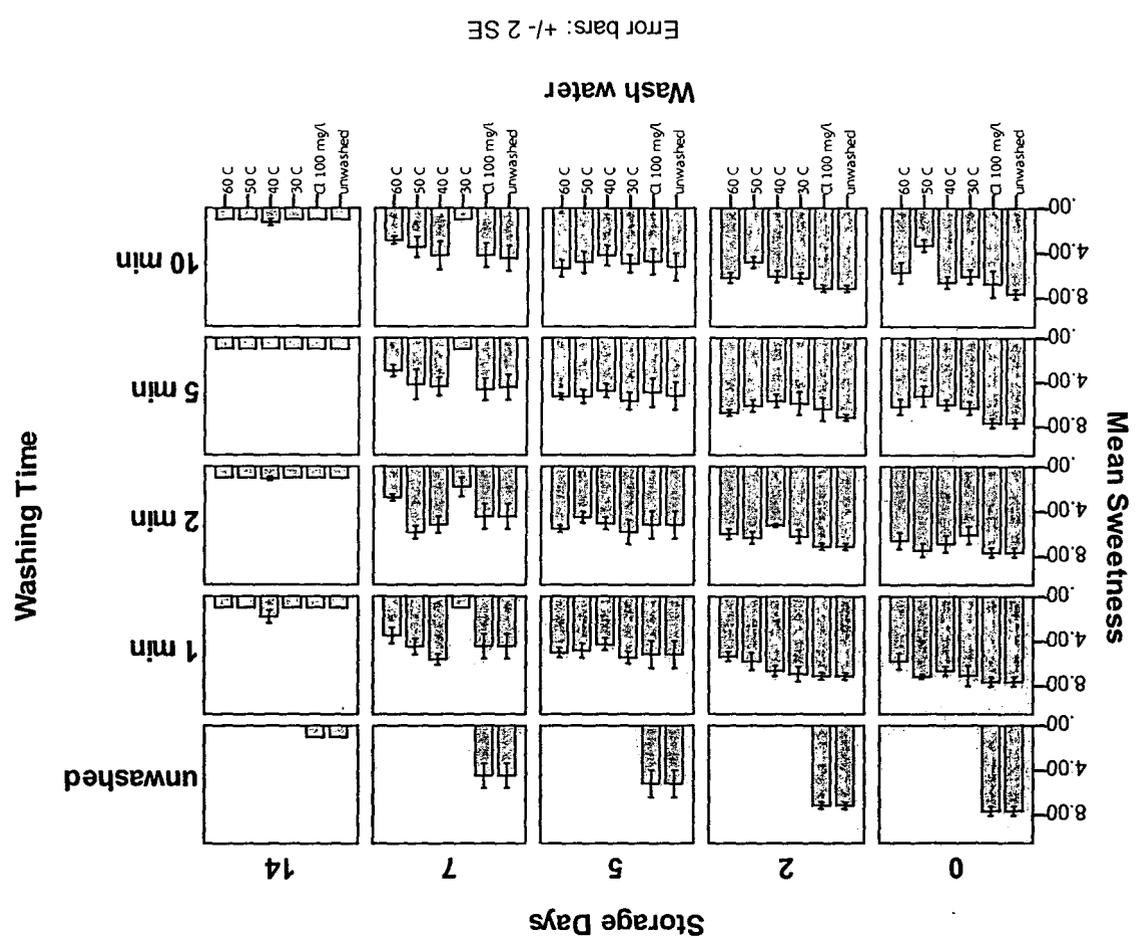
เฉลี่ยต่ำกว่าในหน่วยความหวานที่หมดไปแล้ว

ปริมาณความหวานลดลง ซึ่งอาจสัมพันธ์กับอัตราการเปลี่ยนแปลงในปริมาณความชื้น เมื่อเวลาผ่านไป แต่เมื่อเทียบกับความแตกต่างของความชื้นที่เปลี่ยนแปลงแล้ว การใช้เวลาในการ

ยอมรับปฏิเสธที่จะชิม (unmarketable/ reject to test)

และอายุการเก็บต่างๆ (คะแนน 9 คือมากที่สุด และ 1 น้อยที่สุด หากคะแนนต่ำกว่า 3 แสดงว่าไม่เป็นที่

ภาพที่ 32 ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางปริมาณที่สัมพันธ์กับความหวานของเมล็ดทุเรียนแช่และล้างที่ระยะเวลา



8. สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

การใช้น้ำร้อน ≥ 50 °C และคลอรีน 100 ppm มีผลลดจำนวนจุลินทรีย์ปนเปื้อนในเมล็ดทับทิมแก่ได้อย่างมีนัยสำคัญหลังการปอกและเตรียม แต่จุลินทรีย์สามารถเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นเมื่ออายุการเก็บเพิ่มขึ้น เนื่องจากการแก่ผลทับทิมต้องใช้มือสัมผัสมาก ผลทับทิมอาจต้องมีมาตรการอื่นเพื่อป้องกันการปนเปื้อนเริ่มต้น เช่นการดูแลความสะอาดในแปลง ความสะอาดของถุงห่อและภาชนะขนส่ง หรือใช้สารฆ่าเชื้ออื่นๆ ส่วนการแปรรูปเป็นเมล็ดทับทิมแก่ต้องมีความระมัดระวังเป็นอย่างมาก

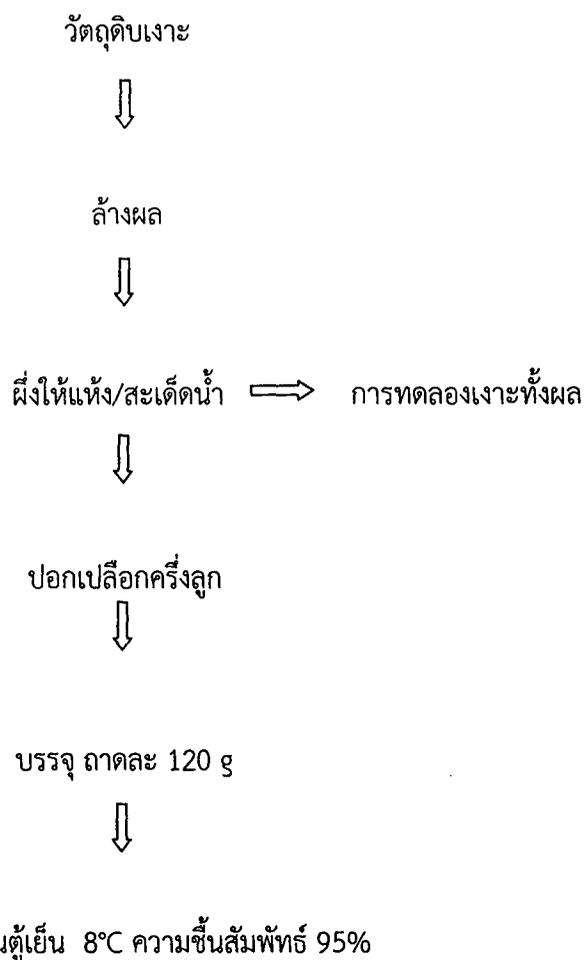
อายุการเก็บและเวลาในการล้างมีผลต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสของเมล็ดทับทิม เมื่อเวลาในการล้างเพิ่มขึ้นคุณภาพทางประสาทสัมผัสลดลง สอดคล้องกับจำนวนจุลินทรีย์ ซึ่งการล้างที่นานขึ้นทำให้จุลินทรีย์กระจายในน้ำและปนเปื้อนสู่มือผู้เตรียมได้ดีขึ้น

ผลงานวิจัยที่ 3.

การศึกษาผลการใช้น้ำร้อนในการลดจำนวนจุลินทรีย์ปนเปื้อนในเงาะทั้งผลและเงาะสดตัดแต่ง

1. ผลเงาะ

การศึกษานี้ใช้ตัวอย่างผลเงาะสดพันธุ์โรงเรียน จากอำเภอนาสารเก็บเกี่ยวระหว่าง เดือนพฤษภาคม ถึงเดือน กรกฎาคม ใช้เป็นตัวอย่างเงาะในฤดู (in season) และเก็บเกี่ยวระหว่างเดือนกันยายน เป็นตัวอย่างเงาะนอกฤดู (off season) เงาะสดถูกขนส่งจากผู้ผลิตโดยตรงจากร้านผลไม้ ในจังหวัดมหาสารคาม ใช้ระยะเวลา 1 คืนเพื่อมาถึงยังห้องปฏิบัติการภาควิชาเทคโนโลยีการอาหารและโภชนศาสตร์ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม



ภาพที่ 33 ขั้นตอนการเตรียมและล้างเงาะ

2. แผนการทดลองอุณหภูมิและเวลาในการล้าง

ในการทดลองนี้ได้รับคำแนะนำจากนักวิจัยที่เลี้ยง จึงได้ปรับแผนการทดลองโดยเพิ่มการใช้สารละลายคลอรีนเข้ามาช่วยด้วย และตัดเวลาการล้าง 1 นาทีออก จึงได้แผนการทดลองดังนี้

1. ไม่ล้าง (ควบคุม)
2. ล้างด้วยน้ำคลอรีน 100 mg/L
3. ล้างด้วยกลิ่น อุณหภูมิ $30\pm 2^{\circ}\text{C}$ (ใช้ 30°C เนื่องจาก เป็นอุณหภูมิน้ำประปาในขณะที่ทำการทดลอง)
4. ล้างด้วยน้ำกลิ่นอุณหภูมิ 40°C
5. ล้างด้วยน้ำกลิ่นอุณหภูมิ 50°C
6. ล้างด้วยน้ำกลิ่นอุณหภูมิ 60°C

โดยแปรเวลาในการล้าง เป็นเวลา 2, 5 และ 10 นาที ใช้ อ่างควบคุมอุณหภูมิและมีกวนน้ำอย่างสม่ำเสมอ ศึกษาอายุการเก็บที่ 0 2 7 และ 14 วัน

การวิเคราะห์ข้อมูลแยกเป็นตัวอย่างเงาะในฤดูและเงาะนอกฤดูเป็น 2 การทดลองเนื่องจาก คุณภาพของเงาะ ทั้งสองรุ่นแตกต่างกันมาก

3. การวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์

ตัวอย่างที่นำไปวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ได้แก่ ผลเงาะสดของแต่ละสภาวะการล้าง (ทรีทเมนต์) และตัวอย่างเงาะสดตัดแต่งในแต่ละอายุการเก็บ ใช้ตัวอย่าง 25 g เจือจางกับ 0.1% peptone water ปริมาตร 225 ml และเจือจางลงตามลำดับที่เหมาะสม

1. วิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์นับได้ทั้งหมด (total plate count) ใช้วิธีของ HFPB Canada, (2001) ด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อ Standard methods agar (PCA, Difco Difco Detroit, USA) บ่มที่ 30°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

2. วิเคราะห์จำนวน ยีสต์และรา ใช้วิธีของ HFPB Canada, (2002) ด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อ Dichloran-Rose Bengal-Chloramphenical Agar (Difco Detroit, USA) บ่มที่ 25°C เป็นเวลา 36-72 ชั่วโมง

3. Enterobacteriace และ *E. Coli* ด้วย Violet Red Bile Glucose Agar (Criterion ,France) บ่มที่ $35\pm 2^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 18-24 ชั่วโมง และยืนยัน (confirm) ผลตามวิธีของ MFLP43 (HPB, Canada 1997) วิเคราะห์เฉพาะในตัวอย่างเงาะสดตัดแต่ง

3.1 ผลการใช้ น้ำร้อนล้างต่อการลดจำนวนจุลินทรีย์ในผลเงาะ

ผลเงาะนอกฤดูมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด และจำนวนยีสต์และราแตกต่างจากผลเงาะในฤดู ($p \leq 0.05$) โดยเงาะนอกฤดูมีจำนวน จุลินทรีย์ทั้งหมดเฉลี่ย $8.71 \pm 0.23 \log \text{ cfu/g}$ มีจำนวนยีสต์และราเฉลี่ย $7.28 \pm 0.52 \log \text{ cfu/g}$ เงาะในฤดูมีจุลินทรีย์ทั้งหมดเฉลี่ย $6.72 \pm 0.27 \log \text{ cfu/g}$ มีจำนวนยีสต์และราเฉลี่ย $5.68 \pm 1.17 \log \text{ cfu/g}$ การเพิ่มอุณหภูมิของน้ำล้างมีผลทำให้สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ได้เพิ่มขึ้น การล้างด้วยน้ำอุณหภูมิ 30 หรือ 40 เป็นเวลา 2 นาทีให้ผลการลดจำนวนจุลินทรีย์ไม่แตกต่างกัน

การล้างด้วยน้ำร้อน อุณหภูมิ 60°C 5 หรือ 10 นาที ให้ผลต่อการลดลงของจำนวน จุลินทรีย์ทั้งหมด และยีสต์และรามากกว่า การล้างด้วยน้ำล้างอื่นๆ (ตารางที่ 8) โดยเฉพาะน้ำเปล่าอุณหภูมิปกติ และน้ำคลอรีน 100mg/L หรือ น้ำร้อนที่ อุณหภูมิ 60°C 5 หรือ 10 นาที มีประสิทธิภาพในการลดจุลินทรีย์ ร่องลงมา ลดจำนวนจุลินทรีย์ได้ไม่แตกต่างกัน จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดและยีสต์และรามีการเพิ่มขึ้นระหว่าง เก็บรักษา หลังจากอายุการเก็บ 7 วันปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและยีสต์และราในทุกตัวอย่างการล้างไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$)

ตารางที่ 8 การลดลงของจุลินทรีย์นับได้ทั้งหมด ($\log \text{ cfu/g}$) บนผลเงาะหลังการล้างน้ำที่สภาวะต่างๆ (ข้อมูลจากตัวอย่างเงาะ 3 ซ้ำการทดลอง $n=8$)

Wash water treatments	Min	Reduction relative to unwashed ($\log \text{ cfu/g}$)			
		Sample off season		Sample in season	
		Total count	Yeast Mold	Total count	Yeast Mold
Unwashed ($\log \text{ cfu/g}$)		8.18 ± 0.14	6.93 ± 0.22	6.45 ± 0.31	4.03 ± 0.13
Cl ₂ 100 mg/L	2 min	$2.54 \pm 0.13\text{a}$	$1.54 \pm 0.80\text{a}$	$2.21 \pm 1.81\text{a}$	$1.09 \pm 0.25\text{a}$
	30°C	$2.40 \pm 1.86\text{a}$	$1.19 \pm 1.11\text{a}$	$2.10 \pm 0.76\text{a}$	$0.23 \pm 0.84\text{a}$
	40°C	$2.31 \pm 0.52\text{a}$	$1.34 \pm 0.85\text{a}$	$2.24 \pm 1.23\text{ab}$	$0.53 \pm 0.27\text{a}$
	50°C	$3.80 \pm 1.10\text{b}$	$2.28 \pm 1.45\text{ab}$	$2.92 \pm 0.62\text{ab}$	$1.83 \pm 0.07\text{a}$
	60°C	$4.31 \pm 0.93\text{c}$	$3.37 \pm 0.91\text{c}$	$3.79 \pm 1.55\text{c}$	$3.20 \pm 0.66\text{b}$

ตารางที่ 8 การลดลงของจุลินทรีย์นับได้ทั้งหมด (log cfu/g) บนผลเงาะหลังการล้างน้ำที่สภาวะต่างๆ (ข้อมูลจากตัวอย่างเงาะ 3 ซ้ำการทดลอง n=8) (ต่อ)

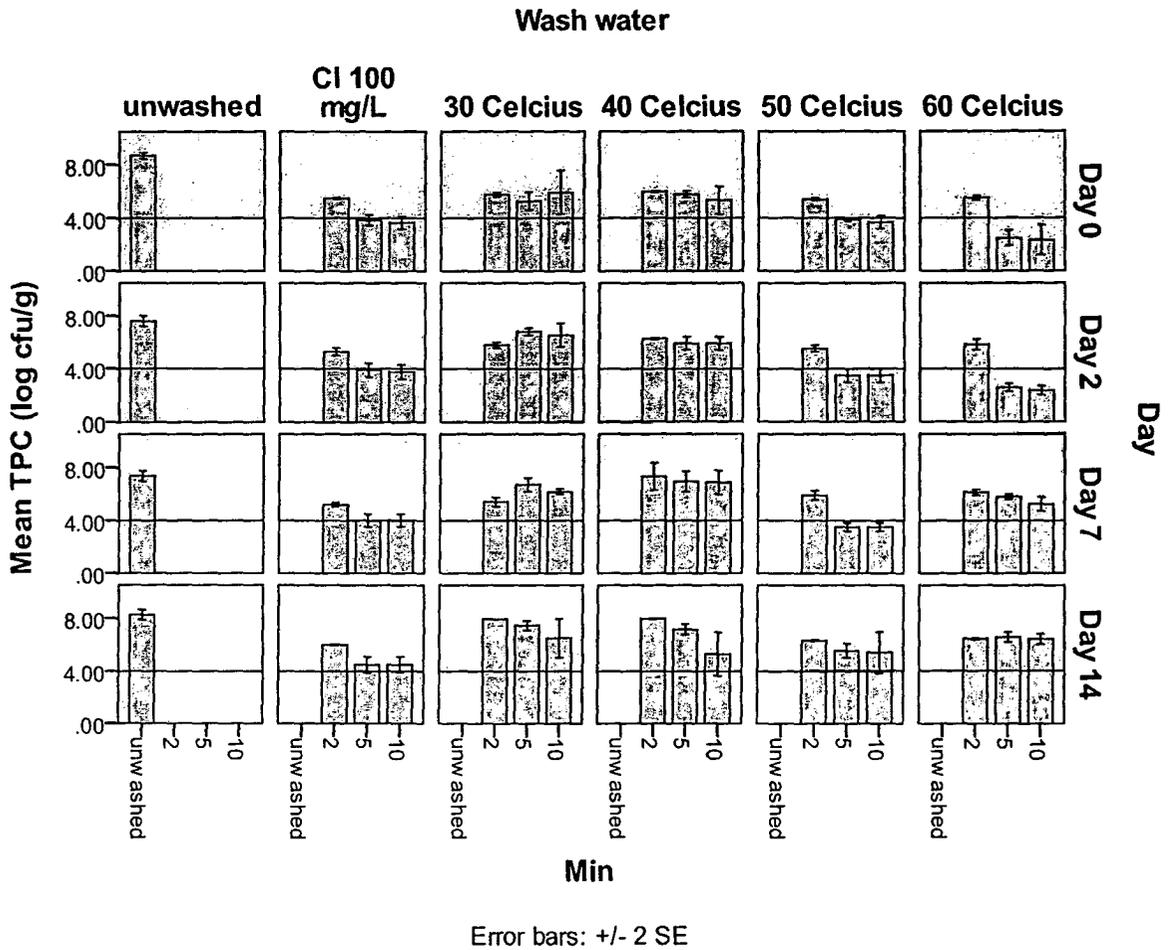
Wash water treatments	Min	Reduction relative to unwashed (log cfu/g)			
		Sample off season		Sample in season	
		Total count	Yeast Mold	Total count	Yeast Mold
Unwashed (log cfu/g)		8.68±0.19	7.13±0.23	6.70 ±0.30	4.63±0.13
Cl ⁻ 100 mg/L	5 min	4.84±0.53b	1.84±0.20a	3.81 ±1.61bc	0.49±0.77ab
	30°C	3.40±1.32a	2.39±0.11b	2.05 ±0.77a	0.63±0.34b
	40°C	2.91±0.72a	1.74±0.25a	3.29 ±0.22ab	-0.08±0.07a
	50°C	4.80±0.10b	2.23±0.15ab	4.92 ±0.66c	1.03±0.16a
	60°C	6.21±0.53c	6.47±0.92c	4.99 ±0.95c	2.30±0.86c
Unwashed (log cfu/g)		8.75± 0.31	7.43±0.75	6.73±0.31	6.73±0.31
Cl ⁻ 100 mg/L	10 min	5.11 ±0.58b	1.92± 0.58a	4.24± 0.93b	4.63±0.12c
	30°C	3.18 ±1.32a	2.47± 1.32b	2.13 ±0.70a	3.67±0.82b
	40°C	3.41± 0.72a	2.24±0.72ab	3.38 ±0.29ab	2.20±0.36a
	50°C	5.08± 0.27b	2.63±0.27b	4.89 ±0.69b	3.32±0.52ab
	60°C	6.58 ±0.89c	6.67±0.89c	4.90± 0.51b	4.33±0.81bc

a,b,c... อักษรต่างกันในแนวตั้ง ระหว่างเวลาการล้างเดียวกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

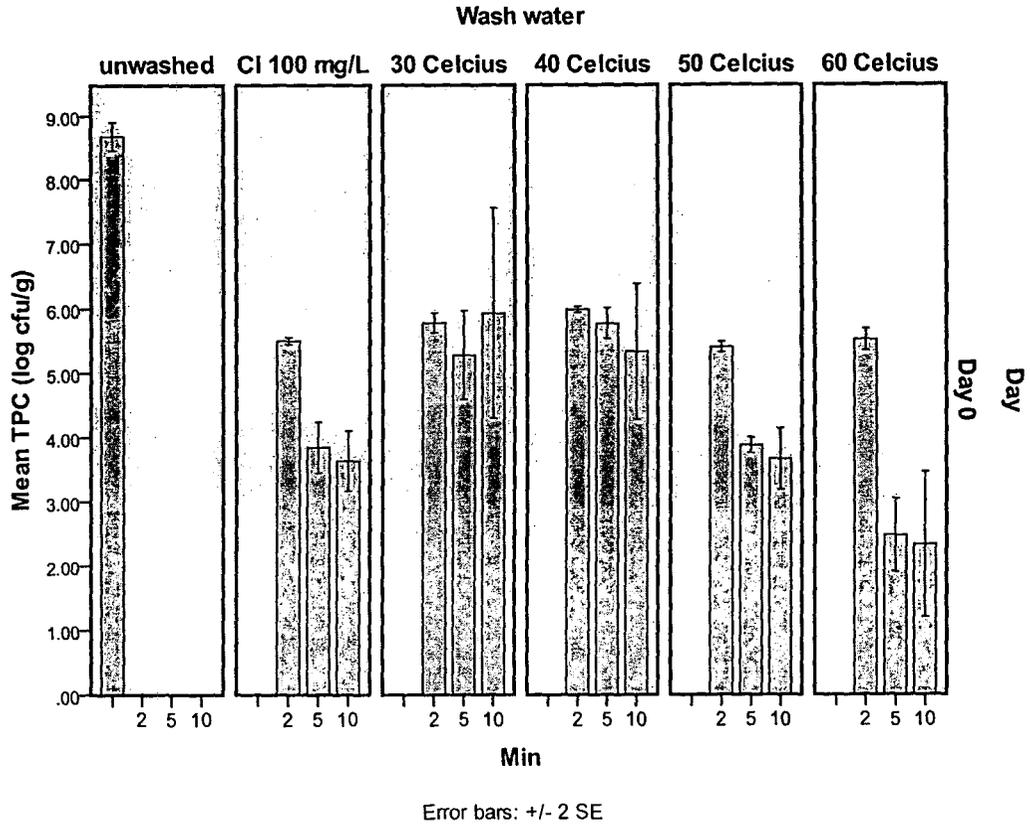
3.2 ผลการใช้น้ำร้อนล้างต่อการลดจำนวนจุลินทรีย์ในเงาะสดตัดแต่ง

3.2.1 การทดลองเงาะนอกฤดูการ

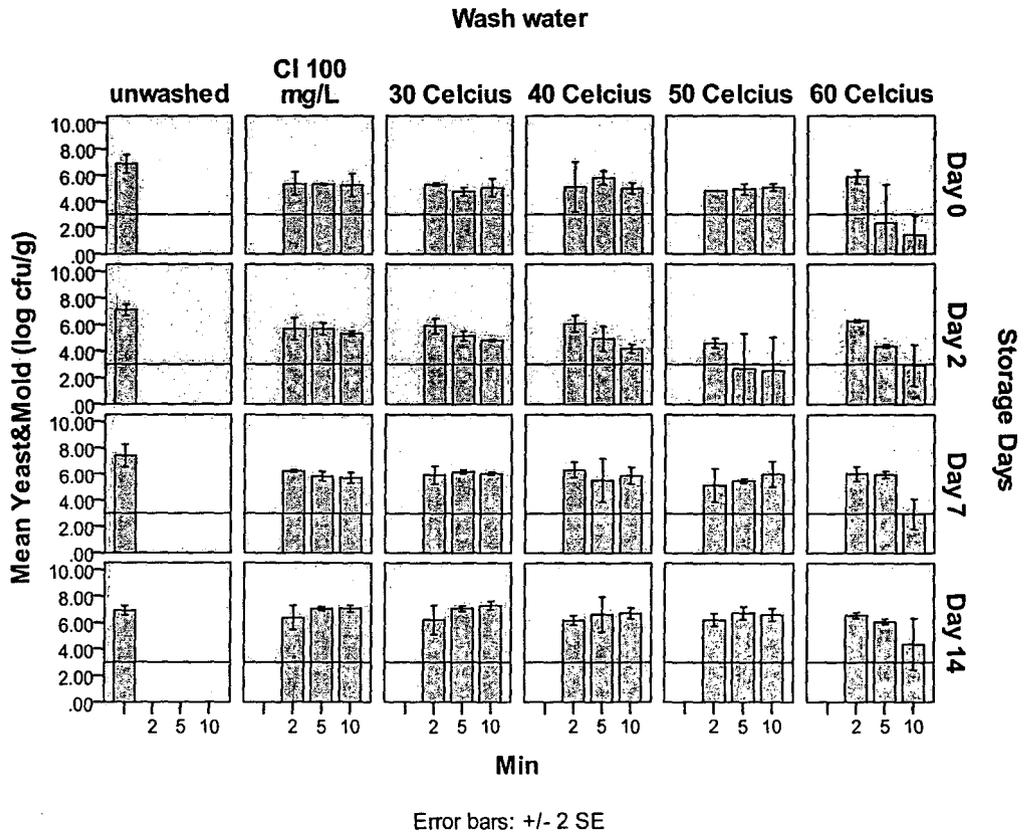
ในการทดลองเงาะนอกฤดูการ (ภาพที่ 34) พบว่าการล้างด้วยการล้างด้วยน้ำอุณหภูมิ 30 หรือ 40 เป็นเวลา 2 นาทีให้ผลการลดจำนวนจุลินทรีย์ไม่แตกต่างกัน และไม่แตกต่างกับเงาะสดตัดแต่งที่ไม่ได้ล้าง เมื่ออายุการเก็บรักษา 0 2 และ 7 วัน โดยในตัวอย่างสภาวะการล้าง นี้ จำนวนจุลินทรีย์นับได้ทั้งหมดเพิ่มขึ้น เมื่ออายุการเก็บเพิ่มขึ้น การใช้คลอรีน 100 mg/L มีผลลดจำนวนจุลินทรีย์นับได้ทั้งหมดไม่แตกต่างกับการใช้น้ำร้อนที่ 50°C และยังคงมีจำนวนจุลินทรีย์ไม่เกินระดับที่ยอมรับได้ตลอดอายุการเก็บรักษา การใช้น้ำร้อนที่ 60°C เป็นเวลา 5 และ 10 นาทีสามารถลดจำนวนจุลินทรีย์นับได้ทั้งหมดได้มากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ดังภาพที่ 35 แต่เมื่ออายุการเก็บมากกว่า 7 วัน จุลินทรีย์ที่เหลือรอดเพิ่มจำนวนขึ้นจนเกินระดับที่ยอมรับได้ (เกณฑ์อายุการเก็บตามคุณภาพทางจุลินทรีย์ของอาหารสดแช่เย็น UK Refrigerated Foods Association (UK Refrigerated Foods Association 2002)) เมื่ออายุการเก็บเพิ่มขึ้น จำนวนจุลินทรีย์นับได้ทั้งหมดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยอายุการเก็บ 0 และ 2 วันไม่มีความแตกต่างกัน ตัวอย่างเงาะที่ล้างด้วยคลอรีน 100 mg/L มีปริมาณจุลินทรีย์เปลี่ยนแปลงคงที่ตลอดอายุการเก็บ เมื่อพิจารณาจากอายุการเก็บ 7 วันของผู้ประกอบการต้องการ พบว่าการล้างด้วยน้ำคลอรีน และน้ำอุณหภูมิ 50 °C เป็นเวลา 5 นาที มีจำนวนจุลินทรีย์อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้



ภาพที่ 34 ผลของอุณหภูมิน้ำ(°C) และเวลาในการล้าง (นาที) ผลต่อจำนวนจุลินทรีย์นับได้ทั้งหมดของเงาะสดตัดแต่งที่อายุการเก็บต่างๆ (วัน) ผลการทดลองเงาะนอกฤดูการ



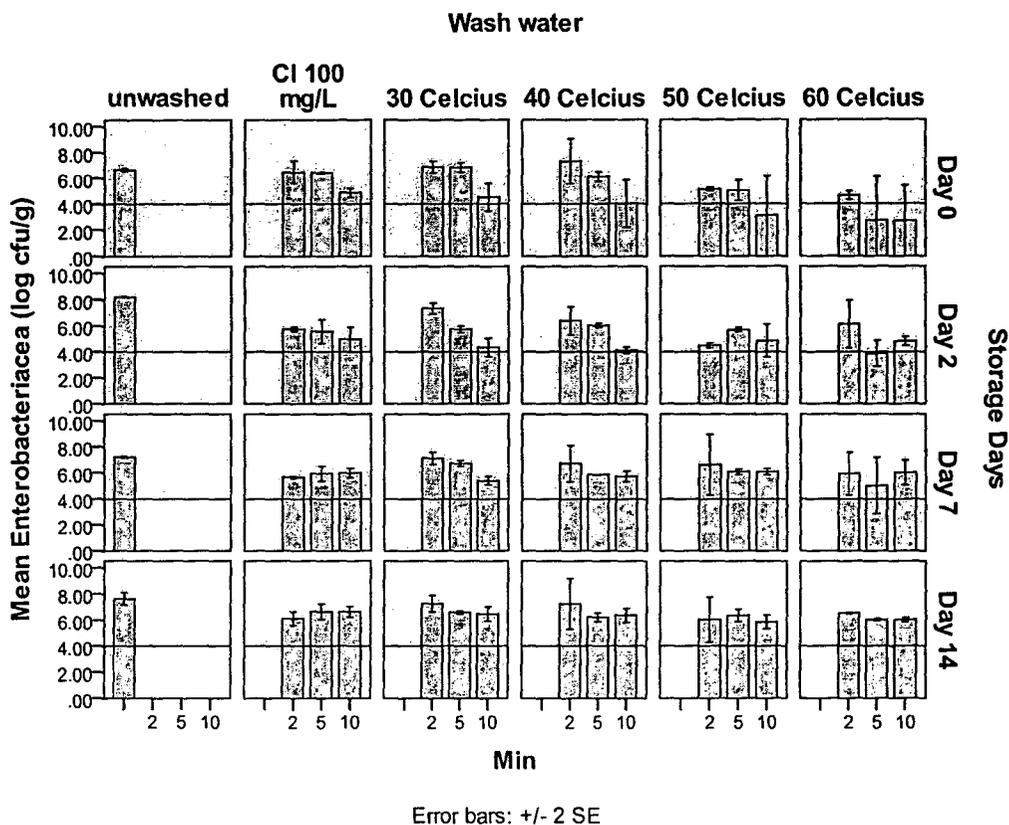
ภาพที่ 35 ผลของอุณหภูมิน้ำ(°C) และเวลาในการล้าง (นาที) ผลต่อจำนวนจุลินทรีย์นับได้ทั้งหมดของเงาะสดตัดแต่งหลังล้าง ผลการทดลองเงาะนอกฤดูตุลาคม



ภาพที่ 36 ผลของอุณหภูมิน้ำ(°C) และเวลาในการล้าง (นาที) ผลต่อจำนวนยีสต์และรา ของเงาะสดตัดแต่ง ที่อายุการเก็บต่างๆ ผลการทดลองเงาะนอกฤดูกลาง

จากการทดลองพบว่า เงาะนอกฤดูมีการปนเปื้อนของยีสต์และราเป็นจำนวนมาก และการล้างด้วย คลอรีน น้ำอุณหภูมิ 30°C 40°C และ 50 °C ไม่สามารถลดจำนวนยีสต์และราลงให้อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (3 log cfu/g) การใช้ความร้อนที่ 60 °C เป็นเวลา 5 และ 10 นาที สามารถลดจำนวนยีสต์และราลงให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ (ภาพที่ 36)

เมื่อนำเก็บรักษาในอุณหภูมิตู้เย็น ควบคุมที่ 4 °C ในระยะ 2 วันแรกของการเก็บรักษา จำนวนยีสต์ และราในแต่ละตัวอย่างลดลงเล็กน้อย แต่มีการเพิ่มขึ้นระหว่างเก็บรักษา หลังจากอายุการเก็บ 7 วันปริมาณ ยีสต์และราในทุกตัวอย่างการล้างนอกจาก การล้างที่ 60°C 10 นาที ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$)



ภาพที่ 37 ผลของอุณหภูมิน้ำ(°C) และเวลาในการล้าง (นาที) ผลต่อจำนวน Enterobacteriaceae ของเงาะสดตัดแต่งที่อายุการเก็บต่างๆ ผลการทดลองเงาะนอกฤดูตุกกาล

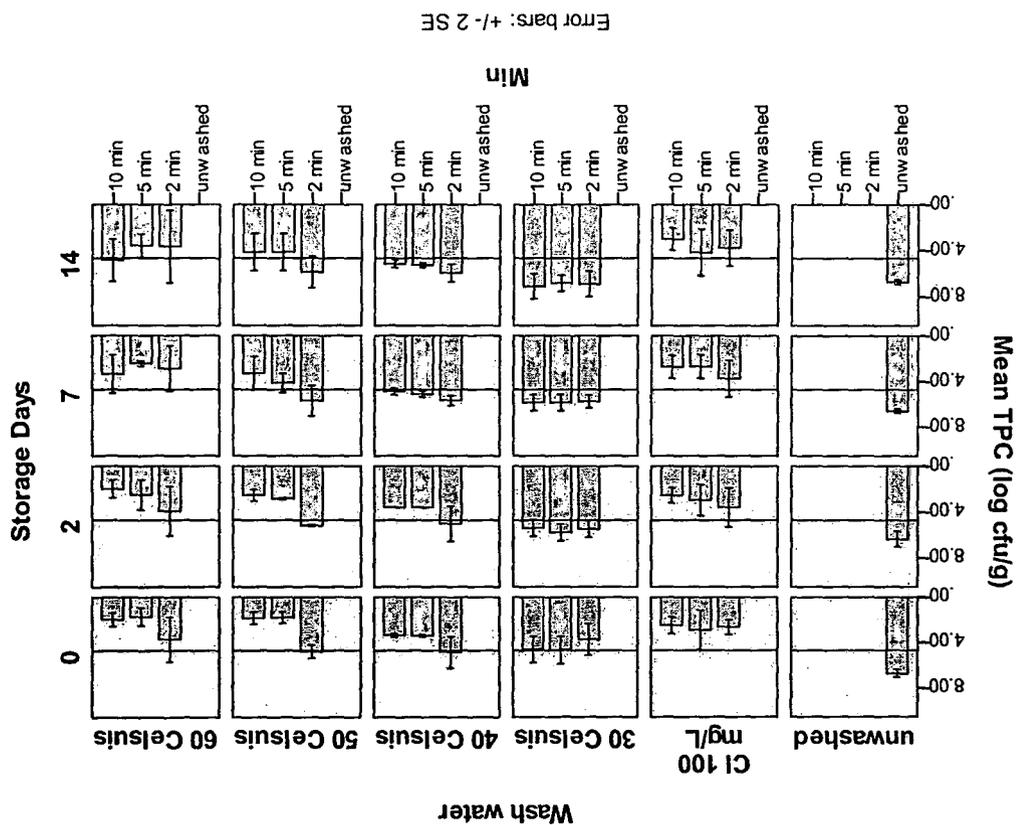
จากภาพที่ 37 ผลการล้างด้วย น้ำคลอรีน น้ำอุณหภูมิ 30°C 40°C และ 50 °C ไม่สามารถลดจำนวน Enterobacteriaceae ลงให้อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (4 log cfu/g) ต้องใช้น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 5 นาทีขึ้นไป จึงลดได้ แต่อย่างไรก็ตาม มีการเพิ่มจำนวนขึ้นของ Enterobacteriaceae ที่เหลือรอดระหว่างเก็บรักษา หลังจากอายุการเก็บ 7 วันปริมาณยีสต์และราในทุกตัวอย่างการล้างนอกจาก ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$)

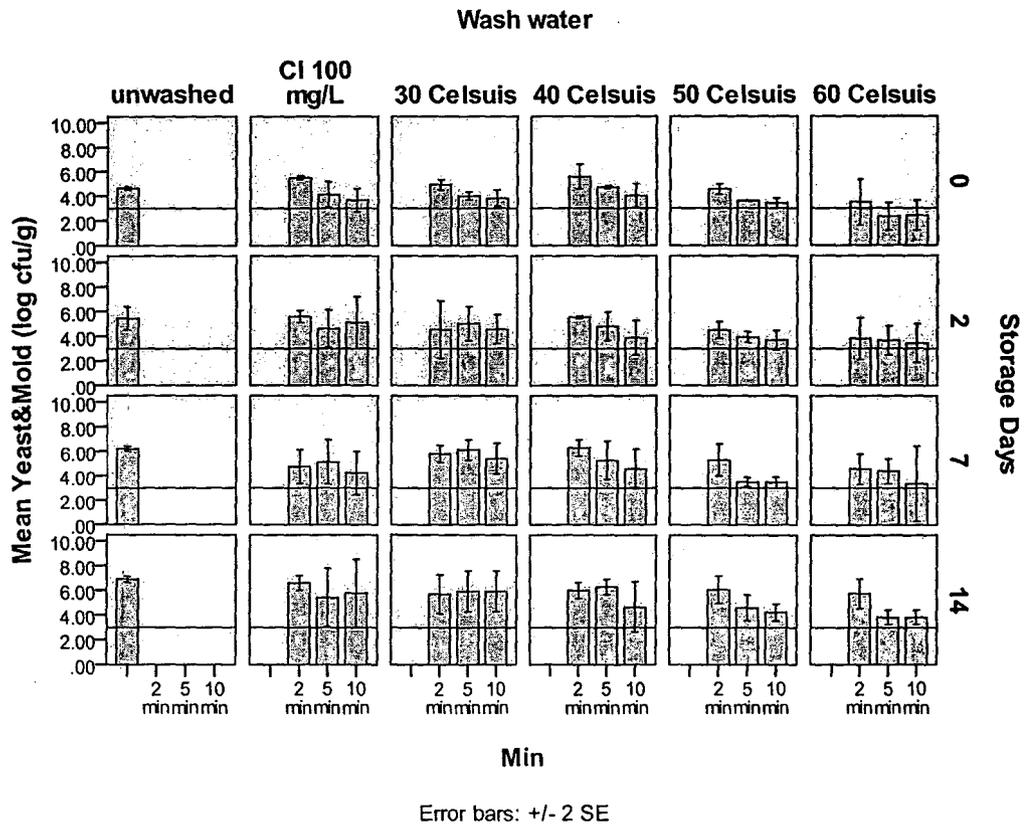
3.2.2 การทดลองเงาะนอกฤดูตุกกาล

เงาะในฤดูตุกกาลมีคุณภาพและปริมาณจุลินทรีย์น้อยกว่าเงาะนอกฤดูตุกกาลทำให้สามารถเห็นประสิทธิภาพของการล้างมากกว่า การล้างทุกสภาวะมีผลลดจำนวนจุลินทรีย์นับได้ทั้งหมดลงได้ แต่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิและเพิ่มเวลาในการล้างจะลดจำนวนจุลินทรีย์ได้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

เมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นแนวโน้มของปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่รอดรอดจะเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นได้ การล้างด้วยน้ำคลอรีน 100 mg/L ที่เวลา 2.5 และ 10 นาที ลดจำนวนจุลินทรีย์ที่รอดรอดในตัวอย่างที่เก็บรักษาไว้ได้มากกว่าการล้างด้วยน้ำร้อน การเก็บรักษา 7 วัน การล้างด้วยน้ำ 30°C ลดจำนวนจุลินทรีย์ที่รอดรอดได้มากกว่าการล้างด้วยน้ำเย็น การล้างด้วยน้ำร้อนเพิ่มจำนวนของเชื้อจุลินทรีย์ที่รอดรอดอายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นมากกว่าการล้างด้วยน้ำเย็น การล้างด้วยน้ำร้อนจำนวนอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ตลอดอายุการเก็บรักษา 14 วัน ที่ศึกษา

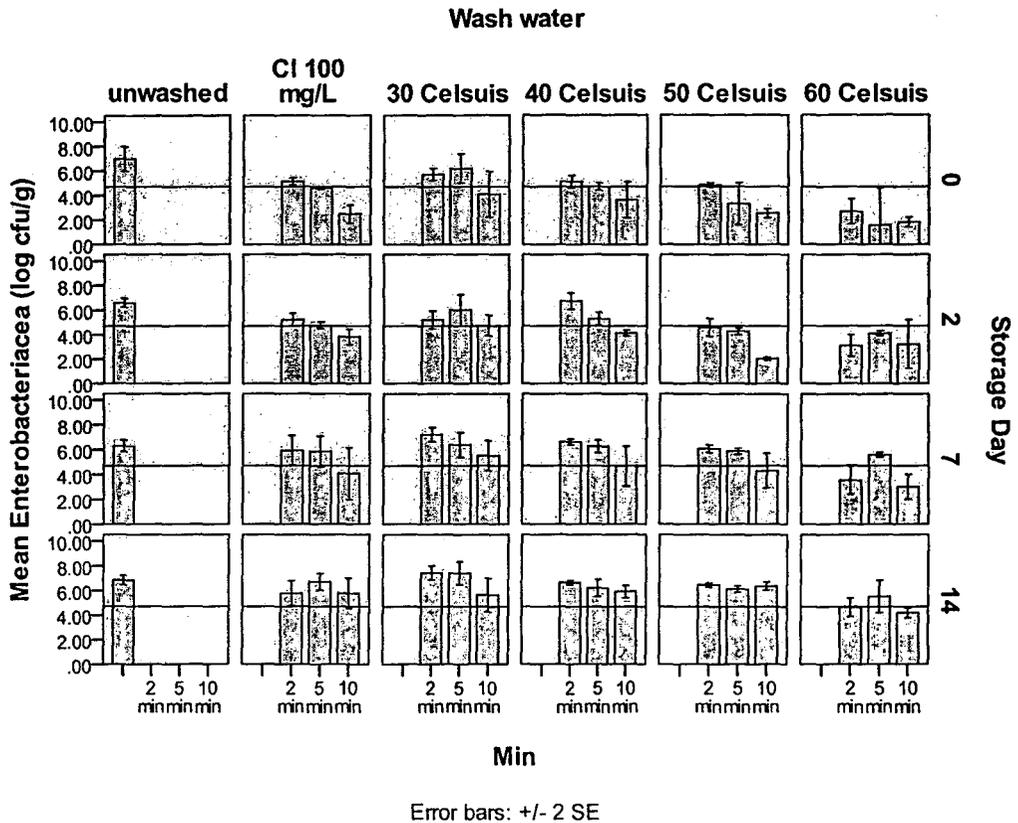
ภาพที่ 38 ผลของอุณหภูมิในน้ำ (°C) และเวลาในการล้าง (นาที) ผลต่อจำนวนจุลินทรีย์ที่รอดรอดของเงาะสดที่แช่ที่อายุการเก็บรักษาต่างๆ (วัน) ผลการทดสอบของเงาะในฤดูกลาง





ภาพที่ 39 ผลของอุณหภูมิน้ำ(°C) และเวลาในการล้าง (นาที) ผลต่อจำนวนยีสต์และรา ของเงาะสดตัดแต่ง ที่อายุการเก็บต่างๆ ผลการทดลองเงาะนอกฤดูกกาล

เงาะในฤดูกกาลมีจำนวนยีสต์และราน้อยกว่าเงาะนอกฤดู การล้างเป็นเวลาเพียง 2 นาทีลดจำนวนยีสต์และราได้ไม่แตกต่างจากตัวอย่างไม่ล้าง เมื่อใช้เวลาเพิ่มขึ้นและอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจำนวนยีสต์และราลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) การล้างที่อุณหภูมิ 50 และ 60 °C เป็นเวลา 10 นาที ลดจำนวนยีสต์และราได้อย่างมีนัยสำคัญและมีจำนวนยีสต์และราอยู่ในระดับที่ยอมรับได้จนถึงอายุการเก็บ 7 วัน



ภาพที่ 40 ผลของอุณหภูมิน้ำ(°C) และเวลาในการล้าง (นาที) ผลต่อจำนวน Enterobacteriaceae ของเงาะสดตัดแต่งที่อายุการเก็บต่างๆ ผลการทดลองเงาะนอกฤดูฤดูกาล

การใช้คลอรีน 100 mg/L เป็นเวลา 10 นาทีสามารถลดจำนวน Enterobacteriaceae ได้อย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับการใช้คลอรีน 100 mg/L เป็นเวลา 2 และ 5 นาที และลดจำนวนให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้จนถึงอายุการเก็บ 7 วัน ในอายุการเก็บ 14 วันมีจำนวนไม่แตกต่างจากตัวอย่างไม่ล้าง การใช้น้ำที่ 30 และ 40 °C เป็นเวลา 10 นาทีลดได้มากกว่าที่เวลา 2 และ 5 นาที แต่มีจำนวนเพิ่มขึ้นตลอดอายุการเก็บ การใช้น้ำร้อนที่ 50 °C เป็นเวลา 10 นาทีลดจำนวนลงในระดับที่ยอมรับได้จนถึง อายุการเก็บ 7 วัน การใช้น้ำร้อนที่ 60 °C สามารถลดจำนวนได้มากกว่าการล้างสภาวะอื่นๆ และยังเพิ่มเวลาในการล้างเป็น 10 นาทีสามารถควบคุมจำนวนได้จนถึงสิ้นสุดอายุการเก็บรักษา

4 สรุปและวิจารณ์ผลจุลินทรีย์

อุณหภูมิน้ำล้างและเวลาในการล้างมีผลต่อการลดจำนวนจุลินทรีย์ในผลเงาะสดและผลเงาะตัดแต่ง โดยเมื่ออุณหภูมิและเวลาเพิ่มขึ้นการลดจำนวนจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและสำหรับตัวอย่างเงาะ การใช้อุณหภูมิที่ 50 และ 60°C สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ได้มากที่สุด

ปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นมีผลต่อประสิทธิภาพการล้าง เงาะเป็นผลไม้ที่ปนเปื้อนจุลินทรีย์ค่อนข้างมาก เงาะเป็นผลไม้ที่เก็บเกี่ยวในช่วงฤดูร้อนและฤดูฝนของประเทศไทยที่มีความชื้นและความร้อนสูง ทำให้การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์เป็นไปได้ง่าย ผลเงาะมีขนที่และมีพื้นที่ผิวขรุขระเป็นที่เกาะติดของจุลินทรีย์ได้อย่างดี เงาะนอกฤดู มีจำนวนจุลินทรีย์มากกว่าเงาะในฤดู ทั้งนี้เป็นเพราะเงาะที่เก็บเกี่ยวในช่วงนอกฤดูมีจำนวนน้อย ชาวสวนจึงต้องรอให้มีครบจำนวนก่อนจึงขนส่งและเป็นช่วงฤดูฝนที่ตกชุก ทำให้เงาะมีความชื้นและปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ได้สูง อีกทั้งการขนส่งที่ชาวสวนนิยมขนส่งเงาะเป็นกองมาในท้ายกระบะรถปิดด้วยผ้าใบและพรมน้ำอยู่ตลอดเวลาทำให้กองเงาะมีความชื้นสูง น้ำที่ใช้อาจมีการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ต่างๆมาก

กรรมวิธีการเตรียมเงาะสดตัดแต่งต้องใช้มือปกคั่นเงาะ ให้เหลือเปลือกครึ่งลูก ทำให้ปนเปื้อนข้ามจากมือไปยังเนื้อเงาะได้ง่าย นอกจากนี้ การทดลองนี้ใช้การตรวจวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์แบบทั้งหมด ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อที่แยกเฉพาะประเภทไม่ได้ จำเพาะเจาะจงเป็น species ดังนั้น จำนวนจุลินทรีย์ที่ตรวจนับได้อาจเป็นจุลินทรีย์ทั่วไปหรือจุลินทรีย์โรคพืชที่มีอยู่ตามธรรมชาติ เข้าฝังในเปลือกเงาะ ไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์แต่อย่างใด เกณฑ์ที่ผู้ประกอบการใช้ เป็นเกณฑ์มาตรฐานของต่างประเทศซึ่งอาจไม่เหมาะสมกับธรรมชาติของผลไม้ไทย

5. ผลการทดลองการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส

5.1 วิธีการดำเนินการการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส

การวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสใช้วิธีเดียวกับการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสของมะละกอสดตัดแต่งคือใช้วิธีที่ดัดแปลงจาก Qualitative Descriptive analysis: QDA (Stone 1992) ใช้ผู้ทดสอบเป็นนิสิตปริญญาตรี ในภาควิชาเทคโนโลยีการอาหารและโภชนศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ทำการคัดเลือกผู้ทดสอบตามวิธีของ ASTM; Guidelines for the selection and training of sensory panel training member ใช้เวลาคัดเลือกผู้ทดสอบ 2 เดือน ได้ผู้ทดสอบ จำนวน 14 คนที่มีคุณสมบัติสามารถแยกแยะความ

แตกต่างกันทางประสาทสัมผัสได้ในระดับค่อนข้างดี เป็นนิสิตชั้นปีที่ 4 ที่มีอายุระหว่าง 19-22 ปี เป็นหญิง 6 คน เป็นชาย 8 คน (ชุดเดียวกับผู้ทดสอบมะละกอสดตัดแต่ง)

จากนั้นทำการฝึกฝนผู้ทดสอบตามวิธี QDA (Stone, 1992; Stone and Sidel, 2004) โดยประชุมกลุ่มกันเพื่อพัฒนาคำศัพท์เพื่ออธิบายคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ของเงาะสดตัดแต่งใช้เวลาพัฒนาคำศัพท์ 3 session โดยในแต่ละ session ใช้เวลา 60-90 นาที

ตัวอย่างที่ใช้สร้างคำศัพท์ มีผลเงาะสดพันธุ์โรงเรียน ที่มาถึงจ.มหาสารคาม 1 วันผลเงาะสดพันธุ์โรงเรียน ที่เก็บไว้ในตู้เย็น 8°C เป็นเวลา 3 วัน ผลเงาะสดพันธุ์โรงเรียนเก็บไว้ที่ 30 °C 3 วัน และผลเงาะสดพันธุ์โรงเรียนลวกน้ำร้อน 100 °C 1 นาที และผลเงาะสดที่ซื้อจากร้านที่แตกต่างกันในจังหวัดอีก 2 แห่ง

ตารางที่ 9 คำศัพท์ทั้งหมดที่ผู้ทดสอบใช้พรรณนาลักษณะทางประสาทสัมผัส (Descriptive terms) ของเงาะสดและเงาะสดตัดแต่ง

หมวด (ลำดับที่รับรู้)	ศัพท์
ลักษณะปรากฏ	สด เต่งน้ำ กลม รี มีจุดดำที่ผล แข็ง กลมงอ ไซโก่ เทียว ปลายงอน ขนไม่แข็ง ลูกเงาะเทียว ขนแข็ง มีเพลี้ย มีจุดสีน้ำตาล ขนเงาะขาด มีน้ำเคลือบ มีจุดสีดำ สีน้ำตาลเข้ม สีน้ำตาลเนา ผลรี กลมรี ขนลัม ขนซี่ไม่สม่ำเสมอ ผลเต่ง ผิวขรุขระ ขนเงาะแห้ง ขนเงาะแข็ง แห้ง เหมือนไฟลวก เปลือกบาง เปลือกมีจุด มีเส้นผ่ากลาง เทียวมาก เป็นตุ่ม ขนสีเหลืองถึงดำ มีจะดำเนา เขียวออกเหลือง น้ำขังใน package มีน้ำเคลือบ เน่าใส ขรุขระเป็นตุ่ม ดำซ้ำ มีน้ำขุ่นไหล ออกมา ผลเทียว
สีเปลือก	สีเหมือนโดนไฟลวก สีขนขีด สีขีด สีไปไม้แห้ง สีดำ สีดำซ้ำ สีเขียว จากไล่จากโคน สีเขียวอ่อน สีแดงสด สีแดงปนดำ สีแดงเขียว สี เหลืองอมเขียว เขียวดำ แดงส้ม คล้ำ เหลืองส้ม แดงอมเหลือง ปลายขนมีสีเขียวอ่อน สีน้ำตาล ข้างในเปลือกมีสีน้ำตาล สีน้ำตาล แดงเข้ม เขียวอ่อน แดงอมส้ม จุดดำ สีน้ำตาลซ้ำๆ สีแดงส้ม

ตารางที่ 9 คำศัพท์ทั้งหมดที่ผู้ทดสอบใช้พรรณาลักษณะทางประสาทสัมผัส (Descriptive terms) ของเงาะสดและเงาะสดตัดแต่ง (ต่อ)

หมวด (ลำดับที่รับรู้)	ศัพท์
กลิ่น (เนื้อ)	กลิ่นใบตองท่อมก กลิ่นเหมือนมะพร้าว กลิ่นหวานเหมือนน้ำตาลสด กลิ่นคล้ายหญ้าเน่า กลิ่นเหม็นเปรี้ยว กลิ่นเน่า กลิ่นเปลือกไม้ดิน กลิ่นเปลือกมะพร้าว กลิ่นลื่นจี กลิ่นน้ำมะพร้าว กลิ่นเหมือนฟอรัมาลีน กลิ่นเงาะสด เหม็นเขียว กลิ่นหญ้า กลิ่นใบไม้แห้ง กลิ่นเงาะต้ม กลิ่นกล้วยต้ม กลิ่นใบตองท่อมก กลิ่นน้ำตาลไหม้ กลิ่นเหมือนเปลือกมะพร้าวอ่อน กลิ่นเงาะ กลิ่นน้ำตาลผลไม้ เหม็นเขียว กลิ่นเหมือนใบตองไหม้ กลิ่นเหมือนใบตองสุก กลิ่นใบตองแห้ง กลิ่นเปรี้ยวเล็กน้อย กลิ่นผลจืดดิบ เหม็นไหม้ กลิ่นเนาผสม กลิ่นไม้ไผ่ดิบ
สีเนื้อ	ขาวขุ่น ขาวไม่โปร่งแสง มันวาล เหลืองนวล สีคล้ำ มีน้ำเกาะ สีขาว ใสเหมือนวุ้นมะพร้าว มีน้ำเยิ้ม น้ำตาลเหลือง สีเหมือนวุ้น ขาวใส ผิวขำน้ำ สีวุ้นมะพร้าว สีขาวนวล
กัดและเคี้ยวในปาก	นุ่ม หนึบ ฉ่ำน้ำ ไม่แฉะ เป็นเส้นใย ขำน้ำ กัดไม่ขาด นิ่ม ล่อน น้ำแตกออก ย้วย ไม่สด เปื่อย สิ้นคอก กัดยาก เนื้อย้วย นิ่มและ หนืด ติดฟัน แยกเป็นเส้นใย เนื้อหนึบๆ เนื้อเต่งสด เหนียวนุ่ม แข็ง เหมือนวุ้นมะพร้าว เนื้อไม่ติดเมล็ด เนื้อละ เนื้อเป็นเส้นๆ มีเมล็ดขาวติดมาด้วย เป็นลิ่ม ลื่น เมื่อก เคี้ยวง่าย คล้ายวุ้นแข็ง เนื้อติดเมล็ด
หลังกลืน	บาดคอ กลืนง่าย เหนียวติดปาก ติดฟัน ฉ่ำน้ำ ชุ่มคอ หวานติดคอ กลิ่นยังอยู่ในจมูก ช้ำเพดานลิ้น
รส	หวานน้ำตาลสด เปรี้ยวเน่า เปรี้ยวไม่เน่า เปรี้ยวอมหวาน หวานติดปาก หวาน หวานมากกว่าเปรี้ยว หวานเงาะหอม ฝาดเหมือนเปลือกมะพร้าวสด เผื่อน เปรี้ยว หวานเหมือนน้ำตาลต้ม ฉ่ำน้ำ คล้ายลื่นจี รสหวานอ่อน จืด หวานแบบน้ำตาล

5.2 สรุปคำศัพท์ที่เลือกได้

กลุ่มผู้ทดสอบได้ร่วมกันคัดเลือกคำศัพท์จากแต่ละหมวด เพื่อใช้ในการสร้างสเกลประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเงาะสดตัดแต่งในแต่ละการทดลอง และร่วมกันนิยามคำศัพท์ที่เลือกได้ดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 คำศัพท์และนิยามที่ใช้ในการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเงาะสดตัดแต่ง

คำศัพท์	นิยาม/ วิธีการประเมิน
สีดำ	ประเมินสีเปลือกเงาะจากไม่มีสีดำ ไปจนถึงสีดำคล้ำ การชำจากแรงกระแทก แรงกดทับ หรือจนเป็นแผลเน่า
สีแดง	ประเมินสีเปลือกโดยการมองตรงๆ จากสีแดงไปถึงสีซีด
ความสด	คุณลักษณะภายนอกของเปลือกและขน จากสีขนตามเงาะสดธรรมชาติ ไปถึงขนเหี่ยว เปลือกแห้ง
สีเนื้อ	ประเมินสีเนื้อ จากสีขาวขุ่นลักษณะขาวไม่โปร่งแสงไปจนถึง เหลืองและคล้ำ
กลิ่น	ประเมินโดยการดมผลเงาะตัดแต่งประเมินกลิ่นโดยรวมจากหอมหวานไปจนถึง กลิ่นเหม็นเน่า
ความหวาน	ชิมเนื้อเงาะและประเมินความหวานจากหวานมากที่สุด (น้ำเชื่อม) ไปจนถึงซีด ไม่มีรส

และได้ทำการสร้างสเกลสำหรับประเมิน โดยใช้สเกลเส้นตรง ความยาว 6 นิ้ว (Stone 1992) โดยสเกลจะมีทั้งหมด 9 คะแนน เริ่มจากน้อยที่สุด หรือไม่มี ให้มีคะแนนเท่ากับ 0 ไปจนถึงมากที่สุด ให้มีคะแนน 9 คะแนน

ทำการฝึกฝนผู้ทดสอบให้ใช้สเกลประเมินได้อย่างถูกต้อง ใช้เวลาอีก 2 session ๆ ละ 90 นาที โดยใช้ตัวอย่างอาหารมาตรฐานในการฝึกฝนดังนี้

สีดำ กระจ่างซาร์ทสองหน้า เป็นคะแนนเท่ากับ 9 ผลเงาะที่ขุ่นมีสีน้ำตาล เป็นคะแนนเท่ากับ 7 และ ผลเงาะสดที่แดงสดเป็นคะแนนเท่ากับ 0

สีแดง กระจ่างซาร์ทสีแดงอมชมพู เป็นคะแนนเท่ากับ 9 ผลเงาะที่สีแดงสด เป็นคะแนนเท่ากับ 8 และผลเงาะดิบผลเป็นสีเขียวเหลือง เป็นคะแนนเท่ากับ 0

ความสด ผลเงาะสดใหม่ เป็นคะแนนเท่ากับ 9 และผลเงาะนำไปตากแดด 2 ชั่วโมง เป็นคะแนนเท่ากับ 0

สีเนื้อ เนื้อเงาะแคะใหม่ซบด้วยกระดาษชำระ เป็นคะแนนเท่ากับ 9 และเนื้อเงาะที่เน่าเสียแล้วสีออกเหลือง เป็นคะแนนเท่ากับ 0

กลิ่น เนื้อเงาะกระป๋อง เป็นคะแนนเท่ากับ 9 เนื้อเงาะปอกใหม่ เป็นคะแนนเท่ากับ 7 และเนื้อเงาะเน่าเสียแล้ว เป็นคะแนนเท่ากับ 0

ความหวาน เงาะกระป๋องเป็นคะแนนเท่ากับ 9 เนื้อเงาะปอกใหม่ เป็นคะแนนเท่ากับ 8 วัน (ตรานางเงือก) ผสมเนื้อเงาะ 10% เป็นคะแนนเท่ากับ 2 และวันเปล่า เป็นคะแนนเท่ากับ 0

5.3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของเงาะสดตัดแต่งในแต่ละอายุการเก็บ

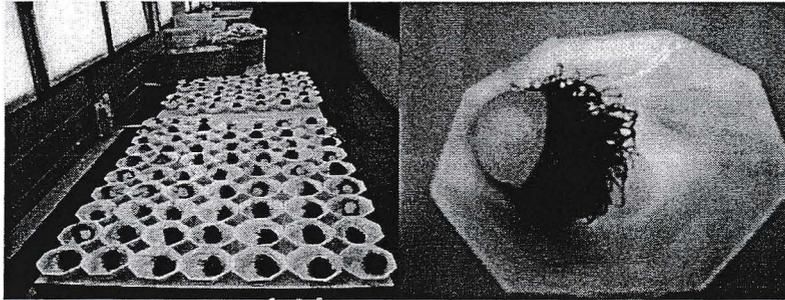
สำหรับการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเงาะสดตัดแต่งนั้น ใช้ผู้ทดสอบอีกกลุ่ม เนื่องจาก ผู้ทดสอบกลุ่มเดิมได้สำเร็จการศึกษา จึงได้คัดเลือกผู้ทดสอบกลุ่มใหม่ ดำเนินการในช่วงเดือน มิถุนายน-กรกฎาคม 2551 โดยฝึกฝนการใช้สเกลกับผู้ทดสอบกลุ่มนี้ใช้เวลา 3 สัปดาห์ ผู้ทดสอบมีทั้งหมด 11 คน เป็นชาย 3 คนเป็นหญิง 8 คนเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 4 ในขณะนั้น

ผู้ทดสอบจะประเมินตัวอย่างเงาะตัดแต่งทรีทเมนต์ต่างๆ ในแต่ละอายุการเก็บ สำหรับการทดสอบนั้นวางแผนการทดลองแบบ Balance block design (Stone, 1992) โดยมีผู้ทดสอบชิม 11 คน 1 ทรีทเมนต์จะมีผู้ทดสอบชิม 4 คน ชิมในช่วงเวลาระหว่าง 13:00-15:00 น. ในแต่ละวันที่ครบอายุการเก็บ

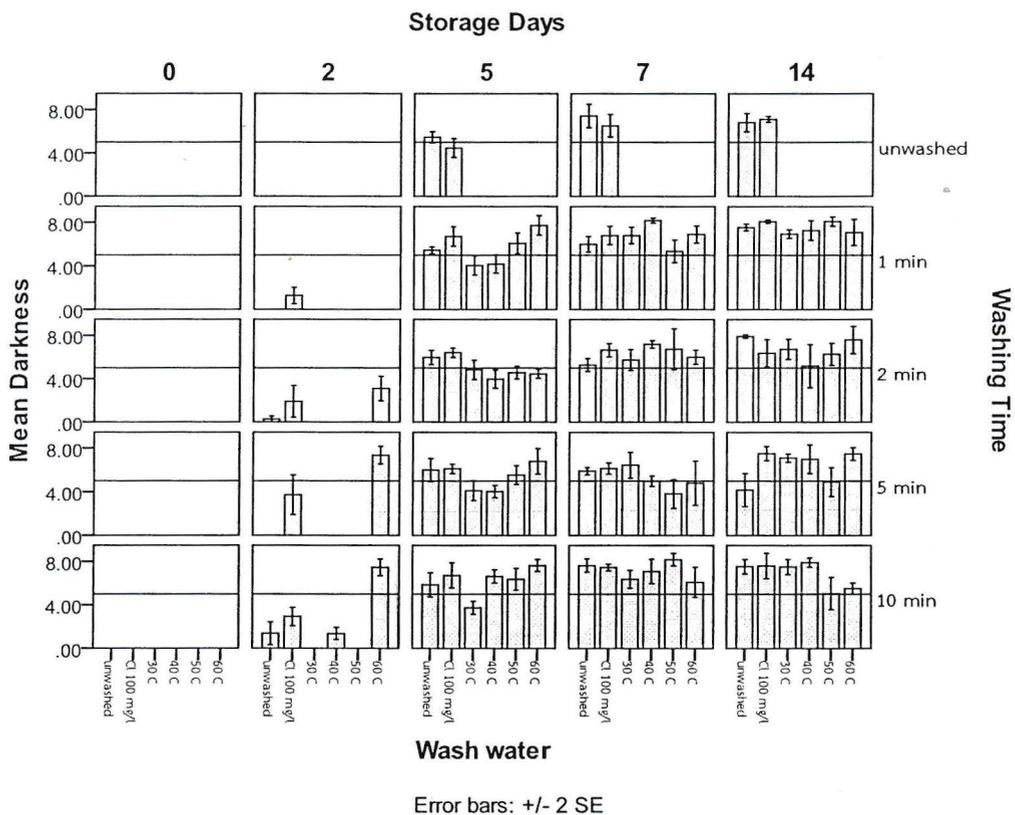
ตัวอย่างที่เตรียมจะเป็นตัวอย่างคนละรุ่นกับการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ใช้เฉพาะการทดลอง การวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส

ตัวอย่างเงาะจะถูกเตรียมตามวิธีที่กล่าวแล้วในขั้นต้น ผ่านการล้างที่สภาวะต่างๆ เมื่อครบอายุการเก็บจะนำตัวอย่างเงาะมาเปลี่ยนใส่ภาชนะโพลีเอทิลีนหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกชนิด PVC ใส (บริษัท ทานตะวัน จำกัด) ก่อนการทดสอบ 10-20 นาที หากการดำเนินการช้ากว่านั้นจะเก็บรักษาไว้ที่ 4°C จนกว่า จะทำการทดสอบ ผู้ทดสอบประเมินตัวอย่างภายใต้แสงสีขาว ในช่องทดสอบแยกส่วนของห้องปฏิบัติการ เทคโนโลยีอาหาร โดยระหว่างตัวอย่างกำหนดให้ผู้ทดสอบกลั้วปากด้วยน้ำสะอาดก่อนชิมตัวอย่างต่อไป

ข้อมูลทั้งหมดใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยใช้ โปรแกรม SPSS version 14.0 และเปรียบเทียบ ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธีของ Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

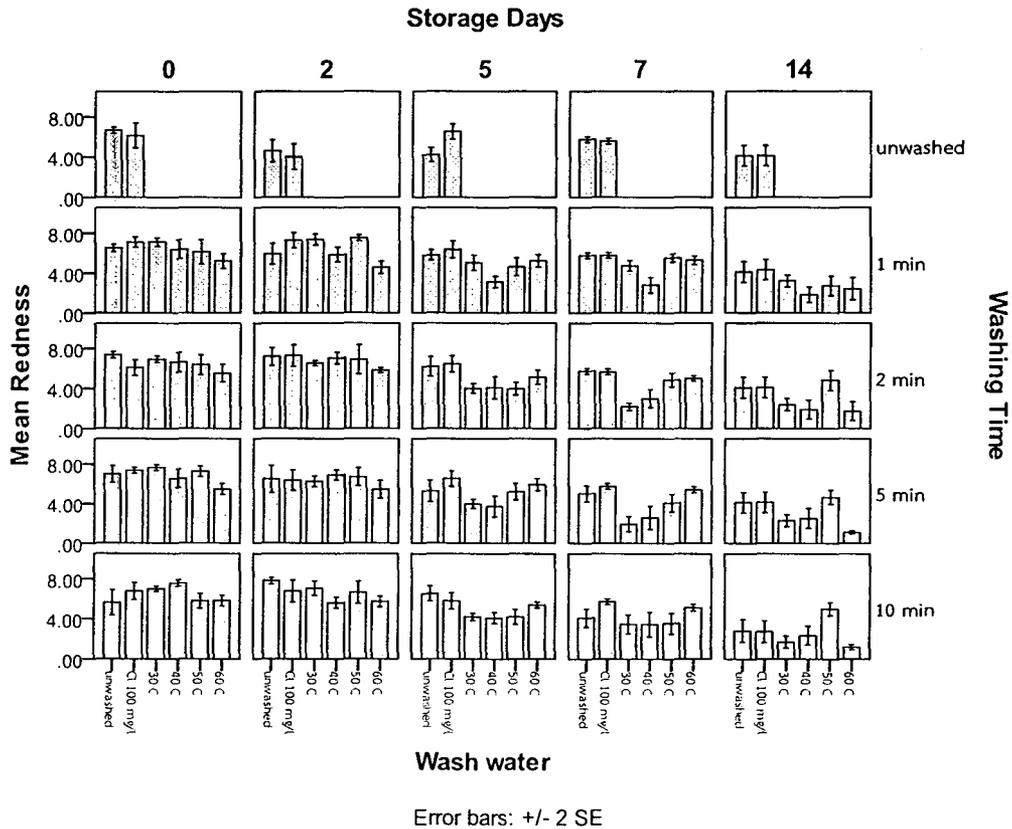


ภาพที่ 41 การเตรียมตัวอย่างเงาะเพื่อการประเมินทางประสาทสัมผัส



ภาพที่ 42 ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านสีดำของเงาะสดตัดแต่งที่ผ่านการล้างที่สภาวะและอายุการเก็บต่างๆ (คะแนน 9 คือมากที่สุด และ 1 น้อยที่สุด หากคะแนนต่ำกว่า 3 แสดงว่าไม่เป็นที่ยอมรับปฏิเสธที่จะชิม (unmarketable/ reject to test))

ตัวอย่างเงาะสดตัดแต่งหลังล้างและอายุการเก็บ 2 วัน ไม่มีการเปลี่ยนแปลงสีเป็นสีดำของเปลือกเงาะในทุกสภาวะการล้าง ยกเว้นการล้างด้วยน้ำร้อน 60°C ตั้งแต่ 5 นาทีขึ้นไป โดยพบว่า ขนเงาะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลคล้ำ เงาะสดตัดแต่งที่สภาวะการล้างที่อุณหภูมิ ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 40 °C มีการเปลี่ยนสีเป็นสีดำน้อยกว่าการล้างที่ 50 °C และ 60 °C แต่อย่างไรก็ตาม ตัวอย่างเงาะมีความหลากหลายมากทำให้ข้อมูลที่วิเคราะห์ได้มีความแปรปรวนมาก

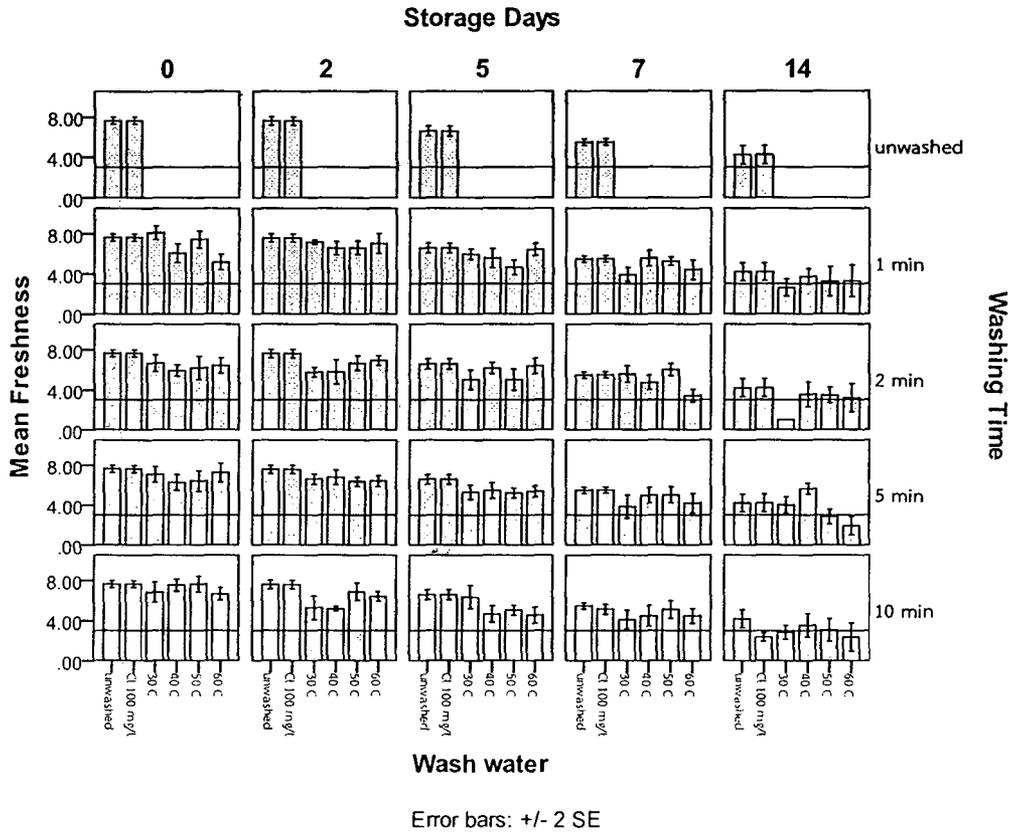


ภาพที่ 43 ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านสีแดงที่เปลือกของเงาะสดตัดแต่งที่ผ่านการล้างที่สภาวะและอายุการเก็บต่างๆ (คะแนน 9 คือมากที่สุด และ 1 น้อยที่สุด หากคะแนนต่ำกว่า 3 แสดงว่าไม่เป็นที่ยอมรับปฏิเสธที่จะชิม (unmarketable/ reject to test))

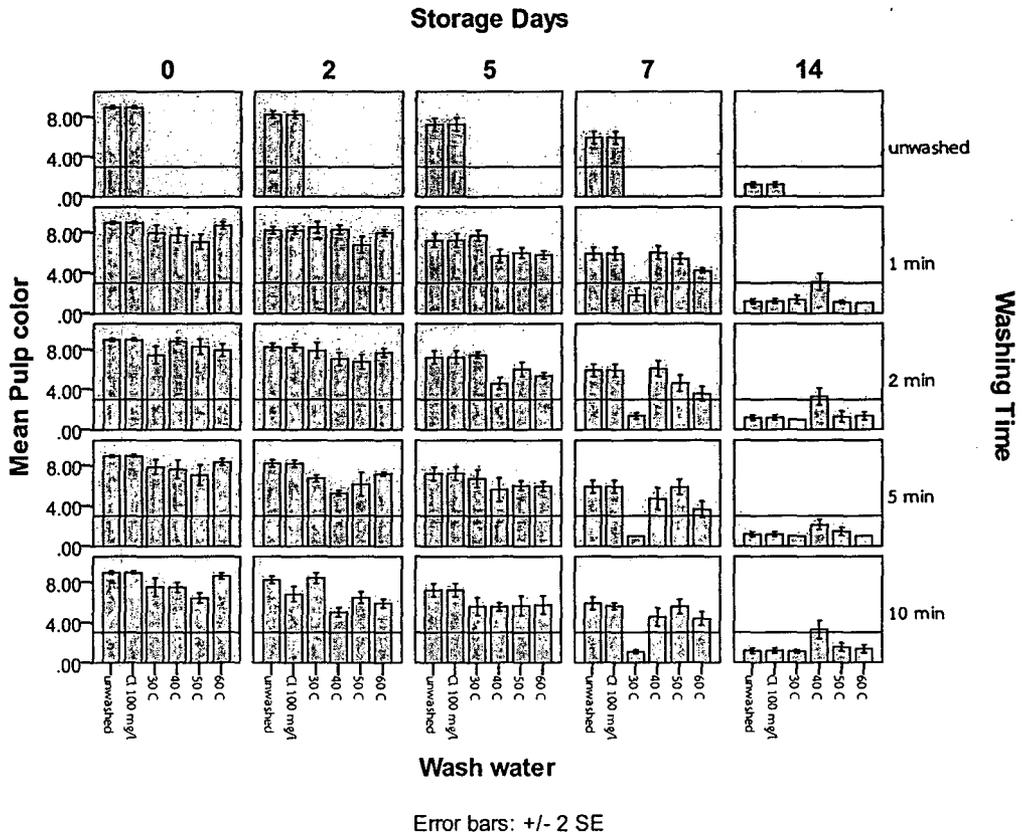
ที่อายุการเก็บหลังล้าง (0 วัน) ไม่มีความแตกต่างด้านสีแดงของเปลือกของเงาะสดตัดแต่งที่สภาวะการล้างต่างๆ ($P < 0.05$) และไม่ต่างกับที่ 2 วัน เมื่ออายุการเก็บเพิ่มขึ้น เป็น 5 7 และ 14 วัน พบสีแดงของเงาะลดลง และแตกต่างกันไปในแต่ละสภาวะการล้าง เมื่ออายุการเก็บผ่านไป 14 วัน จะเห็นว่าเงาะที่ผ่านการล้างเป็นเวลานานกว่าจะมีค่าคะแนนด้านสีแดงน้อยกว่า

ลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านความสดของเงาะสดตัดแต่งลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่ออายุการเก็บเพิ่มขึ้น ($P < 0.05$) ที่อายุการเก็บ 5 วันจะเห็นได้ว่าตัวอย่างที่ล้างเป็นเวลา 5 และ ในตัวอย่างใช้น้ำร้อนล้าง

ลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านความสดของเงาะสดตัดแต่งแตกต่างจากตัวอย่างอื่นอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน เมื่ออายุการเก็บ 14 วัน ตัวอย่างทั้งหมดที่ล้าง เป็นเวลา 10 นาที ความสดลดลงจนถึงระดับที่ไม่ยอมรับ (ภาพที่ 44)

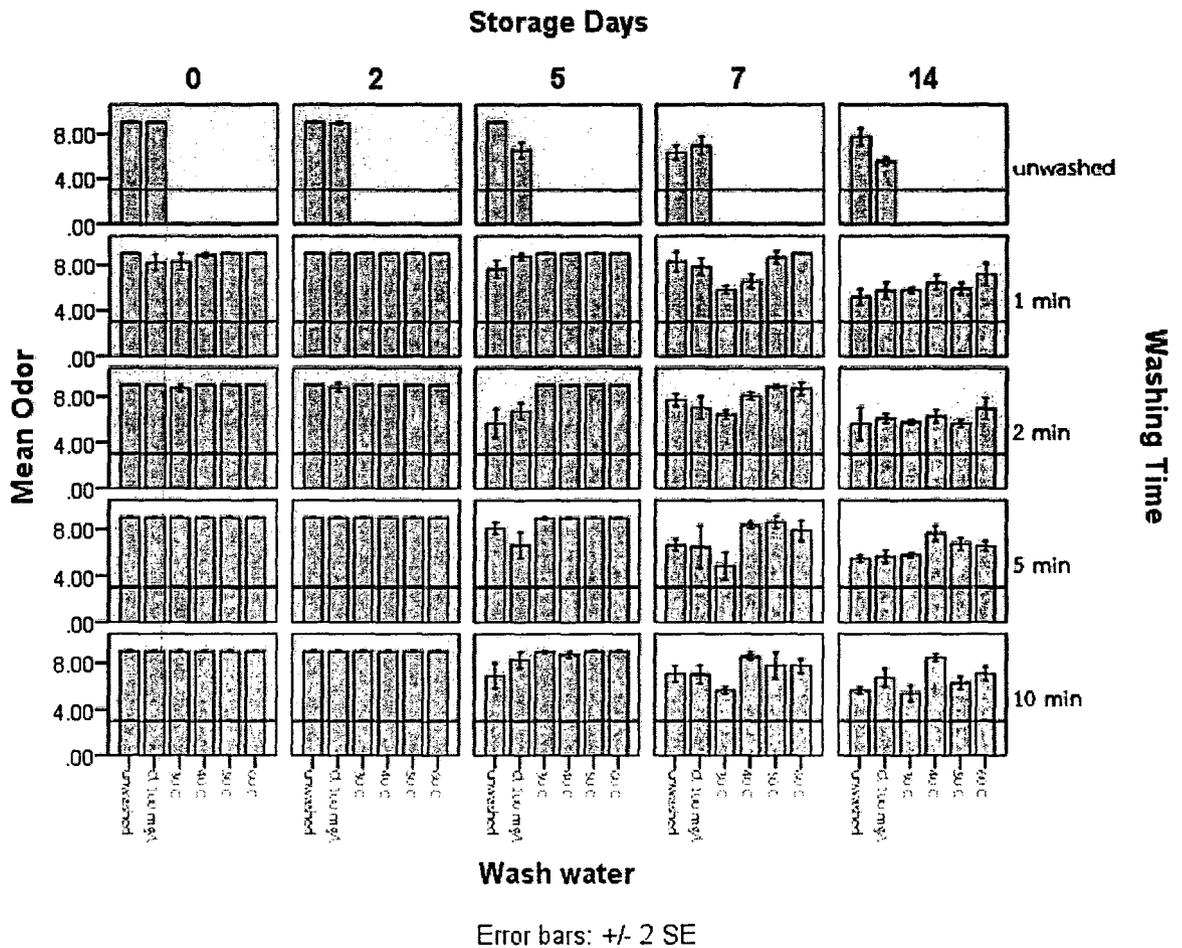


ภาพที่ 44 ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านความสดของเงาะสดตัดแต่งที่ผ่านการล้างที่สภาวะและอายุการเก็บต่างๆ (คะแนน 9 คือมากที่สุด และ 1 น้อยที่สุด หากคะแนนต่ำกว่า 3 แสดงว่าไม่เป็นที่ยอมรับปฏิเสธที่จะชิม (unmarketable/ reject to test))



ภาพที่ 45 ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านสีเนื้อเงาสดตัดแต่งที่ผ่านการล้างที่สภาวะและอายุการเก็บต่างๆ (คะแนน 9 คือมากที่สุด และ 1 น้อยที่สุด หากคะแนนต่ำกว่า 3 แสดงว่าไม่เป็นที่ยอมรับปฏิเสธที่จะชิม (unmarketable/ reject to test))

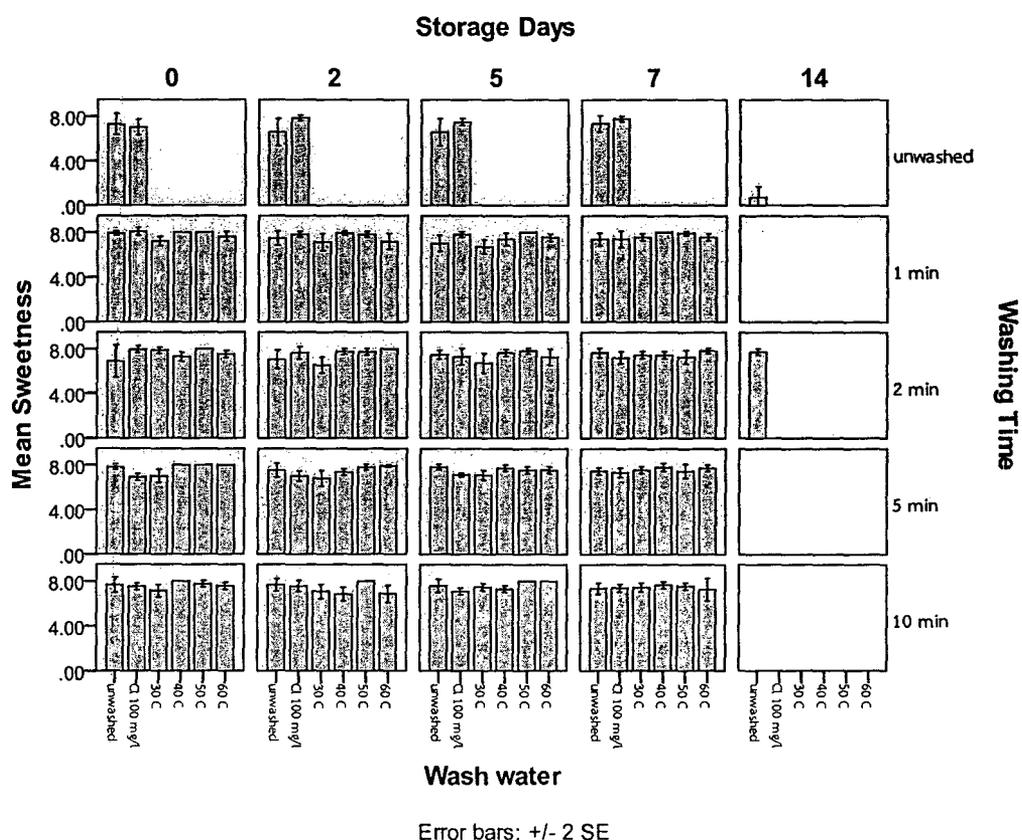
สีของเนื้อเงาสดตัดแต่งไม่แตกต่างกันในแต่ละสภาวะการล้าง แต่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่ออายุการเก็บเพิ่มขึ้น สีของเนื้อเงาสดเปลี่ยนเป็นสีขาวเหลืองเมื่ออายุการเก็บผ่านไป 7 วัน



ภาพที่ 46 ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของเงาะสดตัดแต่งที่ผ่านการล้างที่สภาวะและอายุการเก็บต่างๆ (คะแนน 9 คือมากที่สุด และ 1 น้อยที่สุด หากคะแนนต่ำกว่า 3 แสดงว่าไม่เป็นที่ยอมรับปฏิเสธที่จะชิม (unmarketable/ reject to test)

ที่หลังล้าง (0 วัน) อายุการเก็บ 2 และ 5 วัน เงาะสดตัดแต่งมีกลิ่นที่ติดอยู่และไม่แตกต่างกันในทุกสภาวะการล้าง เมื่ออายุการเก็บเพิ่มขึ้น มีการลดลงของกลิ่นอย่างมีนัยสำคัญ แต่ไม่แตกต่างกันในเรื่องของเวลาการล้าง ตัวอย่างไม่ล้าง และตัวอย่างที่ล้างน้ำ 30 ไม่มีความแตกต่างกันและกลิ่นลดลงมากกว่าสภาวะการล้างอื่นๆ (ภาพที่ 46)

ลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านความหวานเงาะสดตัดแต่งที่ผ่านการล้างสภาวะต่างๆไม่แตกต่างกัน และมีความหวานมากจนถึงอายุการเก็บ 7 วัน ที่อายุการเก็บ 14 วัน ตัวอย่างเงาะสดตัดแต่งมีลักษณะปรากฏค่อนข้างไปทางเสื่อมเสีย ผู้ทดสอบจึงปฏิเสธที่จะชิม



ภาพที่ 47 ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านความหวานเงาสดตัดแต่งที่ผ่านการล้างที่สภาวะและอายุการเก็บต่างๆ (คะแนน 9 คือมากที่สุด และ 1 น้อยที่สุด หากคะแนนต่ำกว่า 3 แสดงว่าไม่เป็นที่ยอมรับปฏิเสธที่จะชิม (unmarketable/ reject to test))

5.4 สรุปผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของเงาสดตัดแต่ง

อายุการเก็บมีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเงาสดตัดแต่ง ที่อายุการเก็บ 0 2 และ 5 วัน ลักษณะทางประสาทสัมผัสด้าน สีเนื้อ กลิ่น และความหวานเงาสดตัดแต่งที่ผ่านการล้างสภาวะต่างๆไม่แตกต่างกัน โดยจะมีความแตกต่างจากที่ 7 และ 14 วัน โดยในอายุการเก็บ 14 วัน ส่วนใหญ่เงาสดตัดแต่งเน่าเสีย เวลาและอุณหภูมิในการล้างมีผลต่อ ลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านสีดำ สีแดง และความสดของเงาสดตัดแต่ง โดยที่อุณหภูมิน้ำล้างที่สูงขึ้น ค่าต่างๆดังกล่าวลดลง และการล้างเป็นเวลา 10 นาทีทำให้มีการลดลงของลักษณะทางประสาทสัมผัสเงาสดตัดแต่งมากที่สุด

ผลงานวิจัยที่ 4.

การศึกษาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการใช้น้ำร้อนลดจำนวนจุลินทรีย์ปนเปื้อนในมะละกอสดัดแต่ง

จากผลการทดลองผลงานวิจัยที่ 1 พบว่า สภาวะการล้างด้วยน้ำอุณหภูมิ 30 และ 40 °C เป็นเวลาน้อยกว่า 5 นาทีไม่ทำให้มะละกอสดัดแต่งเปลี่ยนแปลงด้านลักษณะทางประสาทสัมผัสและองค์ประกอบทางเคมีแต่ไม่มีผลลดจำนวนจุลินทรีย์ลงได้ เมื่อใช้อุณหภูมิสูงและเวลาในการล้าง ≥ 5 นาที สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์บนผลมะละกได้อย่างมีนัยสำคัญ

งานวิจัยในขั้นนี้จึงวางแผนเพื่อหาอุณหภูมิของน้ำล้างและเวลาที่เหมาะสมในการล้างมะละกอเพื่อเตรียมมะละกอสดัดแต่ง โดยมีการใช้การ inoculation จุลินทรีย์เพื่อให้ได้ปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นเท่ากับและใช้จุลินทรีย์ที่เป็น indicator ของการไม่ยอมรับ ศึกษาในด้านชีวะคุณภาพอื่นๆ เช่น ปริมาณวิตามินซี ปริมาณแอนติออกซิแดนซ์และการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา และได้ทำการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคเพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจ

1. แผนการทดลอง

จากผลงานวิจัยที่ 1 กำหนดช่วงของอุณหภูมิน้ำล้างเป็น 40-60 °C เวลาในการล้างเป็น 5-10 นาที ออกแบบการทดลองแบบ D-optimal 2 ปัจจัย ให้มีซ้ำ 3 ซ้ำและค่ากลางอีก 2 ค่า

ได้ชุดสิ่งการทดลองทั้งหมด 16 การทดลอง (design expert 7.0, Stat ease)

ค่าดัชนีคุณภาพที่ใช้ (Response indicators) คือ

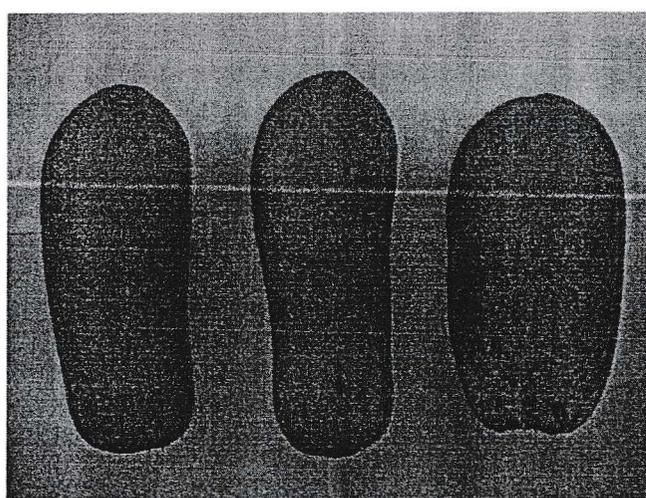
1. การลดลงของจำนวนจุลินทรีย์นับได้ทั้งหมด
2. การลดลงของจำนวนยีสต์และรา
3. การลดลงของ inoculated *E. coli*
4. ระดับการยอมรับของผู้บริโภคด้านต่างๆ
5. การรั่วไหลของอิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte leakage)
6. ปริมาณวิตามินซี
7. ปริมาณ antioxidant

ตารางที่ 11 สิ่งการทดลองสำหรับแผนการทดลองการศึกษาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการใช้น้ำร้อนลดจำนวนจุลินทรีย์ปนเปื้อนในมะละกอสดัดแต่ง

Run	Factor 1 เวลา (นาที)	Factor 2 อุณหภูมิ (°C)	Run	Factor 1 เวลา (นาที)	Factor 2 อุณหภูมิ (°C)
1	6.25	55	9	7.5	40
2	5	60	10	7.5	50
3	10	40	11	7.5	60
4	5	40	12	5	50
5	8.75	55	13	10	40
6	7.5	50	14	10	60
7	7.5	45	15	10	50
8	5	40	16	10	60

2. วัตถุประสงค์มะละกอ

การทดลองนี้ใช้มะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย ปลุกที่จังหวัดสุโขทัย ระยะความสุก 60-70% เลือกขนาดลูก 1.5-2.0 กิโลกรัม ขนส่งมายังจังหวัดขอนแก่น และนำมาทำการทดลองที่มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ภายในเวลา 48 ชั่วโมง เมื่อมาถึงที่ห้องปฏิบัติการมะละกอสุกเร็วมาก จึงได้ความสุกที่ 80-90% ในการเตรียม การทดลองนี้ทำในเดือนมกราคม 2551



ภาพที่ 48 ตัวอย่างมะละกอรดับความสุก 80-90 % ที่ใช้ในการทดลอง

ตัวอย่างมะละกอที่ใช้แบ่งเป็น 2 รุ่น รุ่นแรกใช้ในการวิเคราะห์จุลินทรีย์ และรุ่นที่ 2 ขนส่งมาจากสวนเดียวกันโดยเก็บเกี่ยวหลังจากรุ่นแรก 15 วันเพื่อใช้สำหรับการทดสอบทางประสาทสัมผัสและวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีอื่นๆ

3. การ inoculation

3.1 สายพันธุ์ *E. coli*

ใช้ *E. coli* ทั้งหมด 5 สายพันธุ์ ลำดับที่ 1-4 ได้จาก ศูนย์จุลินทรีย์ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (Tistr, MERCEN)

1. Tistr 074 W. Daengsubha (Human stool)
2. Tistr 117 P. Disayaboot (Sensitivity test of medicinal plants)
3. Tistr 780 Rubia Co.Ltd ATCC 8739
4. Tistr 887World Med.Equipment Co.Ltd. ATCC 25922
5. สายพันธุ์ที่แยกได้จากงานวิจัยที่ 3 เงาะสดตัดแต่ง

ทั้งหมดเป็นสายพันธุ์ที่พบได้ตามธรรมชาติและไม่เป็นสายพันธุ์ก่อโรค (non-pathogenic *e.coli*)

นำ *E. coli* สายพันธุ์ลำดับที่ 1-4 ออกจาก stock ampoule ตามวิธีของ Tistr, MERCEN สายพันธุ์ที่ 5 อยู่บน Agar slant จากนั้น subculture เป็นจำนวน 2 ครั้งบนอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว Nutrient broth (Criterion, USA) และบ่มที่ 37 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ในตู้บ่มที่ติดตั้งเครื่องเขย่า ความเร็วรอบ 175 rpm จนได้สารแขวนลอยของเชื้อ (suspension) ความเข้มข้นที่มี Optical density อ่านเท่ากับ 0.4 (OD₆₀₀) หากยังไม่ได้ OD ปรับด้วย Nutrient broth หรือสารแขวนลอยของเชื้อ จากนั้นปล่อยให้แห้งในอุณหภูมิระหว่าง 12-18 °C เพื่อการปรับตัว เป็นเวลา 4 ชั่วโมง เมื่อครบเวลา นำเชื้อมาล้างให้ได้ pallets โดยการปั่นเหวี่ยงที่ 40000 g กับ 0.1% Peptone water (Difco, USA) เป็นเวลา 15 นาทีที่ 4 °C ละลายกลับ (resuspended) ด้วย 0.1% Peptone water ที่มี Hose serum 5% Hose serum(Difco, USA) ปริมาตร 10 ml นำ suspension ของแต่ละสายพันธุ์ปริมาตร 5 ml ผสมรวมกัน เจือจางด้วย 0.1% Peptone water 500 ml เพื่อให้ได้ จำนวนจุลินทรีย์เป็น 10⁸ cfu/ml (Allande *et al.*, 2009) ยืนยันจำนวน *E. coli* ด้วยการ ทำ dilution plate บนอาหารเลี้ยงเชื้อ Nutrient Agar (Criterion, USA) บ่มที่ 35 °C 24 ชั่วโมง

3.2 การ inoculation บนผิวเปลือกมะละกอ

คัดตัวอย่างมะละกอที่จะทำการ Inoculate ให้ได้ลูกที่ผิวเรียบไม่มีแผลเจาะ และล้างด้วยน้ำประปา อุณหภูมิ 30 °C เป็นเวลา 5 นาที ผึ่งให้แห้งในตู้ปลอดเชื้อ

การ inoculate ใช้วิธีทา suspension บนผิวเปลือก เนื่องจากการทดลองเบื้องต้นที่ได้ทำตามวิธีของ Allande *et al*, (2009) ซึ่งชุบผลทั้งผลลงใน suspension ผิวมะละกอใช้เวลานานจึงจะแห้ง จึงได้ตัดแปลงใช้ ผ้าก๊อชปลอดเชื้อ (ฆ่าเชื้อที่ 121 เป็นเวลา 15 นาที) ชุบ suspension แล้วทาบบนผิวเปลือกมะละกอ เมื่อทาทั่วผลแล้ว ผึ่งให้แห้งเป็นเวลา 30 นาทีในตู้ปลอดเชื้อ จากนั้นจึงนำไปล้างที่สภาวะตามแผนการทดลอง สำหรับตัวอย่างที่ใช้ตรวจ จำนวนจุลินทรีย์นับได้ทั้งหมด ไม่ได้ทำการล้างก่อน นำไปล้างตามแผนการทดลอง เมื่อล้างน้ำที่สภาวะต่างๆแล้ว ทำการเตรียมมะละกอสดตัดแต่งตามกรรมวิธีดังกล่าวงานวิจัยที่ 1 (ภาพที่ 1)

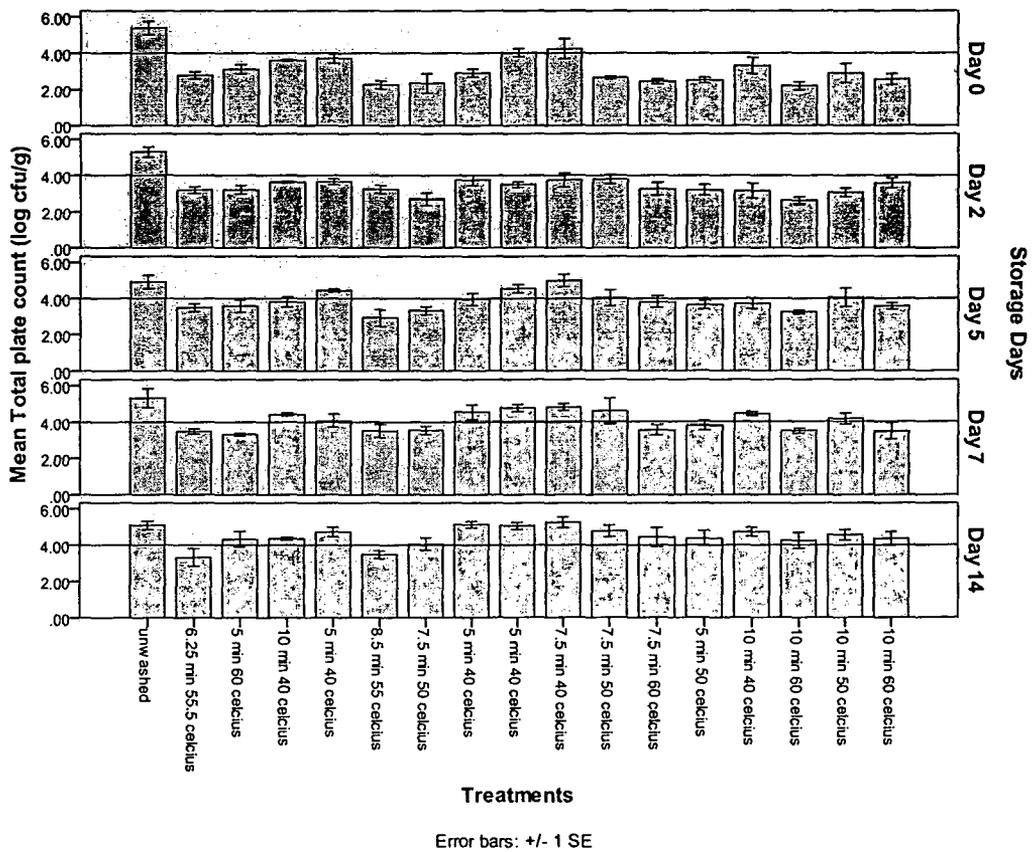
4. การวิเคราะห์จุลินทรีย์

ใช้ตัวอย่าง 25 g เจือจางกับ 0.1% peptone water ปริมาตร 225 ml และเจือจางลงตามลำดับที่เหมาะสม

1. วิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์นับได้ทั้งหมด (total plate count) ใช้วิธีของ HFPB Canada, (2001) ด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อ Standard methods agar (PCA, Difco Difco Detroit, USA) บ่มที่ 30 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
2. วิเคราะห์จำนวน ยีสต์และรา ใช้วิธีของ HFPB Canada, (2002) ด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อ Dichloran-Rose Bengal-Chloramphenical Agar (Difco Detroit, USA) บ่มที่ 25 °C เป็นเวลา 36-72 ชั่วโมง
3. การวิเคราะห์จำนวน *E. coli* ใช้ 3M™ Petri film™ *E.coli* and Coliform count plate ตามวิธีของ AOAC 991.14 บ่มที่ 35 °C 48 ชั่วโมง

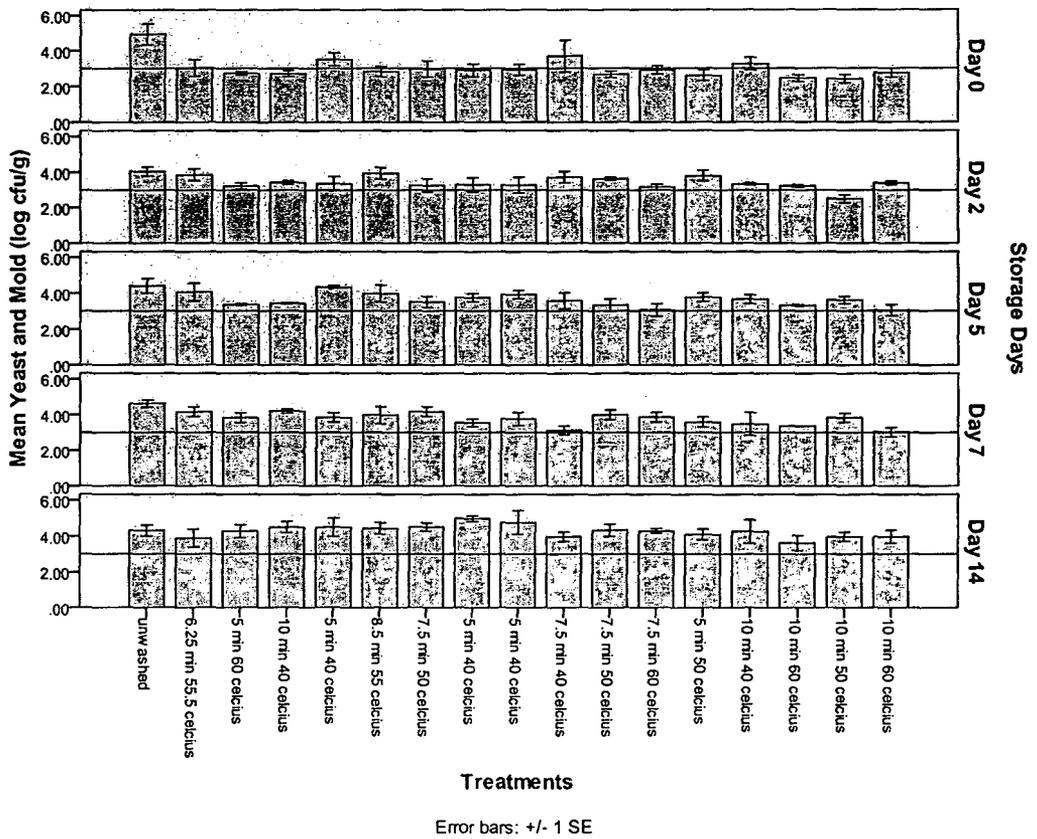
5. ผลการวิจัย

5.1 ผลของอุณหภูมิและเวลาในการล้างต่อจำนวนจุลินทรีย์



ภาพที่ 49 ผลของอุณหภูมิน้ำ (°C) และเวลาในการล้าง (นาที) ในน้ำมะละกอสดตัดแต่งต่อจำนวนจุลินทรีย์นับได้ทั้งหมด (log cfu/g)

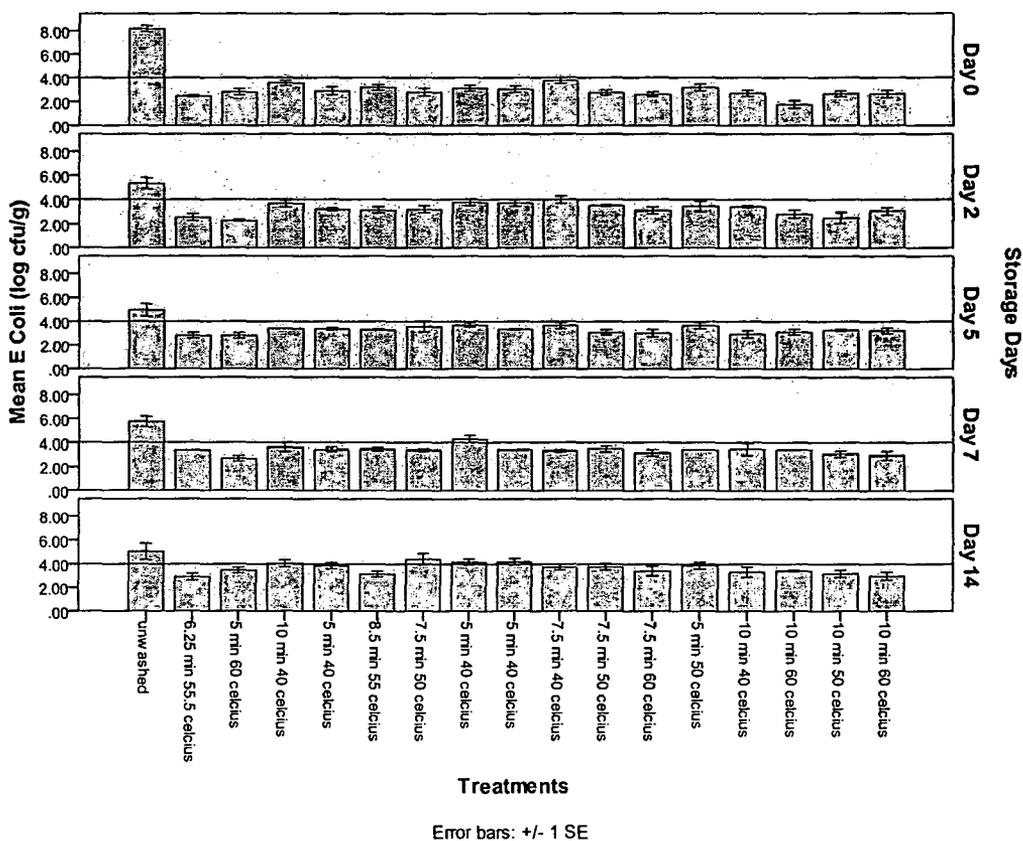
จากผลการทดลอง (ภาพที่ 49) ทุกสภาวะการล้างมีผลลดจำนวนจุลินทรีย์นับได้ทั้งหมดให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ และหากใช้อุณหภูมิและเวลามากจะลดได้มากขึ้น การใช้น้ำล้างที่ 40 °C ในทุกเวลาการล้างไม่แตกต่างกัน แต่มีผลลดจำนวนจุลินทรีย์ได้น้อยกว่าตัวอย่างอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) อายุการเก็บมีผลต่อจำนวนจุลินทรีย์ ($P < 0.05$) เมื่ออายุการเก็บเพิ่มขึ้น จุลินทรีย์นับได้ทั้งหมดเจริญเติบโตได้เพิ่มขึ้น



ภาพที่ 50 ผลของอุณหภูมิน้ำ (°C) และเวลาในการล้าง (นาที) ในเนื้อมะละกอสดตัดแต่งต่อจำนวนจุลินทรีย์นับได้ทั้งหมด ยีสต์และรา (log cfu/g)

จากผลการทดลอง (ภาพที่ 49) ทุกสภาวะการล้างมีผลลดจำนวนยีสต์และราได้อย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับตัวอย่างไม่ล้าง แต่ไม่มีความแตกต่างระหว่างสภาวะการล้างทั้ง 16 สภาวะ

อายุการเก็บมีผลต่อจำนวนยีสต์และรา ($P < 0.05$) เมื่ออายุการเก็บเพิ่มขึ้นยีสต์และราเจริญเติบโตได้เพิ่มขึ้น



ภาพที่ 51 ผลของอุณหภูมิน้ำ (°C) และเวลาในการล้าง (นาที) ในเนื้อมะละกอสดตัดแต่งต่อจำนวน *E. coli* (log cfu/g)

จำนวน *E. coli* ที่ inoculate และเกาะติดที่ผิวเปลือกมะละกอ และปนเปื้อนเข้ามาในเนื้อมะละกอตัดแต่งมีมากถึง 8.94 ± 0.31 ซึ่งเป็นจำนวนที่มาก ซึ่งระหว่างที่พักรอมะละกอหลังจากทำการ inoculate *E. coli* เพิ่มจำนวนขึ้นจากที่กำหนด ซึ่งผู้วิจัยสังเกตได้จากกลิ่นเหม็นของเชื้อที่ผิวเปลือกมะละกอ

วัตถุประสงค์ของผู้วิจัยคือต้องการเปรียบเทียบวิธีการเตรียมมะละกอสดตัดแต่งที่ใช้อุปกรณ์ในการปอกและตัดแต่งชุดเดียวกันทั้งถุงมือ มีดสองคม มีด และเชียง เพื่อให้เกิดสถานการณ์ปนเปื้อนข้ามจากผิวเปลือกมายังเนื้อ ผลจากการวิจัยจะได้นำไปแนะนำเป็นแนวทางมาตรฐานสำหรับปฏิบัติเพื่อลดการปนเปื้อนข้ามนี้ได้

และเมื่อล้างผลด้วยน้ำร้อนสภาวะต่างๆ พบว่าสามารถลดจำนวน *E. coli* ได้อย่างมีนัยสำคัญทุกสภาวะเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างไม่ล้าง ($P \leq 0.05$) แต่ยังมีเหลือรอดอยู่ เมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น *E. coli* เจริญเติบโตขึ้นไม่มากไม่แตกต่างกัน แสดงว่าอุณหภูมิตู้เย็นสามารถควบคุมได้

6. ผลของอุณหภูมิและเวลาในการล้างต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค

6.1.1 การประเมินทางประสาทสัมผัส

การทดลองนี้ใช้การประเมินทางประสาทสัมผัส แบบการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคในด้าน ลักษณะปรากฏโดยรวม (Appearance) สี (color) กลิ่น (Aroma) รส (Taste) และการยอมรับโดยรวม (Overall acceptance) ใช้วิธี 9-point hedonic scale (ISO 4121:1987) โดยคะแนน 9 เท่ากับ “ยอมรับมากที่สุด” จนถึงคะแนน 1 เท่ากับ “ไม่ยอมรับมากที่สุด” และจุด cutoff ที่จะไม่ยอมรับคือที่คะแนนเท่ากับ 3 เท่ากับ “ไม่ยอมรับ”

ทำการทดลอง 3 ซ้ำ การทดลองที่ แต่ละการทดลอง ใช้ผู้บริโภคจำนวน 20 คนในการทดสอบ เป็นนิสิต และเจ้าหน้าที่ในคณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อายุระหว่าง 18- 26 ปี โดยในแต่ละการทดลองไม่ได้ใช้ผู้บริโภคคนเดิมทั้งหมด (การทดสอบนี้มีผู้บริโภคเข้าร่วมทั้งหมด 58 คน)

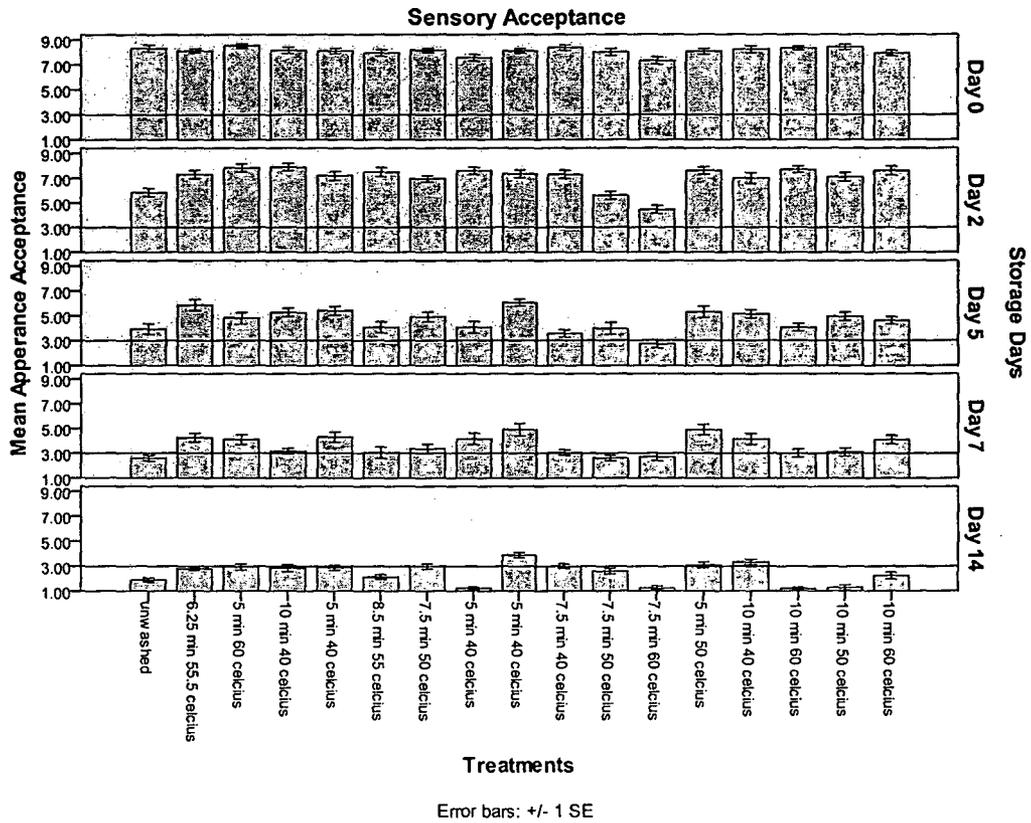
การเตรียมตัวอย่างเพื่อการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสใช้วิธีการเดียวกับงานวิจัยที่ 1 วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลโดยใช้ โปรแกรม SPSS version 14.0 และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธีของ Duncan’s New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

6.1.2 ผลการทดลอง

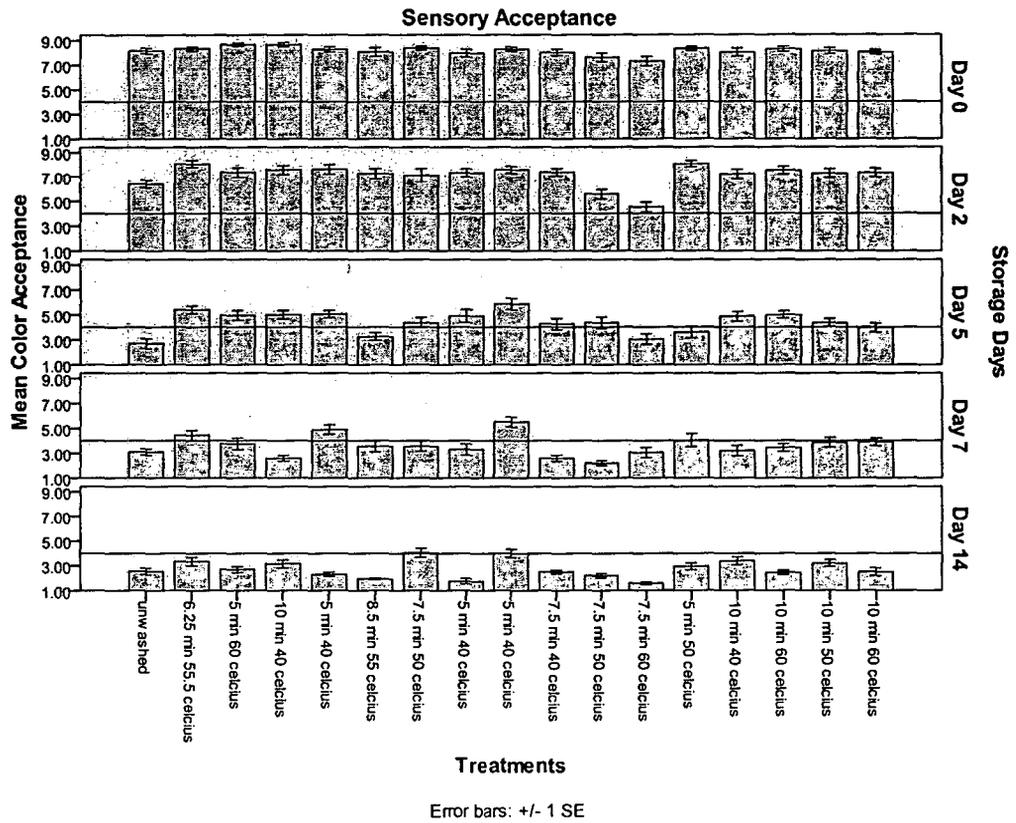
ผลคะแนนการยอมรับในลักษณะทางประสาทสัมผัสด้าน ลักษณะปรากฏโดยรวม (Appearance) สี (color) กลิ่น (Aroma) รส (Taste) และการยอมรับโดยรวม (Overall acceptance) แสดงในภาพที่ 52 ถึง 56 ในวันที่ 0 ของอายุการเก็บ (หลังปอก) ลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆได้รับการยอมรับแตกต่างกันในทุกสภาวะของการล้าง โดยไม่มีแนวโน้มเรื่องผลของอุณหภูมิและเวลา ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เกิดจากตัวอย่างที่ล้าง น้ำร้อน 60°C เป็นเวลา 7.5 นาทีได้คะแนนการยอมรับน้อยที่สุด แต่สภาวะอื่นๆไม่แตกต่างกัน ทั้งนี้เป็นเพราะตัวอย่างมะละกอแต่ละผลมีลักษณะทางประสาทสัมผัสแตกต่างกัน ซึ่งควบคุมความสม่ำเสมอได้ยาก แต่อย่างไรก็ตาม คะแนนการยอมรับอยู่ในระดับ “ยอมรับมาก”

อายุการเก็บมีผลต่อการยอมรับในลักษณะทางประสาทสัมผัสโดยเมื่ออายุการเก็บเพิ่มขึ้น การยอมรับลดลงในทุกลักษณะ ($p < 0.05$) ซึ่งเป็นธรรมชาติของผลไม้สดที่แตกต่างจากอาหารแปรรูป เมื่อหลังเก็บเกี่ยวข้องมีการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาไปในทางเสื่อมเสียตลอดระยะเวลาเก็บรักษา

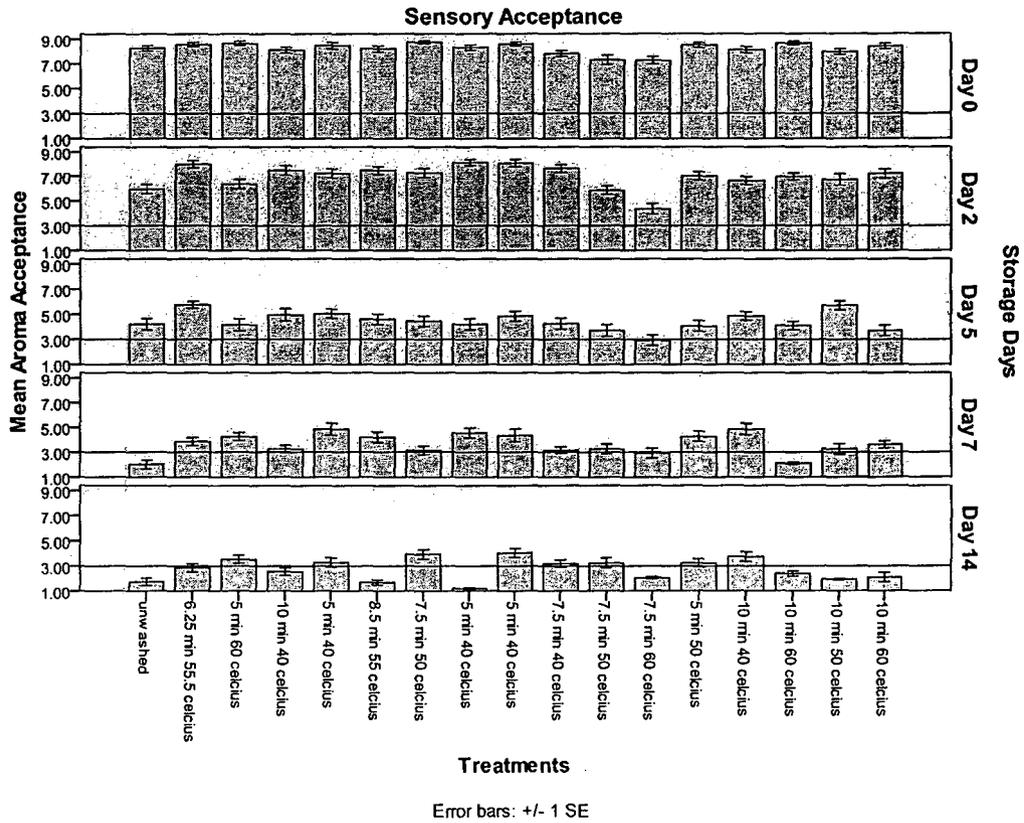
หลายตัวอย่างไม่ได้รับการยอมรับที่ อายุการเก็บ 7 วัน และที่ 14 วันทุกตัวอย่างไม่ได้รับการยอมรับ จึงสรุปว่า ตัวอย่างมะละกอสดตัดแต่งที่ล้างผลด้วยน้ำร้อนอุณหภูมิ $40-60^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 5-10 นาทีที่มีอายุการเก็บ 7 วัน



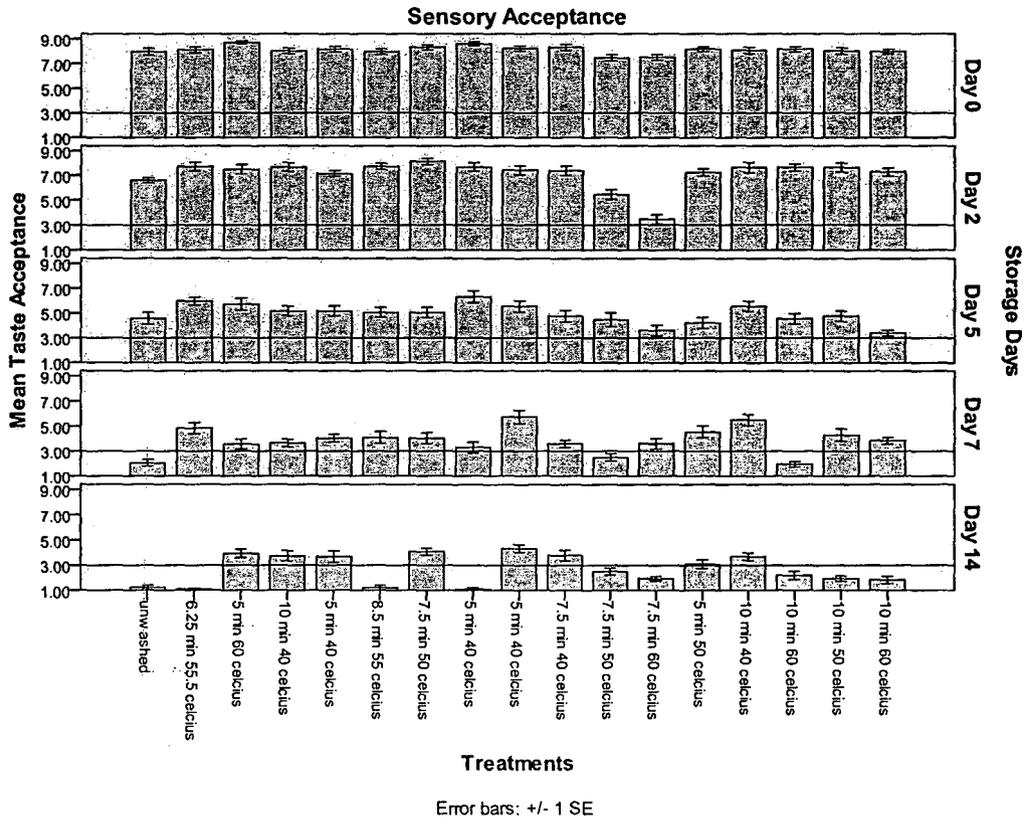
ภาพที่ 52 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏของมะละกอสดตัดแต่งจากผลมะละกอที่ผ่านการล้างด้วยน้ำร้อนสภาวะต่างๆ ที่อายุการเก็บแตกต่างกัน คะแนน 9 เท่ากับ “ยอมรับมากที่สุด” ไปจนถึง 1 เท่ากับ “ไม่ยอมรับมากที่สุด” เส้นอ้างอิงแสดง คะแนนเท่ากับ 3 “ไม่ยอมรับ” (n=20 จาก 3 replicates)



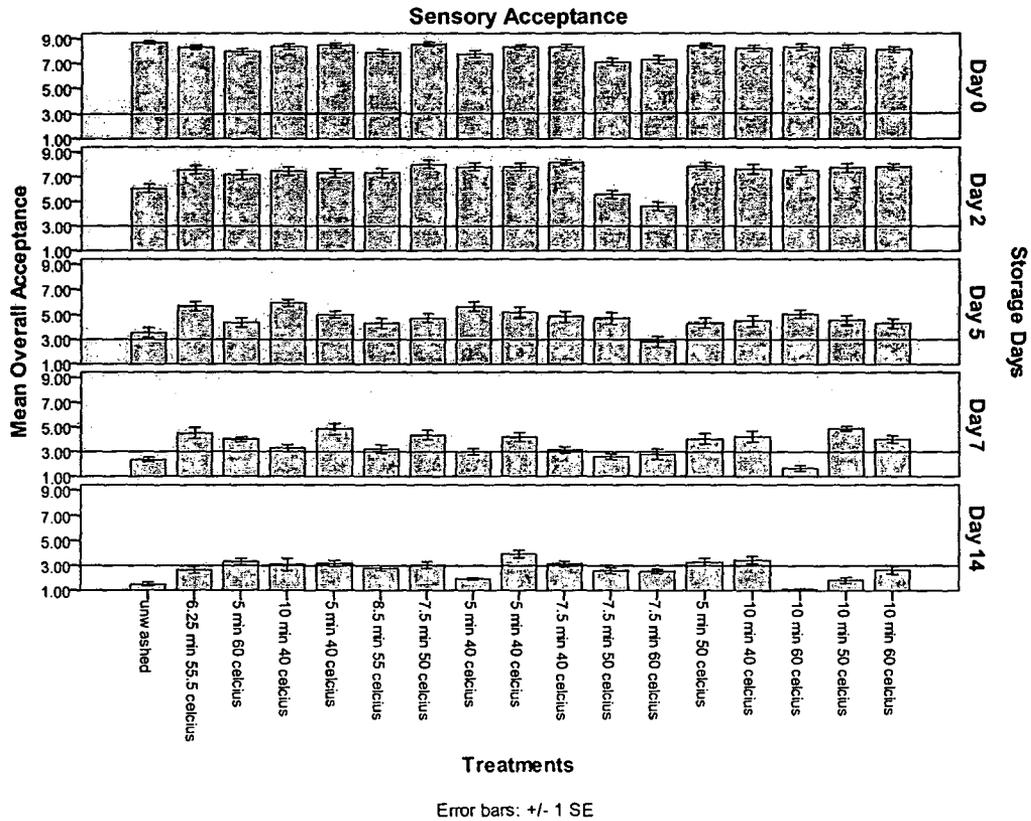
ภาพที่ 53 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านสีเนื้อของมะละกอสดตัดแต่งจากผลมะละกอที่ผ่านการล้างด้วยน้ำร้อนสภาวะต่างๆ ที่อายุการเก็บแตกต่างกัน คะแนน 9 เท่ากับ “ยอมรับมากที่สุด” ไปจนถึง 1 เท่ากับ “ไม่ยอมรับมากที่สุด” เส้นอ้างอิงแสดง คะแนนเท่ากับ 3 “ไม่ยอมรับ” (n=20 จาก 3 replicates)



ภาพที่ 54 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของมะละกอสดตัดแต่งจากผลมะละกอที่ผ่านการล้างด้วยน้ำร้อนสภาวะต่างๆ ที่อายุการเก็บแตกต่างกัน คะแนน 9 เท่ากับ “ยอมรับมากที่สุด” ไปจนถึง 1 เท่ากับ “ไม่ยอมรับมากที่สุด” เส้นอ้างอิงแสดง คะแนนเท่ากับ 3 “ไม่ยอมรับ” (n=20 จาก 3 replicates)



ภาพที่ 55 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านรสของมะละกอสดตัดแต่งจากผลมะละกอที่ผ่านการล้างด้วยน้ำร้อนสภาวะต่างๆ ที่อายุการเก็บแตกต่างกัน คะแนน 9 เท่ากับ “ยอมรับมากที่สุด” ไปจนถึง 1 เท่ากับ “ไม่ยอมรับมากที่สุด” เส้นอ้างอิงแสดง คะแนนเท่ากับ 3 “ไม่ยอมรับ” (n=20 จาก 3 replicates)



ภาพที่ 56 คะแนนการยอมรับโดยรวมของมะละกอสดตัดแต่งจากผลมะละกอที่ผ่านการล้างด้วยน้ำร้อน สภาวะต่างๆ ที่อายุการเก็บแตกต่างกัน คะแนน 9 เท่ากับ “ยอมรับมากที่สุด” ไปจนถึง 1 เท่ากับ “ไม่ยอมรับมากที่สุด” เส้นอ้างอิงแสดง คะแนนเท่ากับ 3 “ไม่ยอมรับ” (n=20 จาก 3 replicates)

7. ผลการวิเคราะห์ปริมาณ การรั่วไหลของอิเล็กโทรไลต์ ปริมาณ antioxidant และปริมาณวิตามินซี

7.1.1 การวิเคราะห์การรั่วไหลของอิเล็กโทรไลต์

การวิเคราะห์ค่าการรั่วไหลของอิเล็กตรอนทำได้โดยดัดแปลงวิธีของ Cottee *et al.* (2009) Fan and Sokorai (2005) และ McCollum *et al.* (1995) ใช้ cork border ขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 4 mm เจาะเนื้อมะละกอแต่ละทริทเมนต์ และผ่านตามขวางให้เป็นชั้นบางๆ หนาประมาณ 1 mm 10 ชั้น ล้างด้วย น้ำสกัดไอออนปริมาตร 10 1 ครั้งและแช่ทิ้งไว้ใน น้ำสกัดไอออน ปริมาตร 10 ml ใน ไซในขวดปิดฝา (screw cap bottle) ทิ้งไว้ 30 นาที จากนั้นเหน็บใส่บีกเกอร์ วัดค่าการนำไฟฟ้า (conductivity) ด้วยเครื่องวัด conductivity (Hanna HI 98303, USA) เป็นค่าการรั่วไหลเริ่มต้นจากนั้นนำน้ำกลับคืนขวด นำไป

Autoclave ที่ 121 °C 25 นาที ทั้งไว้นจนเย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้ววัดค่าการนำไฟฟ้าอีกครั้ง (ค่าการรั่วไหลทั้งหมด) นำค่าที่ได้ทั้งหมดมาคำนวณค่าการรั่วไหลของอิเล็กตรอน (%)

ตารางที่ 12 การรั่วไหลของอิเล็กตรอน (%) ของเนื้อมะละกอสดัดแต่งที่ผ่านการล้างสภาวะต่างๆ

การรั่วไหลของอิเล็กตรอน (%)							
Run	อายุการเก็บ (วัน)			Run	อายุการเก็บ (วัน)		
	0	7	14		0	7	14
1	23.67±0.56 ^{bc}	35.20 ±0.56 ^{bc}	37.0 ±0.46 ^b	9	21.73±0.62 ^a	32.20 ±0.56 ^{ab}	43.67±0.56 ^c
2	23.90±0.53 ^c	45.20±0.12 ^d	48.11±0.14 ^{cd}	10	24.50±0.12 ^d	34.20±0.23 ^{bc}	41.11±0.53 ^{bc}
3	23.50±0.46 ^{ab}	30.50±0.22 ^a	32.15±0.21 ^a	11	23.89±0.32 ^c	39.20±0.11 ^{cd}	54.10±0.21 ^d
4	22.61±0.02 ^a	29.20±0.01 ^a	30.23±0.31 ^a	12	22.87±0.14 ^{ab}	44.00±0.30 ^d	47.12±0.22 ^{cd}
5	23.40±0.16 ^{ab}	33.10±0.32 ^b	36.21±0.11 ^b	13	24.56±0.52 ^d	38.20±0.44 ^{cd}	42.61±0.07 ^{bc}
6	23.98±0.07 ^c	29.30±0.11 ^a	31.55±0.31 ^a	14	23.98±0.41 ^c	49.20±0.11 ^e	54.22±0.32 ^d
7	22.73±0.27 ^{ab}	36.10±0.56 ^c	40.25±0.61 ^{bc}	15	24.12±0.14 ^{cd}	43.20±0.32 ^d	47.11±0.11 ^{cd}
8	22.61±0.82 ^a	33.50±0.14 ^{bc}	36.2±0.13 ^b	16	24.51±0.16 ^d	44.20±0.26 ^d	46.25±0.04 ^{cd}

^{abc...} อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงการแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

การรั่วไหลของอิเล็กโตรไลต์เป็นการศึกษาความเสียหายของเซลล์โดยเกิดจากการสูญเสียแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเซลล์จากการที่เซลล์ถูกทำลายหรือเกิดสภาวะเครียด ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีต่างๆนำไปสู่การเสื่อมเสียคุณภาพได้

ในการทดลองนี้เมื่อใช้อุณหภูมิในการล้างเพิ่มขึ้น มีการรั่วไหลของอิเล็กโตรไลต์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เทียบกับตัวอย่างเนื้อมะละกอสดัดไม่ล้าง (20.40±0.16) และอายุการเก็บเพิ่มขึ้นมีการรั่วไหลของอิเล็กโตรไลต์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05)

7.1.2 การวิเคราะห์ปริมาณ antioxidant

ใช้วิธีการทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระเบื้องต้นด้วยวิธี DPPH Radical Scavenging activity ดัดแปลงจากวิธีของ Brand-Williams et al. (1995) และ Dasgupta and De (2006) ใช้สารละลายวิตามินซีเป็นมาตรฐาน

ใช้ตัวอย่างเนื้อมะละกอ 3 g สกัดด้วย 80% methanol 25 ml จากนั้นปั่นมะละกอเป็นเวลา 5 นาทีด้วย Homoginizer นำไปปั่นเหวี่ยงที่ 15000g ที่ 4 °C 20 นาทีเก็บส่วน supernatant ไว้วเคราะห์ส่วนที่ตกตะกอนนำมาสกัดอีกครั้งและรวมกับส่วนแรก เตรียมสารละลาย 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl :DPPH

(Sigma-Aldrich, USA) โดยชั่ง DPPH 0.004 g ใส่ใน volumetric flask ขนาด 250 ml แล้วปรับปริมาตรด้วย methanol จะได้ DPPH ที่มีความเข้มข้น 0.1 mM

การวิเคราะห์ที่ใช้สารสกัดมะละกอปริมาตร 0.1 ml ทำปฏิกิริยากับ DPPH ปริมาตร 3 ml ใน vial เขย่าผสมให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex mixer จากนั้นเตรียม control จาก methanol 0.1 ml ทำปฏิกิริยากับ DPPH ปริมาตร 3 ml ในหลอดทดลอง ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องในที่มืด เป็นเวลา 30 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร นำผลที่ได้มาคำนวณจับกับ DPPH ซึ่งร้อยละการยับยั้งคำนวณได้จากสมการ

$$\text{ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ(\%)} = ((A_o - A_e) / A_o) \times 100$$

A_o = ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย DPPH ที่ไม่มีตัวอย่าง

A_e = ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่าง

ตารางที่ 13 ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ (%) ของเนื้อมะละกอสดตัดแต่งที่ผ่านการล้างสภาวะต่างๆ

Run	DPPH Radical Scavenging activity (%)						
	อายุการเก็บ (วัน)			Run	อายุการเก็บ (วัน)		
	0	7	14		0	7	14
1	60.25±0.11 ^b	50.26±0.11 ^c	46.32±0.14 ^c	9	63.20±0.32 ^c	50.30±0.51 ^c	47.65±0.45
2	53.56±0.54 ^a	52.21±0.23 ^{cd}	50.22±0.74 ^{cd}	10	65.23±0.14 ^{cd}	55.23±0.74 ^d	51.23±0.14
3	60.33±0.05 ^b	54.30±0.32 ^d	50.14±0.85 ^{cd}	11	57.56±0.75 ^{ab}	52.20±0.02 ^{cd}	50.23±0.02
4	59.56±0.32 ^b	46.30±0.41 ^b	40.36±0.11 ^b	12	53.56±1.01 ^a	48.20±0.31 ^{bc}	43.65±0.16 ^{bc}
5	65.33±0.45 ^{cd}	46.30±0.02 ^b	47.55±0.02 ^c	13	60.21±0.11 ^b	49.50±0.41 ^{bc}	47.51±0.75
6	63.56±0.04 ^c	46.20±0.08 ^b	43.52±0.35 ^{bc}	14	61.22±0.56 ^{bc}	50.11±0.05 ^c	43.65±0.14 ^{bc}
7	56.56±0.75 ^{ab}	34.20±0.11 ^a	32.15±0.41 ^a	15	60.23±0.74 ^b	30.33±0.47 ^a	30.21±0.95 ^a
8	67.49±0.14 ^d	50.30±0.03 ^{bc}	51.07±0.01 ^{cd}	16	53.41±0.16 ^a	30.32±0.89 ^a	31.22±0.65 ^a

^{abc..} อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงการแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

การทดลองนี้ใช้การทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระเบื้องต้นด้วยวิธี DPPH Radical Scavenging activity โดยศึกษาความสามารถในการจับ อนุมูลอิสระของ 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl โดยหากสารสกัดมีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระมากจะเปลี่ยนสีของสารละลาย DPPH จากสีม่วงเข้มจางลงเป็นสีเหลือง การวิเคราะห์ใช้วัดการเปลี่ยนแปลงสีของสารละลายนี้โดยวัดเป็นค่าการดูดกลืนแสงและเทียบเป็น

ปริมาณความเข้มข้นของอนุมูลอิสระที่ลดลง (%) ในการทดลองนี้เมื่อใช้อนุมูลอิสระในการล้างเพิ่มขึ้น ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระลดอย่างมีนัยสำคัญ เทียบกับตัวอย่างเนื้อมะละกอสดไม่ล้าง (88.40 ± 0.85) และอายุการเก็บเพิ่มขึ้นฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)

7.1.3 การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซี

การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีใช้การไตเตรท กับสารละลาย 2,6-dichlorophenol-indophenol เตรียมสารละลายกรดที่ใช้สกัดวิตามินซีในเนื้อมะละกอโดยปีเปตกรดฟอสฟอริก (Merck, USA) 15 ml ละลายในกรดอะซิติก (Merck, USA) 40 ml และน้ำกลั่น 200 ml ปรับปริมาตรให้ครบ 500 ml ใน volumetric flask แล้วกรอง เตรียมสารละลายวิตามินซีมาตรฐาน ใช้กรดแอสคอร์บิก (L-ascorbic acid, Merck, USA) 0.05 g ละลายในกรดที่ใช้สกัด 45 ml ปรับปริมาตรให้ครบ 50 ml ใน volumetric flask เตรียมสารละลายอินโดฟินอล ใช้ 2,6-dichlorophenolindophenol (sodium salt, Merck, USA) 0.625 g ละลายในน้ำกลั่น 62.5 ml ที่มีโซเดียมไบคาร์บอเนต 52.5 mg ปรับปริมาตรให้ครบ 25 ml ใน ด้วยน้ำกลั่น นำตัวอย่างมะละกอ 10 ที่ละลายน้ำแข็งแล้ว เติมสารละลายกรดที่ใช้สกัด 50 ml นำไปปั่นด้วย Votes mixture เป็นเวลา 3 นาที แล้วกรองด้วยกระดาษกรอง (Whatman, USA) ไตเตรทสารละลายกับสารละลายอินโดฟินอลจนกระทั่งได้สีชมพูอ่อนเปรียบเทียบกับปริมาตรของสารละลายวิตามินซีมาตรฐาน

ตารางที่ 14 ปริมาณวิตามินซี (mg/g) ของเนื้อมะละกอสดตัดแต่งที่ผ่านการล้างสภาวะต่างๆ

วิตามินซี (mg/g)							
Run	อายุการเก็บ (วัน)			Run	อายุการเก็บ (วัน)		
	0	7	14		0	7	14
1	0.83 ± 0.56^{cd}	0.58 ± 0.56^c	0.32 ± 0.56^b	9	1.12 ± 0.86^{de}	0.86 ± 0.55^d	0.76 ± 0.51^d
2	0.59 ± 0.22^{ab}	0.32 ± 0.14^b	0.21 ± 0.11^{ab}	10	0.84 ± 0.56^{cd}	0.56 ± 0.02^c	0.51 ± 0.21^c
3	1.13 ± 0.14^{de}	0.75 ± 0.55^{cd}	0.65 ± 0.21^{cd}	11	0.49 ± 0.11^{ab}	0.32 ± 0.11^b	0.48 ± 0.36^c
4	1.32 ± 0.68^e	0.86 ± 0.21^d	0.45 ± 0.32^{bc}	12	0.71 ± 0.15^c	0.45 ± 0.22^{bc}	0.36 ± 0.41^b
5	0.76 ± 0.45^c	0.32 ± 0.31^b	0.21 ± 0.11^{ab}	13	0.91 ± 0.11^d	0.43 ± 0.10^{bc}	0.37 ± 0.09^b
6	0.76 ± 0.55^c	0.42 ± 0.04^{bc}	0.11 ± 0.32^a	14	0.35 ± 0.25^a	0.19 ± 0.32^{ab}	0.20 ± 0.14^{ab}
7	0.93 ± 0.14^d	0.88 ± 0.25^d	0.75 ± 0.11^d	15	0.63 ± 0.36^b	0.22 ± 0.11^{ab}	0.15 ± 0.05^a
8	0.91 ± 0.03^d	0.05 ± 0.91^a	0.10 ± 0.09^a	16	0.64 ± 0.14^b	0.12 ± 0.06^{ab}	0.22 ± 0.01^{ab}

^{abc.} อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงการแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ความแตกต่างของปริมาณวิตามินซีในมะละกอสดตัดแต่งแต่ละสภาวะการล้างเป็นผลจากความแตกต่างของวัตถุดิบ แต่อย่างไรก็ตามพบแนวโน้มว่าหากใช้อุณหภูมิสูงขึ้นปริมาณวิตามินซีจะมีการสูญเสียเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับตัวอย่างไม่ล้าง (1.71 ± 0.33) และอายุการเก็บเพิ่มขึ้นมีผลทำให้วิตามินซีลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)

8. การพยากรณ์อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการใช้น้ำร้อนล้างผลมะละกอเพื่อการเตรียมมะละกอสดตัดแต่ง

การพยากรณ์อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการใช้น้ำร้อนล้างผลมะละกอเพื่อการเตรียมมะละกอสดตัดแต่งใช้แผนการทดลองแบบ Response surface, D-optimal 2 ปัจจัย ใช้โปรแกรม design expert 7.0 (Stat ease) โดยกำหนดเกณฑ์ในการหาจุดที่เหมาะสม ดังนี้

เกณฑ์ที่ 1. การลดจุลินทรีย์ (log reduction cfu/g) ให้มากที่สุด

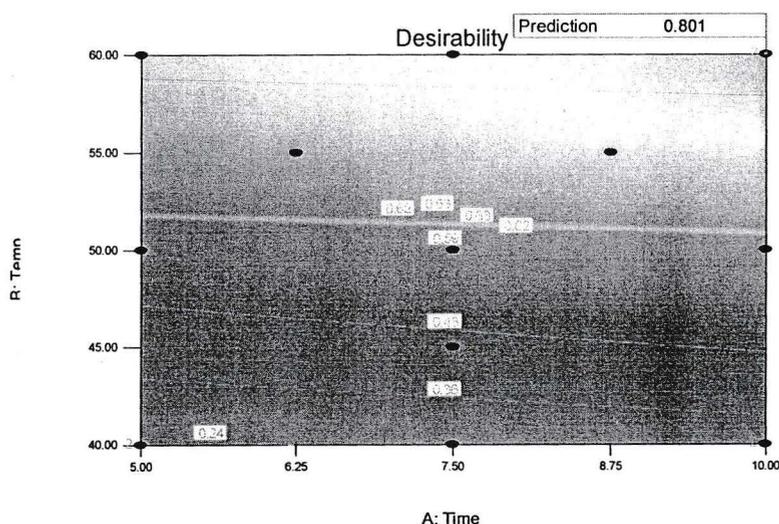
1.1 อายุการเก็บ 0 วัน

Log reduction ของ จุลินทรีย์นับได้ทั้งหมด ยีสต์และรา และ *E.coli* เป็น 2.97 2.15 และ 3.80 cfu/g ตามลำดับ หลังล้าง (วันที่ 0) อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมที่พยากรณ์ได้คือ การล้างที่ใช้ อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 10 นาที โดยมีค่า Desirability ของการทดลองสูงที่สุด เท่ากับ 0.801

Design-Expert® Software

Desirability
● Design Points
1
0

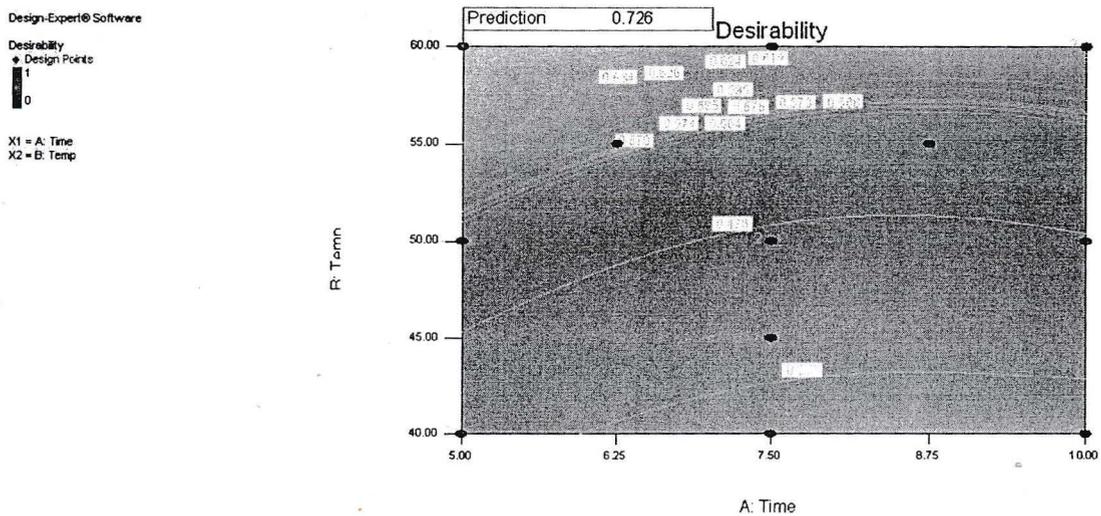
X1 = A: Time
X2 = B: Temp



ภาพที่ 57 Contour plot ของ Desirability อุณหภูมิและเวลาในการลดจุลินทรีย์ลงได้มากที่สุด ในอายุการเก็บ 0 วัน

1.2 อายุการเก็บ 7 วัน

Log reduction ของ จุลินทรีย์ยับยั้งทั้งหมด ยีสต์และรา และ *E.coli* ในวันที่ 7 เป็น 1.92 0.19 และ 3.61 cfu/g ตามลำดับ อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมที่พยากรณ์ได้คือ การล้างที่ใช้อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 5 นาที โดยมีค่า Desirability ของการทดลองสูงที่สุด เท่ากับ 0.726



ภาพที่ 58 Contour plot ของ Desirability อุณหภูมิและเวลาในการลดจุลินทรีย์ลงได้มากที่สุดในการอายุการเก็บ 7 วัน

เกณฑ์ที่ 2. การยอมรับทางประสาทสัมผัสสูงสุด

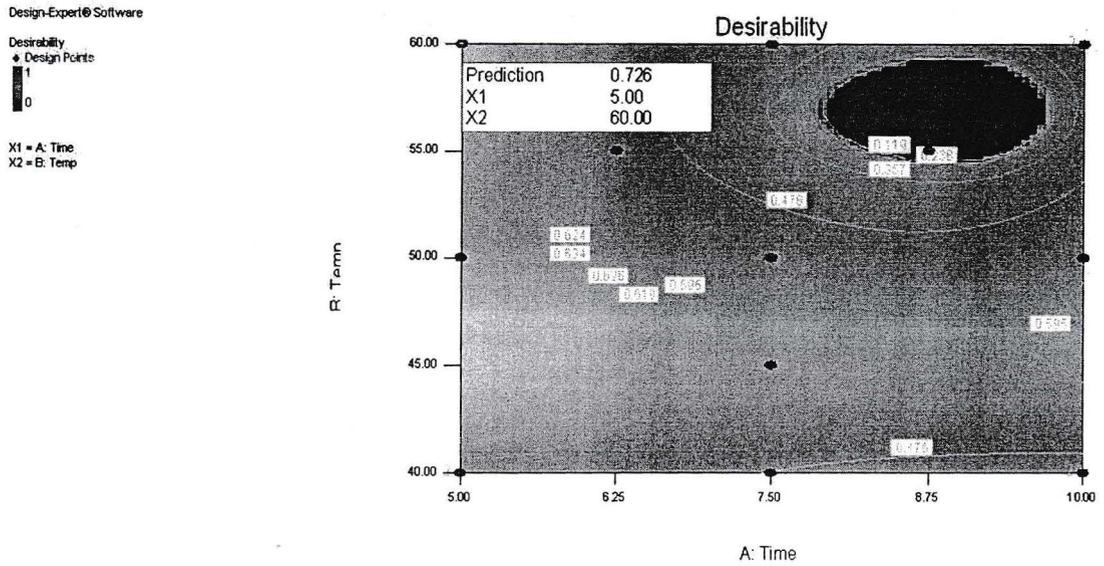
2.1 อายุการเก็บ 0 วัน

คะแนนการยอมรับในลักษณะทางประสาทสัมผัสด้าน ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รส และการยอมรับโดยรวมที่สูงที่สุด เท่ากับ 0.87 8.50 8.40 8.62 และ 8.16 ตามลำดับ อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมที่พยากรณ์ได้คือ การล้างที่ใช้อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 5 นาที โดยมีค่า Desirability ของการทดลองสูงที่สุด เท่ากับ 0.726 (ภาพที่ 59)

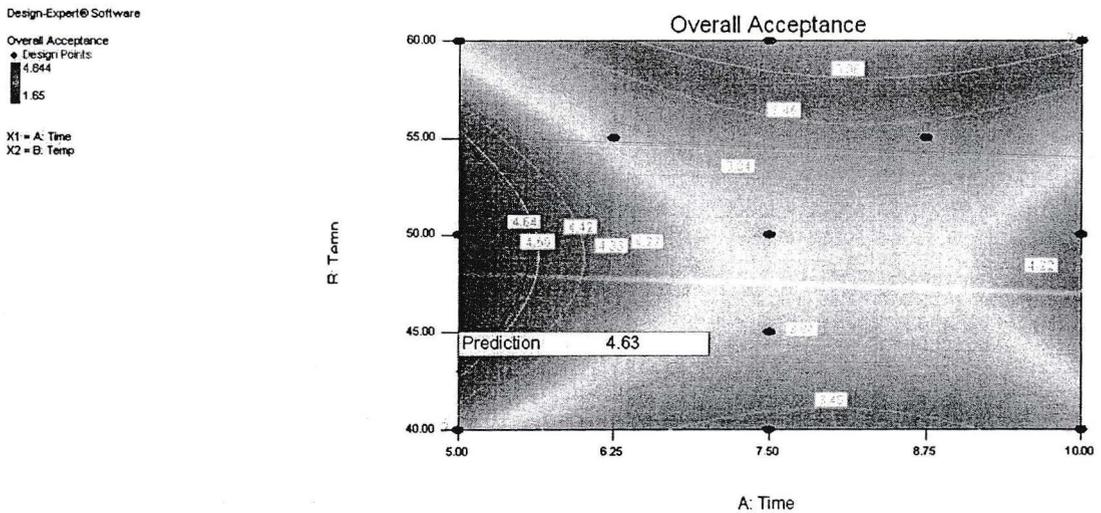
2.2 อายุการเก็บ 7 วัน

คะแนนการยอมรับในลักษณะทางประสาทสัมผัสด้าน ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รส และการยอมรับโดยรวมที่สูงที่สุด เท่ากับ 4.43 4.66 3.81 4.06 และ 4.63 ตามลำดับ อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสม

ที่พยากรณ์ได้คือ การล้างที่ใช้อุณหภูมิ 42.93 °C เป็นเวลา 5 นาที โดยมีค่า Desirability ของการทดลองสูงที่สุด เท่ากับ 0.670 (ภาพที่ 60)



ภาพที่ 59 Contour plot ของ Desirability อุณหภูมิและเวลาที่คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสมากที่สุด ในอายุการเก็บ 0 วัน

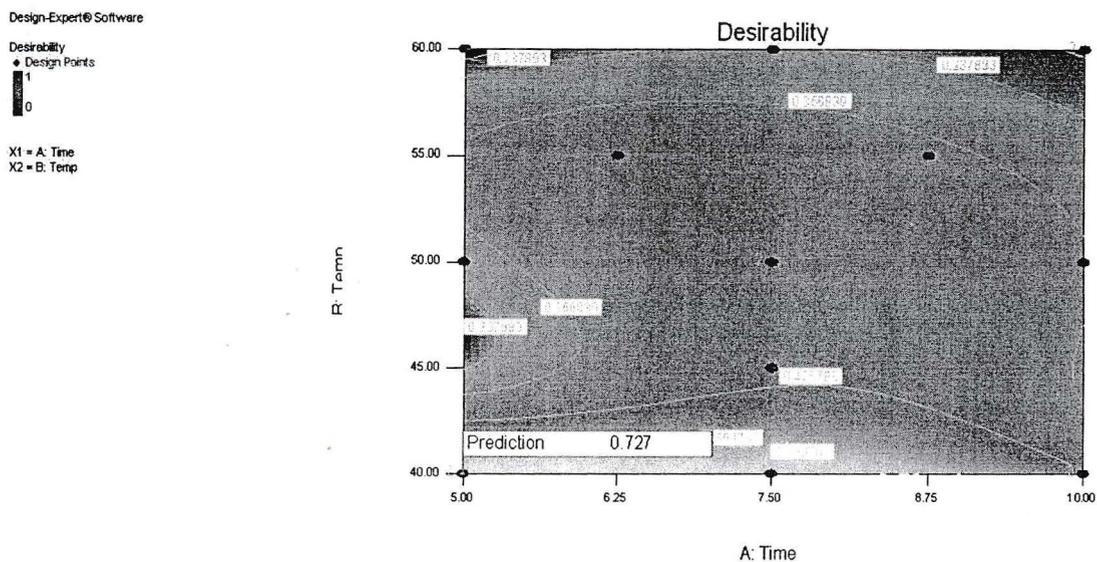


ภาพที่ 60 Contour plot ของ Desirability อุณหภูมิและเวลาที่คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสที่สุดในอายุการเก็บ 7 วัน

เกณฑ์ที่ 3. คุณภาพสูงสุด

3.1 อายุการเก็บ 0 วัน

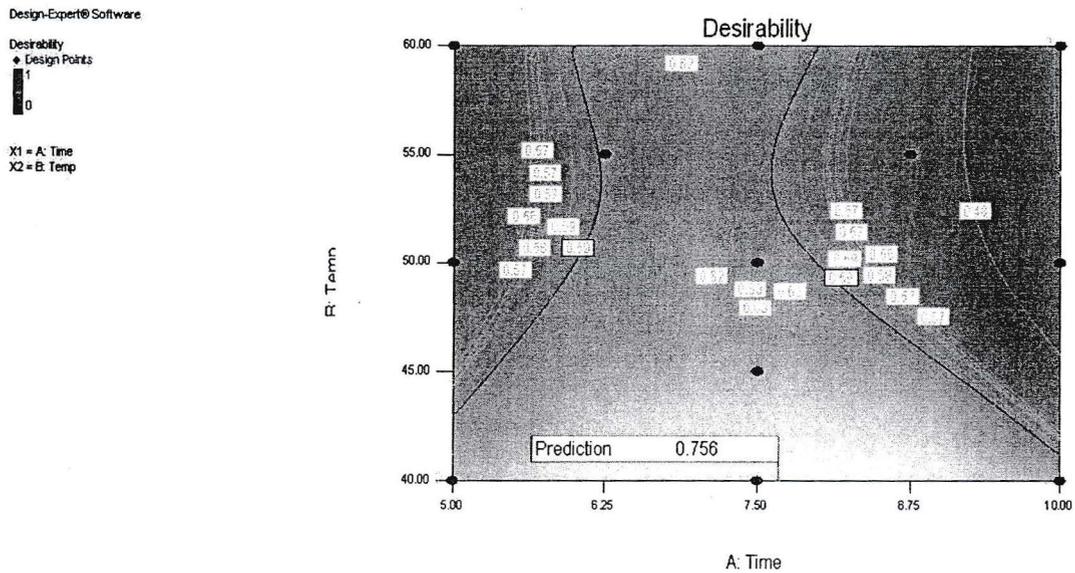
เมื่อกำหนดให้มีปริมาณการรั่วไหลของอิเล็กโตรไลต์ต่ำที่สุด ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงสุด และปริมาณวิตามินซีสูงสุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 22.26% 63.15% และ 1.11 mg/g ตามลำดับ อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมที่พยากรณ์ได้คือ การล้างที่ใช้อุณหภูมิ 40 °C เป็นเวลา 5 นาที โดยมีค่า Desirability ของการทดลองสูงสุด เท่ากับ 0.727



ภาพที่ 61 Contour plot ของ Desirability อุณหภูมิและเวลาที่คงคุณภาพมากที่สุดในการเก็บ 0 วัน

3.2 อายุการเก็บ 7 วัน

เมื่อกำหนดให้มีปริมาณการรั่วไหลของอิเล็กโตรไลต์ต่ำที่สุด ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงสุดและปริมาณวิตามินซีสูงสุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 28.12% 51.19% และ 0.46 mg/g ตามลำดับ อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมที่พยากรณ์ได้คือ การล้างที่ใช้อุณหภูมิ 40 °C เป็นเวลา 7.67 นาที โดยมีค่า Desirability ของการทดลองสูงสุด เท่ากับ 0.756 (ภาพที่ 62)



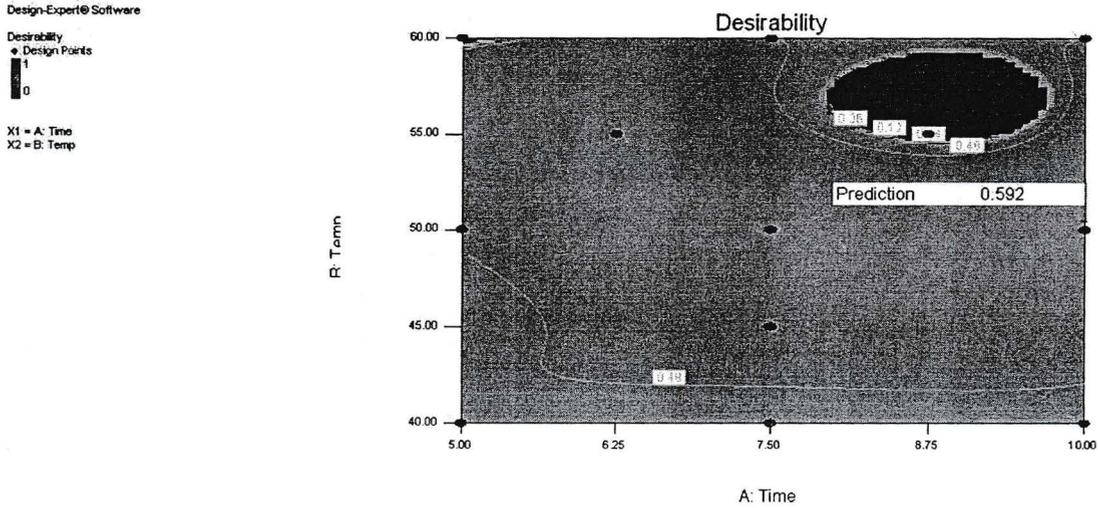
ภาพที่ 62 Contour plot ของ Desirability อุณหภูมิและเวลาที่คงคุณภาพมากที่สุดในการเก็บ 7 วัน

4. อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสม

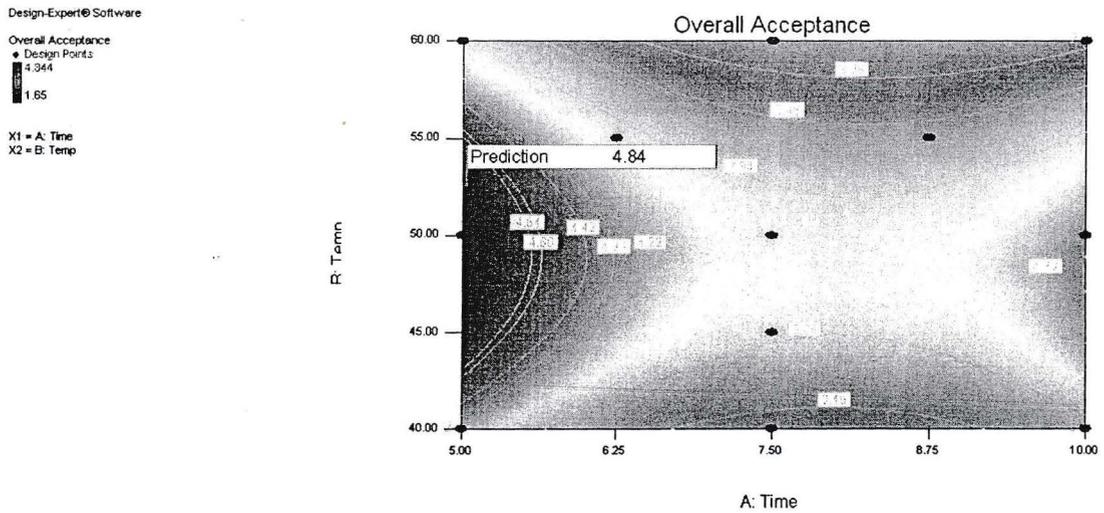
การพยากรณ์หาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมโดยให้เกณฑ์ของดัชนีที่ทำการวิเคราะห์ทั้งหมดเป็นไปตามที่กำหนด ดังในข้อ 1 2 3 ที่กล่าวแล้วข้างต้น ผลการพยากรณ์เป็นดังภาพที่ 63 และ 64

สำหรับหลังล้าง อายุการเก็บ 0 วันอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมที่สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ได้มากที่สุด มีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสมากที่สุด และเกณฑ์คุณภาพดีที่สุด เท่ากับอุณหภูมิของน้ำล้าง 50.43 °C และล้างเป็นเวลา 10 นาที โดยมีค่า Desirability ของการทดลองสูงที่สุดเท่ากับ 0.592

หากพิจารณาที่วันสิ้นสุดอายุการเก็บ 7 วัน จะได้ที่ 52.63 °C และล้างเป็นเวลา 5.03 นาที โดยมีค่า Desirability ของการทดลองสูงที่สุด เท่ากับ 0.582 ดังนั้นอาจกล่าวได้เวลา อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมคือ 50.43-52.63 °C เวลาล้าง 5.03-10 นาที



ภาพที่ 63 Contour plot อุณหภูมิและเวลาในการล้างที่เหมาะสมที่สุดในอายุการเก็บ 0 วัน



ภาพที่ 64 Contour plot อุณหภูมิและเวลาในการล้างที่เหมาะสมที่สุดในอายุการเก็บ 7 วัน

ผลงานวิจัยที่ 5.

การศึกษาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการใช้น้ำร้อนลดจำนวนจุลินทรีย์บนเบื้อนในเงาสดตัดแต่ง

จากผลการทดลองผลงานวิจัยที่ 1 พบว่า สภาวะการล้างด้วยน้ำอุณหภูมิ 30 และ 40 °C เป็นเวลาน้อยกว่า 5 นาทีไม่ทำให้เงาสดตัดแต่งเปลี่ยนแปลงด้านลักษณะทางประสาทสัมผัสแต่ไม่มีผลลดจำนวนจุลินทรีย์ลงได้ เมื่อใช้อุณหภูมิสูงที่ 50-60°C และเวลาในการล้างมากกว่าหรือเท่ากับ 5 นาที สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์บนผลเงาสได้อย่างมีนัยสำคัญแต่มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะประสาทสัมผัสมาก โดยเฉพาะการล้างเป็นเวลานานถึง 10 นาที

งานวิจัยในขั้นนี้จึงวางแผนเพื่อหาอุณหภูมิของน้ำล้างและเวลาที่เหมาะสมในการล้างผลเงาสเพื่อเตรียมเงาสดตัดแต่ง โดยมีการใช้การ Inoculation จุลินทรีย์เพื่อให้ได้ปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นเท่ากับ และใช้จุลินทรีย์ที่เป็น indicator ของการไม่ยอมรับ ศึกษาในด้านนี้ชี้วัดคุณภาพอื่นๆ เช่น การเปลี่ยนแปลงค่าสี ปริมาณวิตามินซี และการรั่วไหลของอิเล็กโทรไลต์และได้ทำการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคเพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจ

1. แผนการทดลอง

จากผลงานวิจัยที่ 1 กำหนดช่วงของอุณหภูมิน้ำล้างเป็น 50-60 °C เวลาในการล้างเป็น 2-5 นาที ออกแบบการทดลองแบบ D-optimal 2 ปัจจัย ให้มีซ้ำ 3 ซ้ำและค่ากลางอีก 2 ค่า

ได้ชุดสิ่งการทดลองทั้งหมด 16 การทดลอง (Design expert 7.0, Stat ease)

ค่าดัชนีคุณภาพที่ใช้ (Response indicators) คือ

1. การลดลงของจำนวนจุลินทรีย์นับได้ทั้งหมด
2. การลดลงของจำนวนยีสต์และรา
3. การลดลงของ Inoculated *E. coli*
4. ระดับการยอมรับของผู้บริโภคด้านต่างๆ
5. การรั่วไหลของอิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte leakage)
6. การเปลี่ยนแปลงค่าความส่องสว่าง (L value)

ตารางที่ 15 สิ่งการทดลองสำหรับแผนการทดลองการศึกษาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการใช้น้ำร้อนลดจำนวนจุลินทรีย์ปนเปื้อนในเงาะสดตัดแต่ง

Run	Factor 1 เวลา (นาที)	Factor 2 อุณหภูมิ (°C)	Run	Factor 1 เวลา (นาที)	Factor 2 อุณหภูมิ (°C)
1	2.75	57.5	9	3.5	50
2	2	60	10	3.5	55
3	5	50	11	3.5	60
4	2	50	12	2	55
5	4.25	57.5	13	5	50
6	3.5	55	14	5	60
7	3.5	52.5	15	5	55
8	2	50	16	5	60

2. วัตถุดิบเงาะ

ใช้เงาะสดพันธุ์โรงเรียน จากอ.นาสาร จังหวัดสุราษฎร์ธานีในฤดูกาล เก็บเกี่ยวในช่วงเดือนพฤษภาคม 2552 แบ่งเป็น 2 ชุดใช้ในการวิเคราะห์จุลินทรีย์ และรุ่นที่ 2 ขนส่งมาจากสวนเดียวกันโดยเก็บเกี่ยวหลังจากรุ่นแรก 1 เดือน วันเพื่อใช้สำหรับการทดสอบทางประสาทสัมผัส

3. การ inoculation

3.1 สายพันธุ์ *E. coli*

ใช้ *E. coli* ทั้งหมด 5 สายพันธุ์ เช่นเดียวกับการทดลองที่ 4 ในมะละกอสดตัดแต่ง การเตรียมเชื้อ ทำโดยนำ *E. coli* สายพันธุ์ลำดับที่ 1-4 ออกจาก stock ampoule ตามวิธีของ Tistr, MERCEN สายพันธุ์ที่ 5 อยู่บน Agar slant จากนั้น subculture เป็นจำนวน 2 ครั้งบนอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว Nutrient broth (Criterion, USA) และบ่มที่ 37 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ในตู้บ่มที่ติดตั้งเครื่องเขย่า ความเร็วรอบ 175 rpm จนได้สารแขวนลอยของเชื้อ (suspension) ความเข้มข้นที่มี Optical density อ่านเท่ากับ 0.4 (OD₆₀₀) หากยังไม่ได้ OD ปรับด้วย Nutrient broth หรือสารแขวนลอยของเชื้อ จากนั้นปล่อยให้เย็นให้อยู่ในอุณหภูมิระหว่าง 12-18 °C เพื่อการปรับตัว เป็นเวลา 4 ชั่วโมง เมื่อครบเวลา นำเชื้อมาล้างให้ได้ pallets โดยการปั่นเหวี่ยงที่ 40000 g กับ 0.1% Peptone water (Difco, USA) เป็นเวลา 15 นาทีที่ 4 °C ละลายกลับ (resuspended) ด้วย 0.1% Peptone water ที่มี Hose serum 5% Hose serum (Difco, USA) ปริมาตร 10

ml นำ suspension ของแต่ละสายพันธุ์ปริมาณ 5 ml ผสมรวมกัน เจือจางด้วย 0.1% Peptone water 500 ml เพื่อให้ได้ จำนวนจุลินทรีย์เป็น 10^8 cfu/ml (Allande et al., 2009) ยืนยันจำนวน *E. coli* ด้วยการ ทำ dilution plate บนอาหารเลี้ยงเชื้อ Nutrient Agar (Criterion, USA) บ่มที่ 35 °C 24 ชั่วโมง

3.2 การ inoculation บนผลเงาะ

คัดตัวอย่างเงาะที่จะ inoculate ให้ได้ลูกที่มีขนาดสม่ำเสมอ และล้างด้วยน้ำประปา อุณหภูมิ 30 °C เป็นเวลา 5 นาที ผึ่งให้แห้งในตู้ปลอดเชื้อ

การ inoculate ใช้วิธีซุบ suspension บนผิวผลเงาะโดยบรรจุเงาะที่ต้องการ inoculate ลงใน ถุง stomacher bag ที่มีตาข่าย Sterile filter Stomacher bag (Seward Ltd., UK) แล้วเท suspension ลงในถุง ปิดผนึกและเขย่าให้ทั่วประมาณ 1 นาที ตั้งทิ้งไว้ 15 นาที ผึ่งให้แห้งเป็นเวลา 30 นาทีในตู้ปลอดเชื้อ จากนั้นจึงนำไปล้างที่สภาวะตามแผนการทดลอง สำหรับตัวอย่างที่ใช้ตรวจ จำนวนจุลินทรีย์นับได้ทั้งหมด ไม่ได้ทำการล้างก่อน นำไปล้างตามแผนการทดลอง เมื่อล้างน้ำที่สภาวะต่างๆแล้ว ทำการเตรียมเงาะตัดแต่ง ตามกรรมวิธีดังงานวิจัยที่ 3 (ภาพที่ 33)

นำผลเงาะที่ผ่านการล้างที่สภาวะต่างๆบรรจุในภาชนะ PET (KCFresh, Thailand), น้ำหนักภาชนะ 100 g (ประมาณ 3-4 ผล) บรรจุในถุงพลาสติก PD 900 (Cryovac, USA, oxygen transmission rate of 3000 ml O₂ / day m² atm at 23°C) ปิดผนึกด้วยความร้อน และเก็บรักษาในตู้เย็นที่ 4 °C โดยมีความชื้นสัมพัทธ์ 95±5% สุ่มตัวอย่างที่ หลังบรรจุ (0), 2, 5, 7, 14 และ 21 วัน

4. การวิเคราะห์จุลินทรีย์

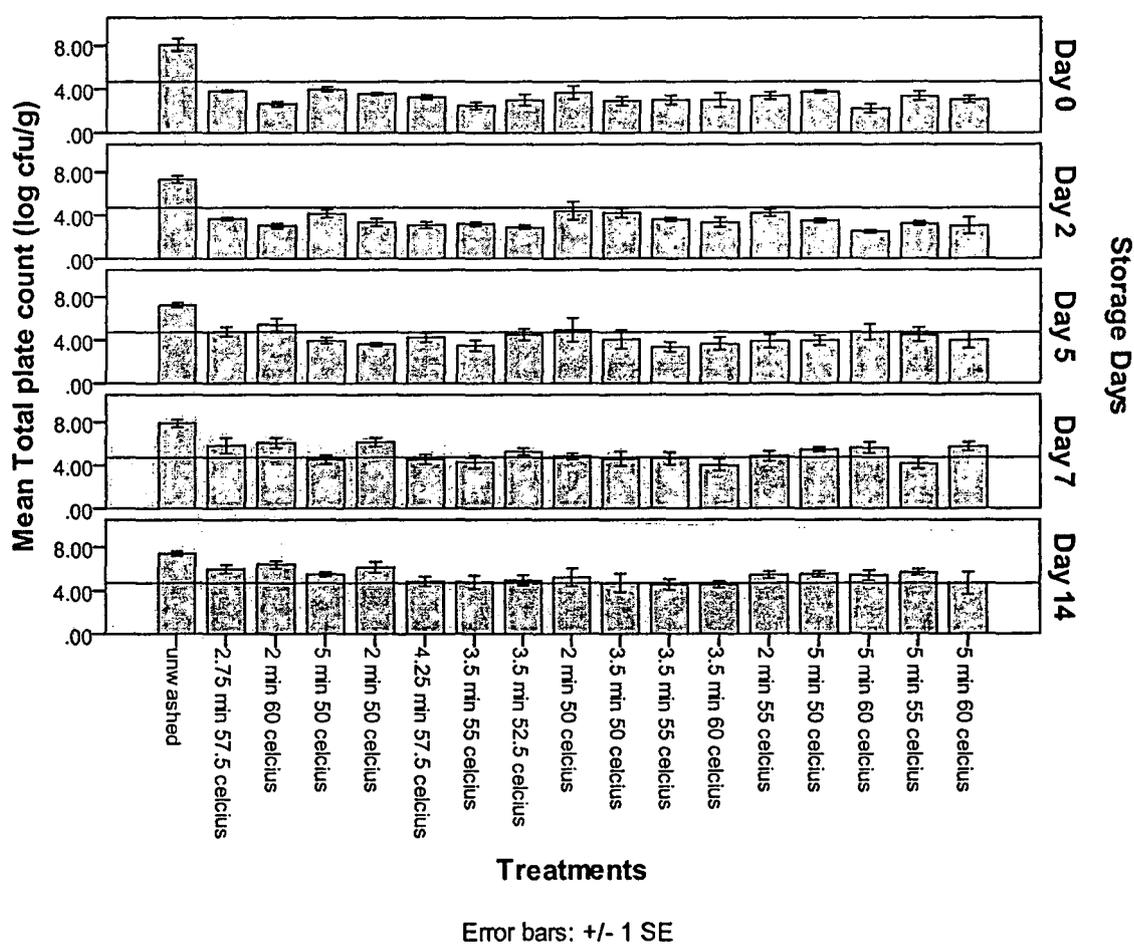
ใช้ตัวอย่าง 25 g เจือจางกับ 0.1% peptone water ปริมาตร 225 ml และเจือจางลงตามลำดับที่เหมาะสม

1. วิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์นับได้ทั้งหมด (total plate count) ใช้วิธีของ HFPB Canada, (2001) ด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อ Standard methods agar (PCA, Difco Difco Detroit, USA) บ่มที่ 30 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
2. วิเคราะห์จำนวน ยีสต์และรา ใช้วิธีของ HFPB Canada, (2002) ด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อ Dichloran-Rose Bengal-Chloramphenical Agar (Difco Detroit, USA) บ่มที่ 25 °C เป็นเวลา 36-72 ชั่วโมง
3. การวิเคราะห์จำนวน *E. coli* ใช้ 3M™ Petri film™ *E.coli* and Coliform count plate ตามวิธีของ AOAC 991.14 บ่มที่ 35 °C 48 ชั่วโมง

5. ผลของอุณหภูมิและเวลาในการล้างต่อจำนวนจุลินทรีย์

ผลจำนวนจุลินทรีย์ในเงาะสดตัดแต่งที่เตรียมจากผลเงาะที่ผ่านการล้างสภาวะต่างๆดังแผนการทดลอง แสดงในภาพที่ 65-67 ผลการทดลองพบว่า จุลินทรีย์นับได้ทั้งหมดและยีสต์และราเริ่มต้นในผลเงาะมีจำนวนสูง เมื่อนำเงาะมาแปรรูปเป็นเงาะสดตัดแต่งพบการปนเปื้อนข้ามลงมาสู่ผลิตภัณฑ์ได้ แต่อย่างไรก็ตามทุกสภาวะของการล้างสามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ได้อย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเทียบกับตัวอย่างไม่ล้าง และไม่แตกต่างกันในระหว่างทรีทเมนต์

เมื่ออายุการเก็บเพิ่มขึ้นปริมาณจุลินทรีย์นับได้ทั้งหมดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) โดยอายุการเก็บที่ 14 วันมีปริมาณมากที่สุด (ภาพที่ 65) โดยจุลินทรีย์ทั้งหมดเกินระดับที่ยอมรับได้ใน อายุการเก็บ 7 วัน



ภาพที่ 65 ผลของอุณหภูมิน้ำ ($^{\circ}\text{C}$) และเวลาในการล้าง (นาที) ในเงาะสดตัดแต่งต่อจำนวนจุลินทรีย์นับได้ทั้งหมด (log cfu/g)

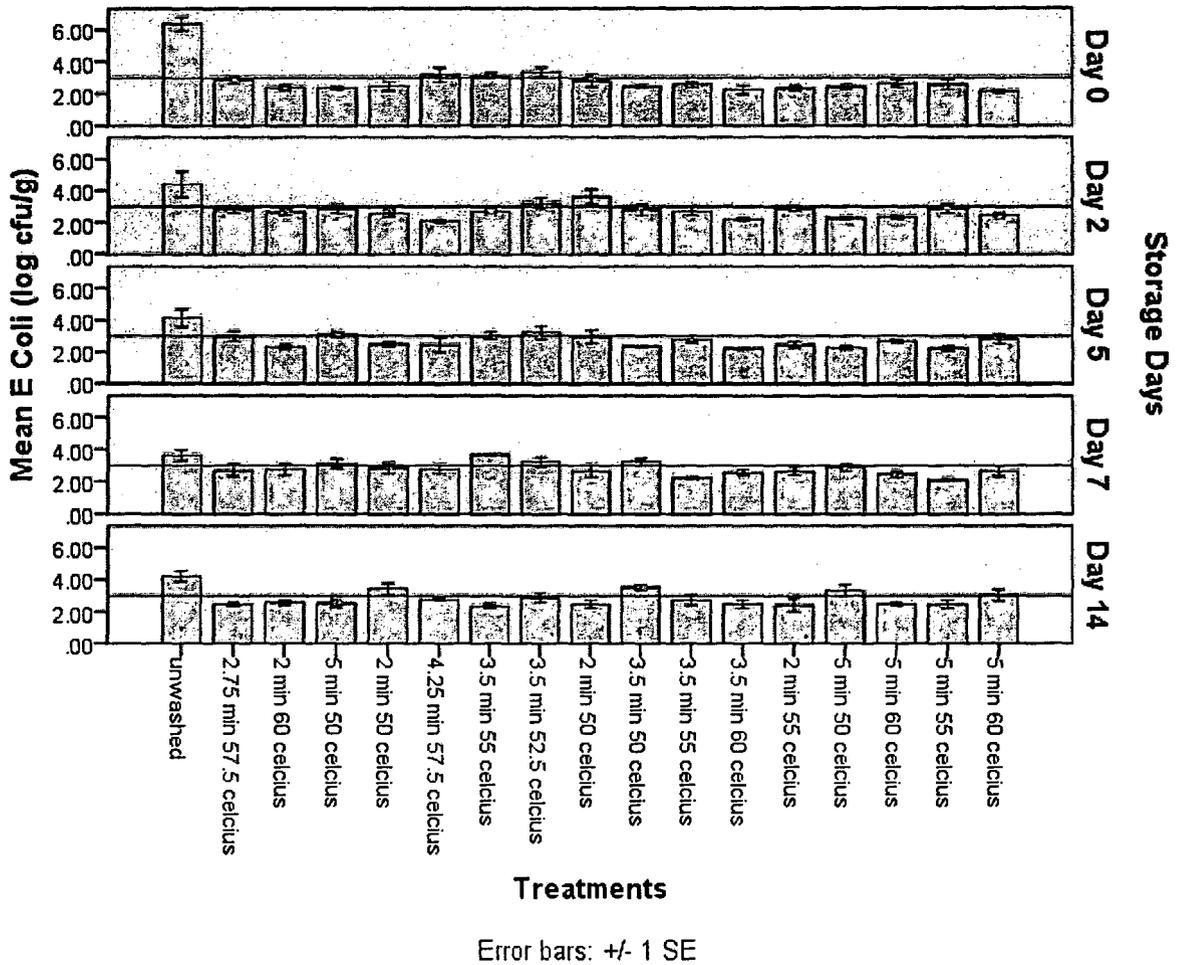


Error bars: +/- 1 SE

ภาพที่ 66 ผลของอุณหภูมิน้ำ (°C) และเวลาในการล้าง (นาที) ในเงาสดตัดแต่งต่อจำนวนยีสต์และรา (log cfu/g)

ผลจำนวนยีสต์และราในเงาสดตัดแต่งที่เตรียมจากผลเงาที่ผ่านการล้างสภาวะต่างๆดังแผนการทดลอง แสดงในภาพที่ 66 ผลการทดลองพบว่า ทุกสภาวะของการล้างสามารถลดจำนวนยีสต์และราได้อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) เมื่อเทียบกับตัวอย่างไม่ล้าง ตัวอย่างที่ล้างเป็นเวลา 2 นาทีนั้นมีผลลดได้น้อยกว่าตัวอย่างอื่นๆ

เมื่ออายุการเก็บเพิ่มขึ้นปริมาณยีสต์และราทั้งหมดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) อายุการเก็บ 0 และ 2 วันนั้นมีจำนวนยีสต์และราไม่แตกต่างกัน อายุการเก็บที่ 14 วันมีปริมาณมากที่สุด โดยเพิ่มขึ้นเกินระดับที่ยอมรับได้ใน อายุการเก็บ 5 วัน



ภาพที่ 67 ผลของอุณหภูมิน้ำ (°C) และเวลาในการล้าง (นาที) ในเงาสดติดตั้งต่อจำนวน *E.coli* (log cfu/g)

ทุกสภาวะการล้างสามารถลดจำนวน *E. coli* ได้อย่างมีนัยสำคัญทุกสภาวะเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างไม่ล้าง ($P < 0.05$) แต่พบเหลือรอดอยู่ตลอดอายุการเก็บ เมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น *E. coli* เจริญเติบโตขึ้นไม่มากและไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$)

6. ผลของอุณหภูมิและเวลาในการล้างต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค

6.1 การประเมินทางประสาทสัมผัส

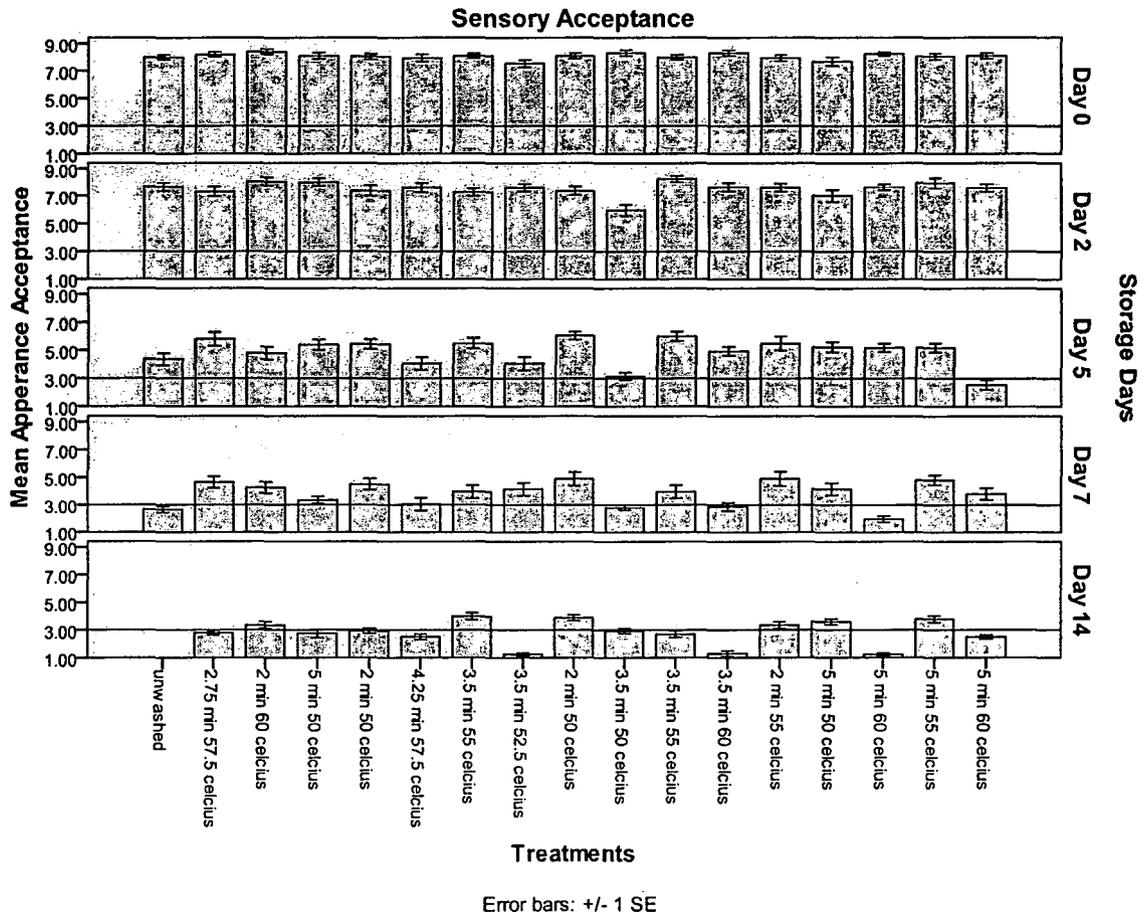
การทดลองนี้ใช้การประเมินทางประสาทสัมผัส แบบการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคในด้าน ลักษณะปรากฏโดยรวม (Appearance) สี (color) กลิ่น (Aroma) รส (Taste) และการยอมรับโดยรวม (Overall acceptance) ใช้วิธี 9-point hedonic scale (ISO 4121:1987) โดยคะแนน 9 เท่ากับ “ยอมรับมากที่สุด” จนถึงคะแนน 1 เท่ากับ “ไม่ยอมรับมากที่สุด” และจุด cutoff ที่จะไม่ยอมรับคือที่คะแนนเท่ากับ 3 เท่ากับ “ไม่ยอมรับ”

ทำการทดลอง 3 ซ้ำ การทดลองที่ แต่ละการทดลอง ใช้ผู้บริโภคจำนวน 20 คนในการทดสอบ เป็นนิสิต และเจ้าหน้าที่ในคณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อายุระหว่าง 18- 26 ปี โดยในแต่ละการทดลองไม่ได้ใช้ผู้บริโภคคนเดิมทั้งหมด (การทดสอบนี้มีผู้บริโภคเข้าร่วมทั้งหมด 61 คน)

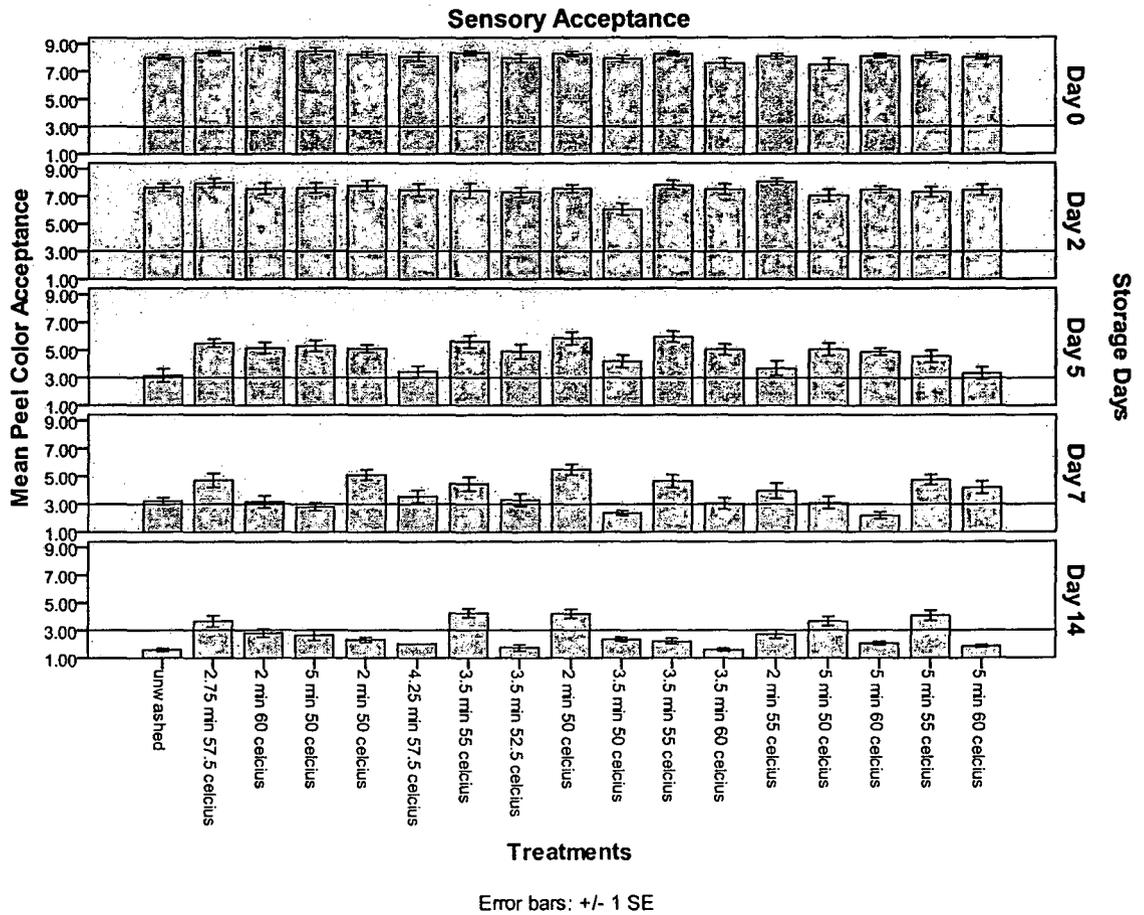
การเตรียมตัวอย่างเพื่อการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสใช้วิธีการเดียวกับงานวิจัยที่ 3 วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลโดยใช้ โปรแกรม SPSS version 14.0 และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธีของ Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

6.2 ผลการทดลอง

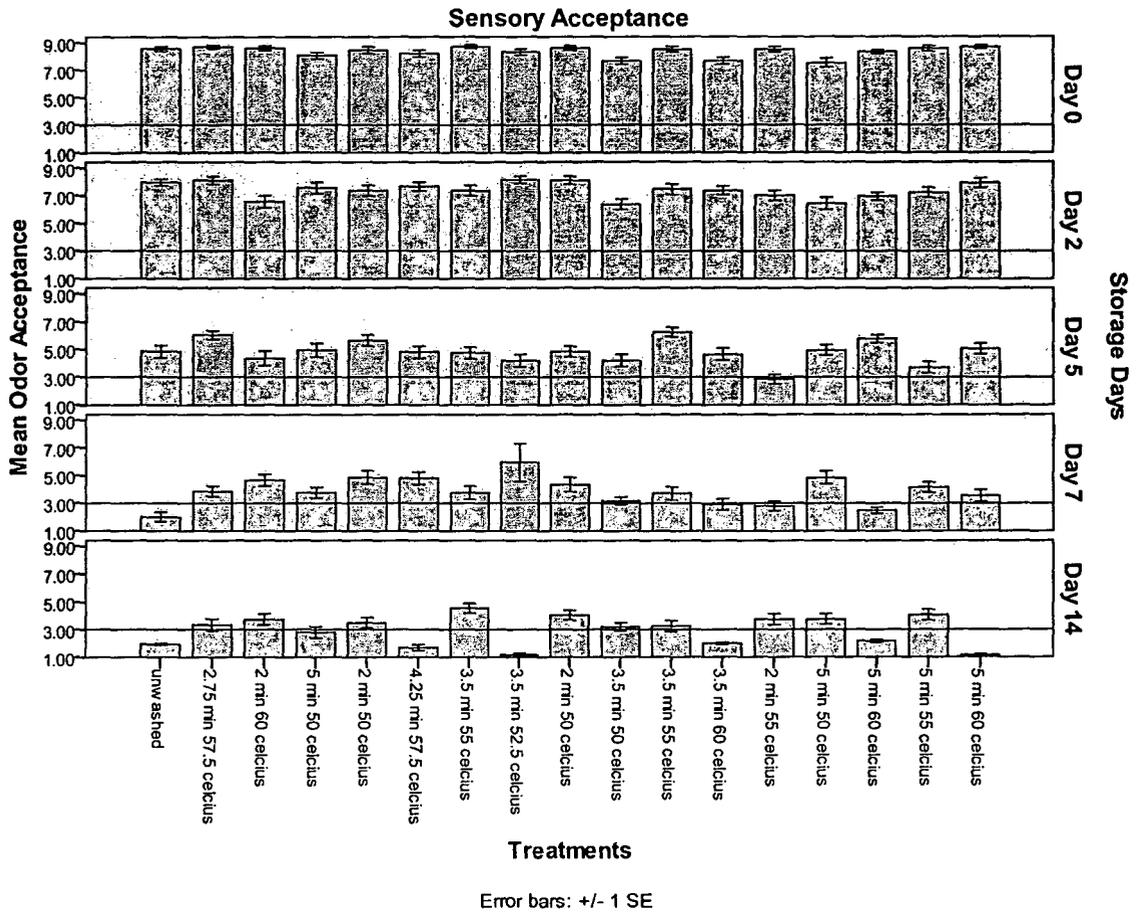
ผลคะแนนการยอมรับในลักษณะทางประสาทสัมผัสด้าน ลักษณะปรากฏโดยรวม (Appearance) สี (color) กลิ่น (Aroma) รส (Taste) และการยอมรับโดยรวม (Overall acceptance) แสดงในภาพที่ 68 ถึง



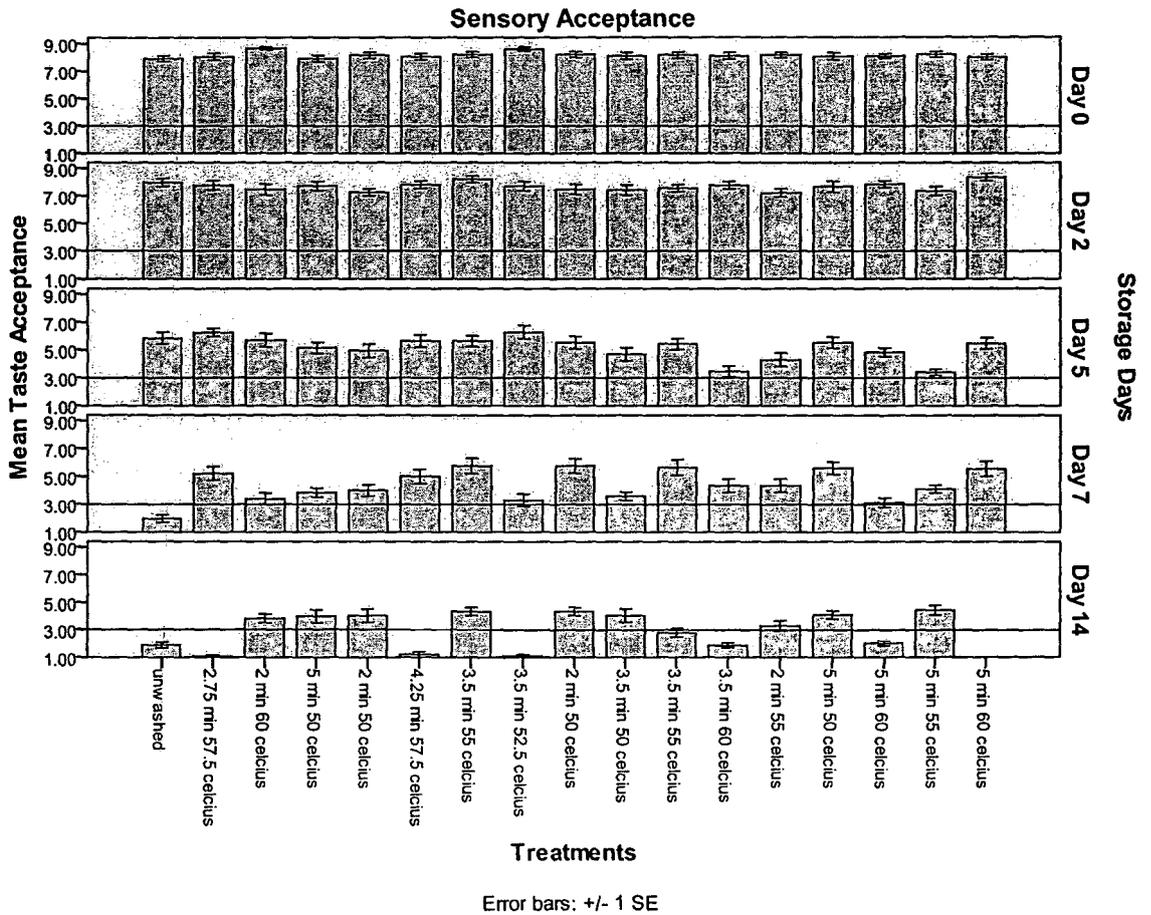
ภาพที่ 68 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏของเงาะสดตัดแต่งจากผลเงาะที่ผ่านการล้างด้วยน้ำร้อนสภาวะต่างๆ ที่อายุการเก็บแตกต่างกัน คะแนน 9 เท่ากับ “ยอมรับมากที่สุด” ไปจนถึง 1 เท่ากับ “ไม่ยอมรับมากที่สุด” เส้นอ้างอิงแสดง คะแนนเท่ากับ 3 “ไม่ยอมรับ” (n=20 จาก 3 replicates)



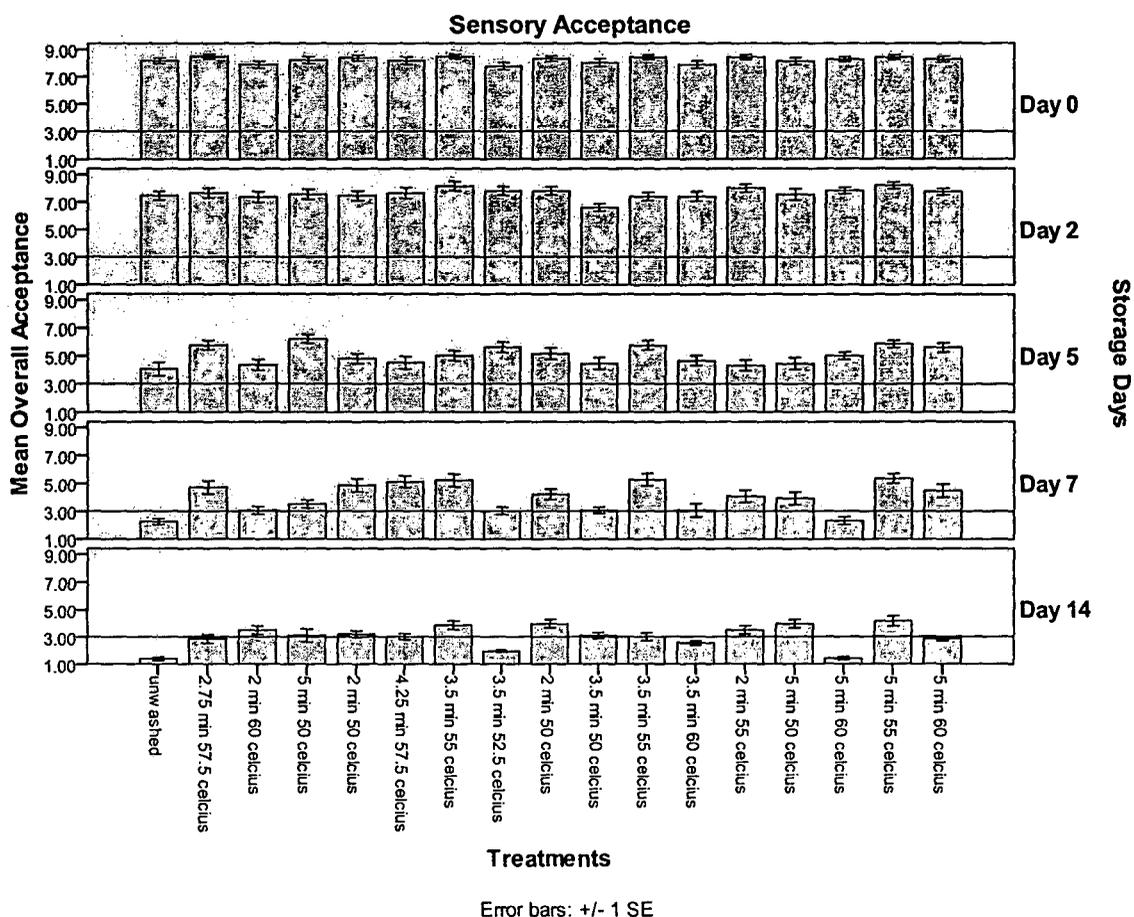
ภาพที่ 69 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านสีของเงาะสดตัดแต่งจากผลเงาะที่ผ่านการล้างด้วยน้ำร้อนสภาวะต่างๆ ที่อายุการเก็บแตกต่างกัน คะแนน 9 เท่ากับ “ยอมรับมากที่สุด” ไปจนถึง 1 เท่ากับ “ไม่ยอมรับมากที่สุด” เส้นอ้างอิงแสดง คะแนนเท่ากับ 3 “ไม่ยอมรับ” (n=20 จาก 3 replicates)



ภาพที่ 70 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของเงาะสดตัดแต่งจากผลเงาะที่ผ่านการล้างด้วยน้ำร้อนสภาวะต่างๆ ที่อายุการเก็บแตกต่างกัน คะแนน 9 เท่ากับ “ยอมรับมากที่สุด” ไปจนถึง 1 เท่ากับ “ไม่ยอมรับมากที่สุด” เส้นอ้างอิงแสดง คะแนนเท่ากับ 3 “ไม่ยอมรับ” (n=20 จาก 3 replicates)



ภาพที่ 71 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านรสของเงาะสดตัดแต่งจากผลเงาะที่ผ่านการล้างด้วยน้ำร้อนสภาวะต่างๆ ที่อายุการเก็บแตกต่างกัน คะแนน 9 เท่ากับ “ยอมรับมากที่สุด” ไปจนถึง 1 เท่ากับ “ไม่ยอมรับมากที่สุด” เส้นอ้างอิงแสดง คะแนนเท่ากับ 3 “ไม่ยอมรับ” (n=20 จาก 3 replicates)



ภาพที่ 72 คะแนนการยอมรับโดยรวมของเงาะสดตัดแต่งจากผลเงาะที่ผ่านการล้างด้วยน้ำร้อนสภาวะต่างๆ ที่อายุการเก็บแตกต่างกัน คะแนน 9 เท่ากับ “ยอมรับมากที่สุด” ไปจนถึง 1 เท่ากับ “ไม่ยอมรับมากที่สุด” เส้นอ้างอิงแสดง คะแนนเท่ากับ 3 “ไม่ยอมรับ” (n=20 จาก 3 replicates)

7.ผลการวิเคราะห์ปริมาณ การรั่วไหลของอิเล็กโทรไลต์

7.1 วิธีการ

การวิเคราะห์ค่าการรั่วไหลของอิเล็กโทรไลต์ ทำได้โดยดัดแปลงวิธีของ Cottee *et al.* (2009) Fan and Sokorai (2005) และ McCollum *et al.* (1995) ใช้ cork border ขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 4 mm เจาะเนื้อเปลือกเงาะแต่ละทรีทเมนต์ ตัดขนออกและผ่านตามขวางให้เป็นชั้นบางๆ หนา ประมาณ 1 mm 10 ชิ้น ล้างด้วยน้ำสกัดไอออนปริมาตร 10 l ครั้งและแช่ทิ้งไว้ใน น้ำสกัดไอออน ปริมาตร 10 ml ใน ใสในขวดปิดฝา (screw cap bottle) ทิ้งไว้ 30 นาที จากนั้นเทน้ำใส่บีกเกอร์ วัดค่าการนำไฟฟ้า

(conductivity) ด้วยเครื่องวัด conductivity (Hanna HI 98303, USA) เป็นค่าการรั่วไหลเริ่มต้นจากนั้นนำน้ำกลับคืนขวด นำไป Autoclave ที่ 121 °C 25 นาที ทั้งไว้จนเย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้ววัดค่าการนำไฟฟ้าอีกครั้ง (ค่าการรั่วไหลทั้งหมด) นำค่าที่ได้ทั้งหมดมาคำนวณค่าการรั่วไหลของอิเล็กโทรไลต์ (%)

7.2 ผลการทดลอง

เมื่อใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้นมีแนวโน้มที่จะมีการรั่วไหลของอิเล็กโทรไลต์เพิ่มขึ้น แสดงถึงมีการบาดเจ็บของเซลล์หรือความเครียดเพิ่มขึ้น โดยน้ำร้อนและการปกปิดมีส่วนทำให้เซลล์เกิดความเครียดได้ และอายุการเก็บเพิ่มขึ้นทำให้มีการเพิ่มขึ้นของการรั่วไหลอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

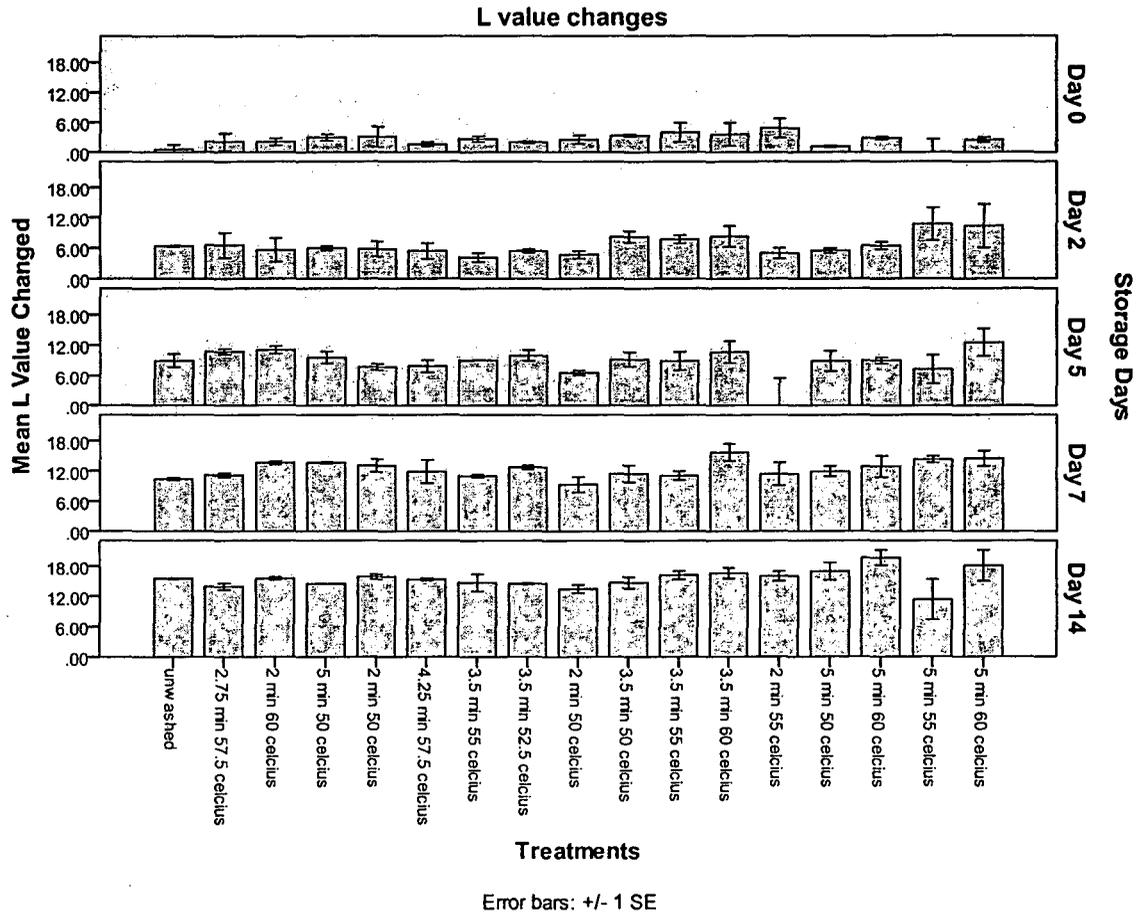
ตารางที่ 16 การรั่วไหลของอิเล็กโทรไลต์ (%) ของเงาะตัดแต่งที่ผ่านการล้างสภาวะต่างๆ

การรั่วไหลของอิเล็กโทรไลต์ (%)							
Run	อายุการเก็บ (วัน)			Run	อายุการเก็บ (วัน)		
	0	7	14		0	7	14
1	13.52±0.22 ^b	25.40 ±0.46 ^{bc}	37.0 ±0.46 ^c	9	13.56±0.42 ^b	22.44 ±0.56 ^b	33.37±0.56 ^b
2	14.25±0.55 ^c	25.20±0.22 ^b	38.11±0.14 ^d	10	15.67±0.12 ^{cd}	24.42±0.23 ^b	31.11±0.33 ^a
3	16.50±0.26 ^d	20.50±0.42 ^a	32.15±0.21 ^{ab}	11	16.89±0.72 ^d	29.24±0.13 ^c	34.10±0.91 ^b
4	12.35±0.52 ^a	29.20±0.41 ^c	30.24±0.31 ^a	12	16.40±0.04 ^d	24.02±0.30 ^{cd}	37.12±0.23 ^{cd}
5	16.47±0.47 ^d	23.10±0.62 ^b	36.41±0.13 ^c	13	18.69±0.58 ^e	28.28±0.34 ^c	32.61±0.17 ^{ab}
6	16.80±0.87 ^{de}	29.50±0.81 ^c	31.55±0.31 ^a	14	19.56±0.11 ^e	29.00±0.41 ^d	34.22±0.31 ^b
7	16.45±0.07 ^d	26.10±0.16 ^{bc}	30.55±0.11 ^a	15	17.89±0.14 ^{de}	23.210±0.42 ^b	37.11±0.21 ^c
8	12.40±0.12 ^a	23.50±0.16 ^b	36.21±0.11 ^c	16	19.21±0.18 ^e	24.20±0.16 ^b	36.25±0.25 ^c

^{abc..} อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงการแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

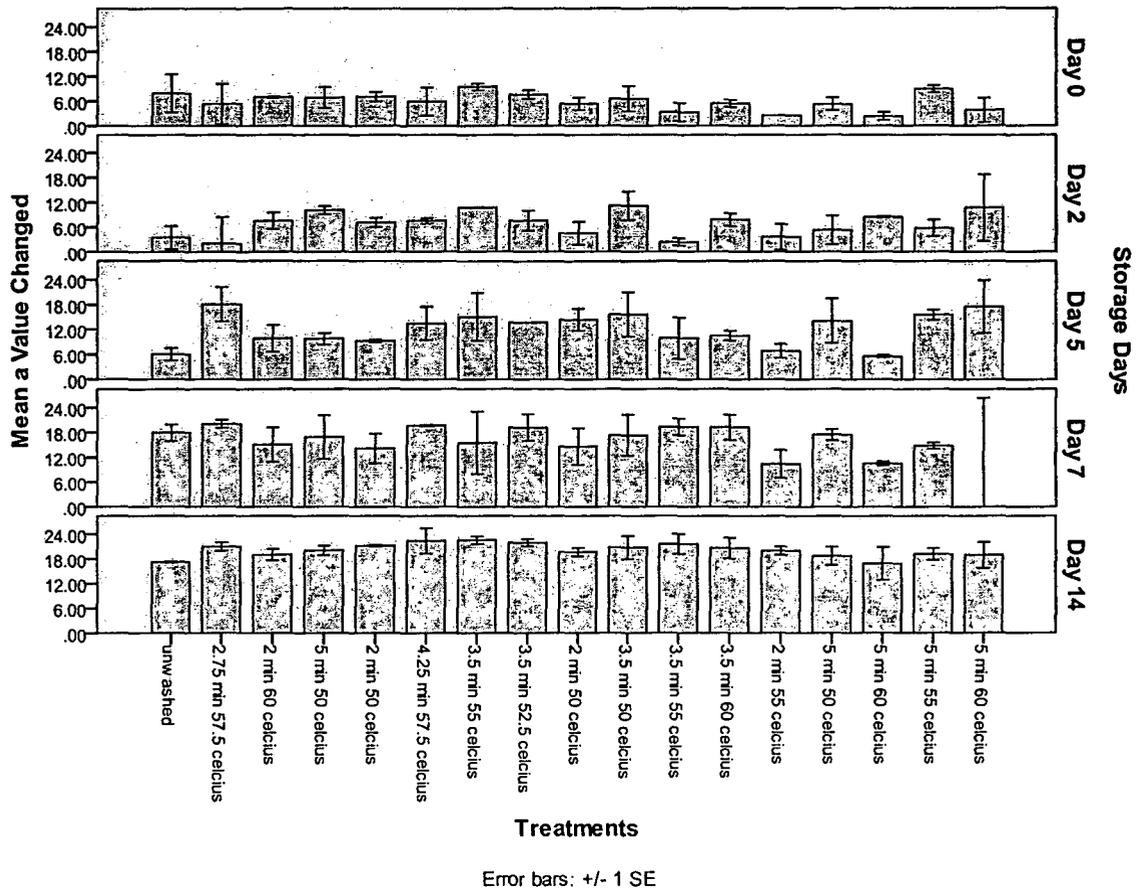
8. การเปลี่ยนแปลงค่าสี

นำเปลือกเงาะมาวัดค่าสีโดยใช้ระบบวัดสีอัตโนมัติ (Hunter Color System) ด้วยเครื่องวัดสี (Minolta Chroma meter CR-300, Japan) ใช้ luminous source คือ D65 วัดเงาะในบรรจุภัณฑ์ในแต่ละสิ่งทดลอง 3 ลูก วัดลูกละ 3 จุด จุดละ 3 ครั้ง $n=27$ รายงานเป็นค่าความส่องสว่าง L value a value b value และคำนวณค่าการเปลี่ยนแปลงสี ΔL Δa และ Δb เทียบกับเงาะไม่ล้างที่มีสีแดงเป็นที่ยอมรับ



ภาพที่ 73 การเปลี่ยนแปลงค่าความส่องสว่างของเปลือกเงาะสดตัดแต่งที่ผ่านการล้างสภาวะต่างๆที่อายุการเก็บแตกต่างกัน

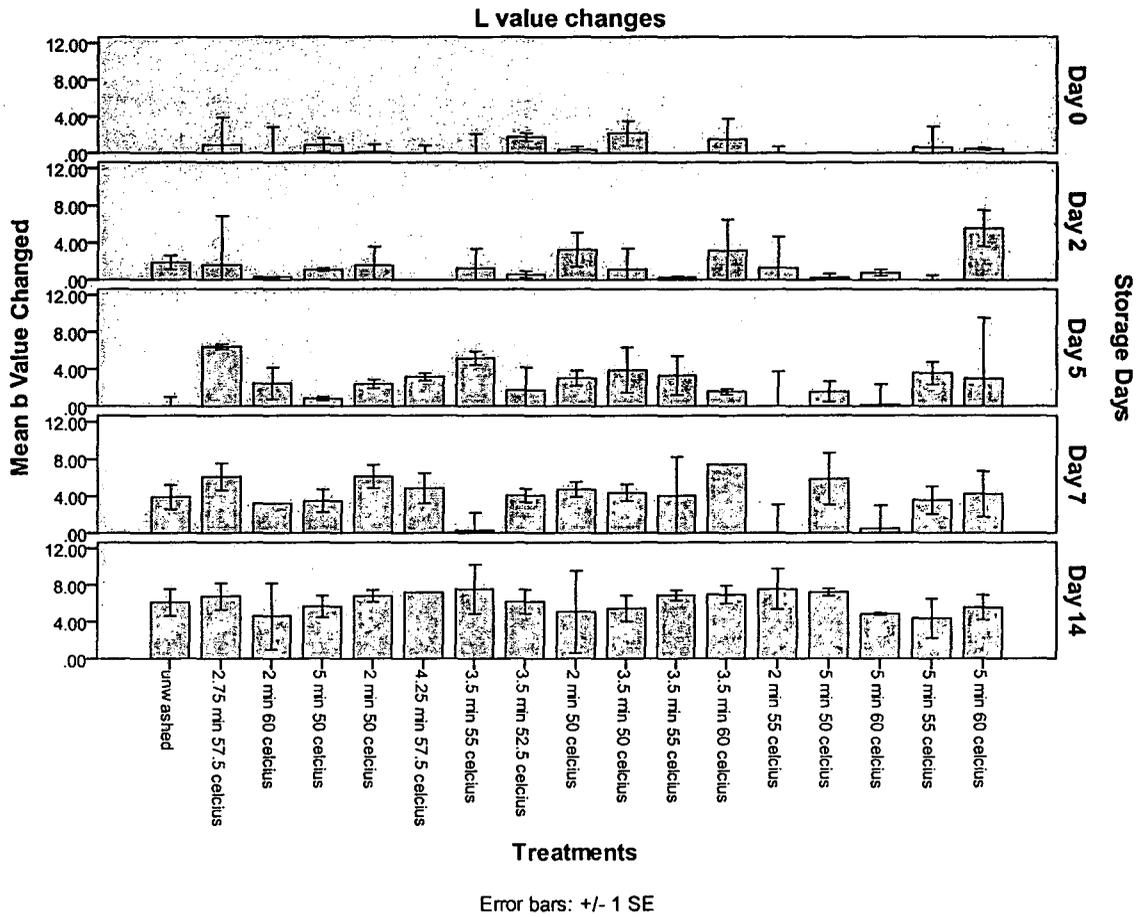
เงาะมีการเปลี่ยนแปลงสีหลังจากล้าง พบว่าการเปลี่ยนแปลงค่า l value แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในแต่ละสภาวะการล้าง ทั้งนี้ไม่พบแนวโน้มที่เป็นผลของอุณหภูมิหรือเวลา เนื่องจากเงาะมีขนและผิวเปลือกขรุขระ การใช้เครื่องมือวัดสีที่ใช้หลักการหักเหของแสงทำให้ข้อมูลมีความแปรปรวน แต่อย่างไรก็ตามพบว่าเมื่ออายุการเก็บเพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลงค่า l value เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) โดยเปลือกผลเงาะมีสีคล้ำขึ้น



ภาพที่ 74 การเปลี่ยนแปลงค่าสีแดงของเปลือกเงาะสดตัดแต่งที่ผ่านการล้างสภาวะต่างๆที่อายุการเก็บแตกต่างกัน

ผลการทดลองการเปลี่ยนแปลงค่าสีแดง a value (ภาพที่ 74) และการเปลี่ยนแปลงค่าสีเหลือง (ภาพที่ 75) เป็นในลักษณะเช่นเดียวการเปลี่ยนแปลงค่าความส่องสว่างโดยในแต่ละสภาวะของการล้างแตกต่างกัน และเมื่ออายุการเก็บเพิ่มขึ้นมีการเปลี่ยนแปลงมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)

ทั้งนี้อาจเป็นเพราะน้ำร้อนทำให้ผิวเงาะเกิดความเสียหายทำให้สีของเปลือกเงาะมีสีที่คล้ำลง เนื่องจากการคาบน้ำและแรงควัดถูส่วนใหญ่ในเปลือกเงาะเป็นแอนโทไซยานิน รงควัตถุกลุ่มนี้จะถูกทำลายได้ง่ายในกระบวนการแปรรูปอาหาร เช่น การใช้อุณหภูมิสูง ความเข้มข้นของน้ำตาลสูง pH กรดอะมิโน กรดแอสคอร์บิก และภาวะที่มีออกซิเจน ซึ่งจะไปเร่งอัตราเร็วของการสลายตัวของแอนโทไซยานิน(นิธิยา,2549) ทำให้มีคะแนนการยอมรับในเรื่องลักษณะปรากฏและสีน้อยกว่าตัวอย่างอื่นๆ



ภาพที่ 75 การเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของเปลือกเงาะสดตัดแต่งที่ผ่านการล้างสภาวะต่างๆที่อายุการเก็บแตกต่างกัน

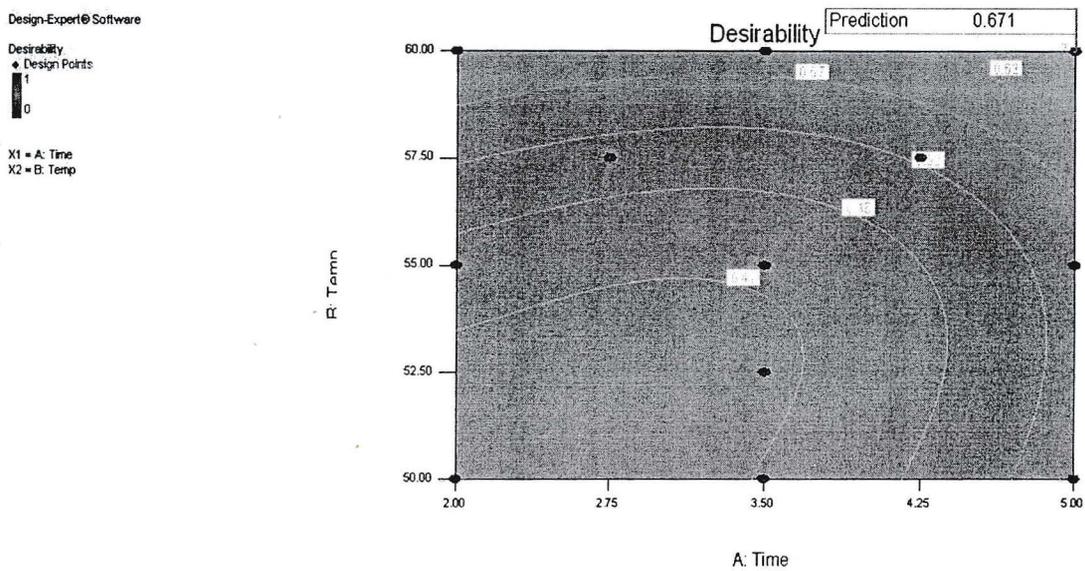
8. การพยากรณ์อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการใช้น้ำร้อนล้างผลเงาะเพื่อการเตรียมเงาะสดตัดแต่ง

การพยากรณ์อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการใช้น้ำร้อนล้างผลเงาะเพื่อการเตรียมเงาะตัดแต่งใช้แผนการทดลองแบบ Response surface, D-optimal 2 ปัจจัย ใช้โปรแกรม design expert 7.0 (Stat ease) โดยกำหนดเกณฑ์ในการหาจุดที่เหมาะสม ดังนี้

เกณฑ์ที่ 1. การลดจุลินทรีย์ (log reduction cfu/g) ให้มากที่สุด

1.3 อายุการเก็บ 0 วัน

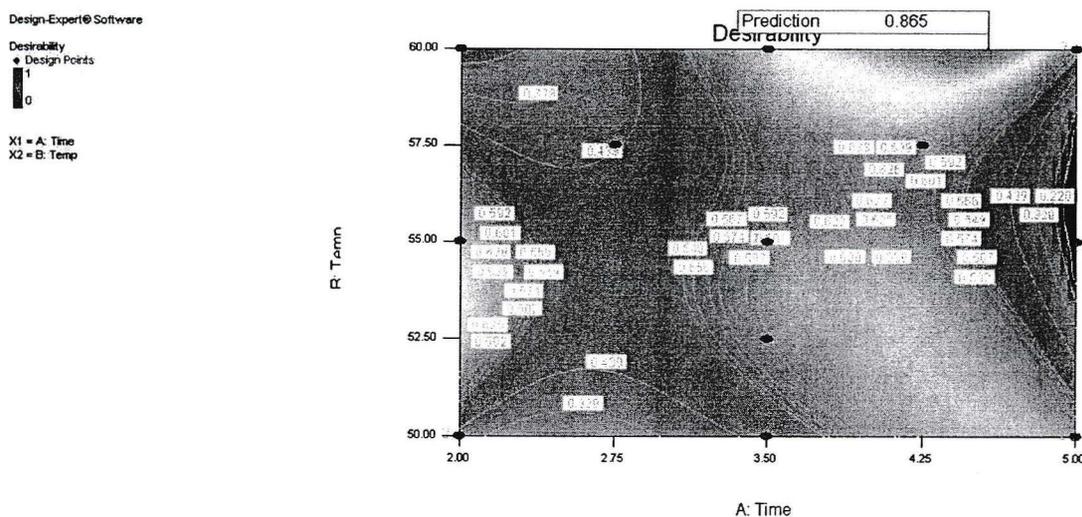
Log reduction ของ จุลินทรีย์นับได้ทั้งหมด ยีสต์และรา และ *E.coli* ที่มากที่สุดเป็น 5.60 4.38 และ 5.24 log cfu/g ตามลำดับ หลังล้าง (วันที่ 0) อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมที่พยากรณ์ได้คือ การล้างที่ใช้อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 5 นาที โดยมีค่า Desirability ของการทดลองสูงที่สุด เท่ากับ 0.671



ภาพที่ 76 Contour plot ของ Desirability อุณหภูมิและเวลาในการลดจุลินทรีย์ในเงาะสดตัดแต่งลงได้มากที่สุด ในอายุการเก็บ 0 วัน

1.4 อายุการเก็บ 7 วัน

Log reduction ของ จุลินทรีย์นับได้ทั้งหมด ยีสต์และรา และ *E.coli* ที่มากที่สุดเป็น 3.90 3.55 และ 3.77 log cfu/g ตามลำดับ อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมที่พยากรณ์ได้คือ การล้างที่ใช้ อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 4.56 นาที โดยมีค่า Desirability ของการทดลองสูงที่สุด เท่ากับ 0.865



ภาพที่ 77 Contour plot ของ Desirability อุณหภูมิและเวลาในการลดจุลินทรีย์เงาะสดตัดแต่งลงได้มากที่สุด ในอายุการเก็บ 7 วัน

เกณฑ์ที่ 2. การยอมรับทางประสาทสัมผัสสูงสุด

2.2 อายุการเก็บ 0 วัน

คะแนนการยอมรับในลักษณะทางประสาทสัมผัสด้าน ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รส และการยอมรับโดยรวมที่สูงที่สุด เท่ากับ 8.14 8.07 8.36 8.22 และ 8.32 ตามลำดับ อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมที่พยากรณ์ได้คือ การล้างที่ใช้อุณหภูมิ 58.27 °C เป็นเวลา 2 นาที โดยมีค่า Desirability ของการทดลองสูงที่สุด เท่ากับ 0.704 (ภาพที่ 78)

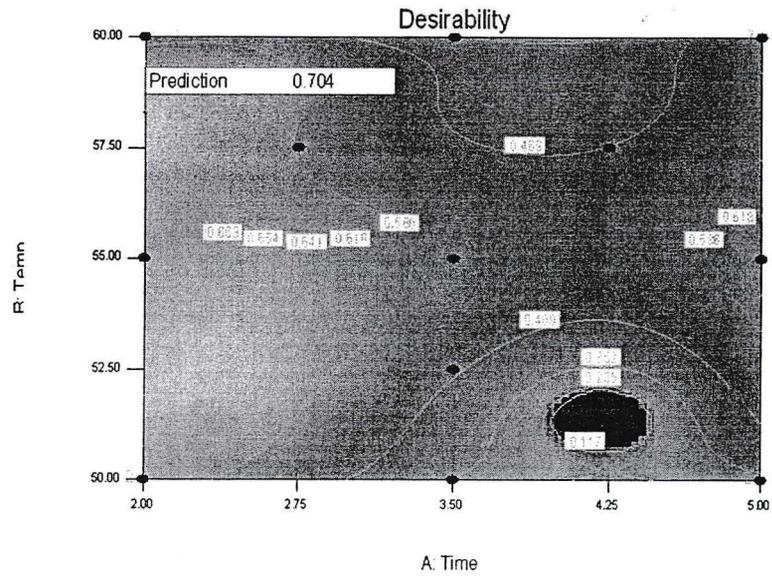
2.3 อายุการเก็บ 7 วัน

คะแนนการยอมรับในลักษณะทางประสาทสัมผัสด้าน ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รส และการยอมรับโดยรวมที่สูงที่สุด เท่ากับ 4.99 4.95 4.01 4.88 และ 4.58 ตามลำดับ อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมที่พยากรณ์ได้คือ การล้างที่ใช้อุณหภูมิ 58.81 °C เป็นเวลา 2 นาที โดยมีค่า Desirability ของการทดลองสูงที่สุด เท่ากับ 0.774 (ภาพที่ 79)

Design-Expert® Software

Desirability
 • Design Points
 1
 0

X1 = A: Time
 X2 = B: Temp

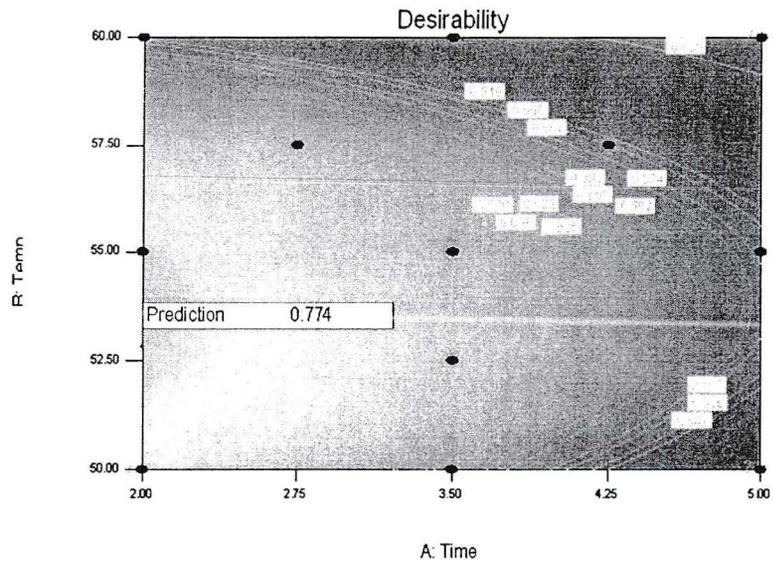


ภาพที่ 78 Contour plot ของ Desirability อุณหภูมิและเวลาที่คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของเงาะสดตัดแต่งมากที่สุดในอายุการเก็บ 0 วัน

Design-Expert® Software

Desirability
 • Design Points
 1
 0

X1 = A: Time
 X2 = B: Temp

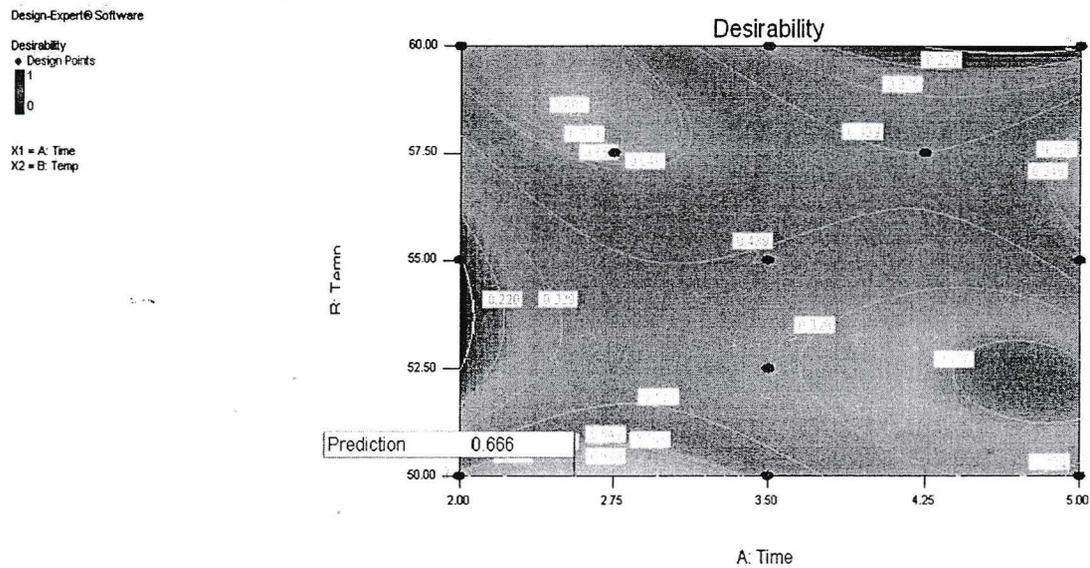


ภาพที่ 79 Contour plot ของ Desirability อุณหภูมิและเวลาที่คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของเงาะสดตัดแต่งมากที่สุดในอายุการเก็บ 7 วัน

เกณฑ์ที่ 3. คุณภาพสูงสุด

3.3 อายุการเก็บ 0 วัน

เมื่อกำหนดให้มีปริมาณการรั่วไหลของอิเล็กโตรไลต์ต่ำที่สุด การเปลี่ยนแปลงค่าความส่องสว่าง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.27 และ 11.49 % ตามลำดับ อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมที่พยากรณ์ได้คือ การล้างที่ใช้อุณหภูมิ 50 °C เป็นเวลา 5 นาที โดยมีค่า Desirability ของการทดลองสูงที่สุด เท่ากับ 0.689



ภาพที่ 80 Contour plot ของ Desirability อุณหภูมิและเวลาที่เงาะสดตัดแต่งคงคุณภาพมากที่สุดในการเก็บ 0 วัน

3.4 อายุการเก็บ 7 วัน

เมื่อกำหนดให้มีปริมาณการรั่วไหลของอิเล็กโตรไลต์ต่ำที่สุด การเปลี่ยนแปลงค่าความส่องสว่าง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 12.47 และ 18.73% ตามลำดับ อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมที่พยากรณ์ได้คือ การล้างที่ใช้อุณหภูมิ 50 °C เป็นเวลา 2 นาที โดยมีค่า Desirability ของการทดลองสูงที่สุด เท่ากับ 0.689

สรุปและเสนอแนะ

1. ผลงานวิจัยที่ 1. การศึกษาผลการใช้น้ำร้อนในการลดจำนวนจุลินทรีย์ปนเปื้อนในมะละกอทั้งผลและมะละกอสดตัดแต่ง

ผลการใช้น้ำร้อนล้างต่อการลดจำนวนจุลินทรีย์ในผลมะละกอ

การล้างผลมะละกอด้วยน้ำที่มีอุณหภูมิ 30°C ไม่มีผลต่อการลดจำนวนจุลินทรีย์นับได้ทั้งหมด ยีสต์และรา และจำนวน Enterobacteriaceae เมื่อเทียบกับการไม่ล้าง การใช้อุณหภูมิสูงมีผลต่อการลดจำนวนจุลินทรีย์ การใช้น้ำร้อนที่ 60°C มีผลในการลดจำนวนจุลินทรีย์นับได้มากกว่าน้ำที่อุณหภูมิอื่นๆ ที่การใช้อุณหภูมิน้ำล้าง 50 และ 60 °C เวลาการล้างมีผลต่อการลดจำนวนของ จุลินทรีย์นับได้ทั้งหมด ยีสต์และรา ($p \leq 0.05$) ยิ่งใช้เวลามาก ยิ่งสามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ลงได้ แต่เมื่อใช้อุณหภูมิ 30 °C การเพิ่มเวลาในการล้างไม่มีผลให้การลดจำนวนจุลินทรีย์แตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

ผลการใช้น้ำร้อนล้างต่อการลดจำนวนจุลินทรีย์ในมะละกอสดตัดแต่ง

ในทุกอุณหภูมิของน้ำล้าง หากในการล้างน้อยกว่า 2 นาที ผลการลดจำนวนจุลินทรีย์ไม่แตกต่างกัน ยิ่งใช้เวลาเพิ่มขึ้นและใช้อุณหภูมิสูงขึ้นสามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ได้มากขึ้น การล้างผลมะละกอเป็นเวลา 10 นาที พบว่า มะละกอสดตัดแต่งที่อายุการเก็บต่างๆมีจำนวนจุลินทรีย์นับได้ทั้งหมดและจำนวนยีสต์และราน้อยกว่าผลมะละกอที่ล้างที่เวลาน้อยกว่า เมื่อใช้น้ำล้างอุณหภูมิที่ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 40 °C หลังจากล้างและแปรรูปเป็นมะละกอสดตัดแต่ง มะละกอที่ผ่านการล้าง 1 2 หรือ 5 นาที มีจำนวน จุลินทรีย์ นับได้ทั้งหมดไม่แตกต่างกัน การล้างเป็นเวลา 10 นาทีทำให้มีจุลินทรีย์บนมะละกอสดตัดแต่งน้อยกว่าเวลาการล้างอื่นๆ อายุการเก็บมีผลต่อจำนวนจุลินทรีย์นับได้ทั้งหมด ยีสต์และรา และ Enterobacteriaceae ในมะละกอสดตัดแต่ง โดยมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นตลอดอายุการเก็บ อายุการเก็บที่มากขึ้นมีจำนวนจุลินทรีย์มากกว่าอย่างมีนัยสำคัญ

ผลการใช้น้ำร้อนล้างต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสและองค์ประกอบทางเคมีของมะละกอสดตัดแต่ง

การล้างเป็นเวลา 1 และ 2 นาทีที่ทุกอุณหภูมิการล้างมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะด้านกลิ่นหอม มะละกอ สีสัมผัส ความชุ่มชื้นที่ผิว ความสด รส และความหวาน เนื้อสัมผัสมะละกอ ไม่แตกต่างกับตัวอย่างไม่ล้าง ที่อายุการเก็บ 0 2 และ 5 วัน โดยมีความใกล้เคียงกับมะละกอปอกใหม่มากที่สุด เมื่อเทียบกับการใช้การล้างที่เวลา 5 และ 10 นาที และพบว่าถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นลักษณะทางประสาทสัมผัสของมะละกอ

เปลี่ยนแปลงมากขึ้นและเมื่ออายุการเก็บเพิ่มขึ้น ลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นหอมมะละกอ สีสัมผัส ความชุ่มชื้นที่ผิว ความสด รส และความหวาน เนื้อสัมผัสลดลงตามลำดับและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) พบการเน่าเสียที่สังเกตได้ในทุกตัวอย่างหลังจากเก็บรักษาไว้ 14 วัน การล้างด้วยน้ำอุณหภูมิ 30 และ 40 °C โดยใช้เวลาน้อยกว่า 5 นาทีไม่ทำให้มะละกอสดตัดแต่งเปลี่ยนแปลงด้านลักษณะทางประสาทสัมผัสและองค์ประกอบทางเคมี แต่ไม่มีผลลดจำนวนจุลินทรีย์ลงได้ เมื่อใช้อุณหภูมิสูงและเวลาในการล้างมากกว่าหรือเท่ากับ 5 นาที สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์บนผลมะละกอได้อย่างมีนัยสำคัญ

หากเลือกใช้เกณฑ์อายุการเก็บตามคุณภาพทางจุลินทรีย์ของอาหารสดแช่เย็น UK

Refrigerated Foods Association (UK Refrigerated Foods Association 2002) กำหนดให้จุลินทรีย์นับได้ทั้งหมดไม่เกิน 5×10^4 cfu/g หรือ 4.7 log cfu/g จะพบว่า หากไม่ล้างผลหรือ ใช้น้ำอุณหภูมิ 30 °C จะเก็บได้ 2 วัน หากใช้อุณหภูมิมากกว่าหรือเท่ากับ 40 °C จะเก็บได้ 5 วันแต่ในตัวอย่างที่ล้างเป็นเวลา 10 นาทีจะสามารถเก็บได้ 7 วันโดยจำนวนจุลินทรีย์ยังไม่เกินกำหนด

2. ผลงานวิจัยที่ 2.

ผลการใช้น้ำร้อนล้างต่อการลดจำนวนจุลินทรีย์ในผลทับทิม

เวลาการล้างต่างกันไม่มีผลลดจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และ Enterobacteriaceae บนผลทับทิมได้ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ในการทดลองนี้ การใช้คลอรีน 100 ppm(mg/L) ให้ผลการลดได้มากที่สุด โดยลดลง ประมาณ 2 log cfu/g เมื่อไม่มีความเข้มข้นของคลอรีนในน้ำล้าง การใช้อุณหภูมิน้ำที่ 60 °C สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ได้มากกว่า 50 40 และ 30 °C การล้างผลทับทิมด้วยน้ำอุณหภูมิ 40°C เป็นเวลา 1 นาที 2 และ 5 นาที การลดจำนวนจุลินทรีย์นับได้ทั้งหมด และยีสต์และราไม่แตกต่างกับตัวอย่างไม่ล้าง ส่วนเวลาการล้างไม่มีผลลด Enterobacteriaceae เมื่อเทียบกับตัวอย่างไม่ล้าง

ผลการใช้น้ำร้อนล้างต่อการลดจำนวนจุลินทรีย์ในเมล็ดทับทิมแกะ

ผลการทดลองพบว่าเมล็ดทับทิมแกะมีการปนเปื้อนจุลินทรีย์ค่อนข้างสูง เนื่องจากต้องแกะด้วยมือ ออกเป็นเมล็ดๆ ทำให้มีโอกาสปนเปื้อนได้มากขึ้น เมล็ดทับทิมแกะจากผลที่ผ่านการล้างด้วยน้ำอุณหภูมิต่างๆ มีจำนวนจุลินทรีย์ไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) แต่สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ลงได้ ประมาณ 1-2 log cfu/g เมื่อเทียบกับเมล็ดทับทิมจากตัวอย่างไม่ล้าง การล้างด้วยคลอรีนมีจำนวนจุลินทรีย์นับได้ทั้งหมดลดลงได้

มากที่สุด ในตัวอย่างที่เก็บรักษาในวันที่ 0,2 และ 5 วัน หากอายุการเก็บมากกว่า 5 วันแล้วจำนวนจุลินทรีย์ไม่มีความแตกต่างกัน

ผลการใช้น้ำร้อนล้างต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเมล็ดทับทิมแกะ

อุณหภูมิน้ำล้างและเวลาในการล้างไม่มีผลต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านสีแดงของเมล็ดทับทิมแกะ อุณหภูมิน้ำล้างและเวลาในการล้างมีผลต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่น ความแตกต่างความแห้งและความหวานของเมล็ดทับทิมแกะ(ภาพที่ 28) โดยการใช้อุณหภูมิสูงและเวลาสูงขึ้นกลิ่นจะลดลง ($P<0.05$) เมล็ดทับทิมแกะจากผลไม่ล้างและล้างด้วยคลอรีนมีลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นดีกว่าสภาวะการล้างอื่นๆ และเมื่ออายุการเก็บเพิ่มขึ้นกลิ่นลดลงอย่างมีนัยสำคัญ($P<0.05$) และผู้ทดสอบให้ข้อสังเกตว่าเมล็ดทับทิมแกะมีกลิ่นคล้ายตุ๋นเพิ่มขึ้น

3. ผลงานวิจัยที่ 3.

ผลการใช้น้ำร้อนล้างต่อการลดจำนวนจุลินทรีย์ในผลเงาะ

อุณหภูมิน้ำล้างและเวลาในการล้างมีผลต่อการลดจำนวนจุลินทรีย์ในผลเงาะสดและผลเงาะตัดแต่ง โดยเมื่ออุณหภูมิและเวลาเพิ่มขึ้นการลดจำนวนจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและสำหรับตัวอย่างเงาะ การใช้อุณหภูมิที่ 50 และ 60°C สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ได้มากที่สุด เมื่อใช้เวลาเพิ่มขึ้นและอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจำนวนยีสต์และราลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) การล้างที่อุณหภูมิ 50 และ 60 °C เป็นเวลา 10 นาที ลดจำนวนยีสต์และราได้อย่างมีนัยสำคัญและมีจำนวนยีสต์และราอยู่ในระดับที่ยอมรับได้จนถึงอายุการเก็บ 7 วัน การใช้คลอรีน 100 mg/L เป็นเวลา 10 นาที และการใช้น้ำร้อนที่ 50 °C เป็นเวลา 10 นาทีลดจำนวนลงใน Enterobacteriaceae ระดับที่ยอมรับได้จนถึง อายุการเก็บ 7 วัน การใช้น้ำร้อนที่ 60 °C สามารถลดจำนวนได้มากกว่าการล้างสภาวะอื่นๆ และยังเพิ่มเวลาในการล้างเป็น 10 นาที สามารถควบคุมจำนวนได้จนถึงสิ้นสุดอายุการเก็บรักษา

ผลการใช้น้ำร้อนล้างต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเงาะสดตัดแต่ง

อุณหภูมิน้ำล้างและเวลาในการล้างมีผลต่อ ลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านสีดำ สีแดง และความสดของเงาะสดตัดแต่ง โดยที่อุณหภูมิน้ำล้างที่สูงขึ้น ค่าต่างๆดังกล่าวลดลง และการล้างเป็นเวลา 10 นาทีทำให้มีการลดลงของลักษณะทางประสาทสัมผัสเงาะสดตัดแต่งมากที่สุด

อายุการเก็บมีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเงาะสดตัดแต่ง ที่อายุการเก็บ 0 2 และ 5 วัน ลักษณะทางประสาทสัมผัสด้าน สีเนื้อ กลิ่น และความหวานเงาะสดตัดแต่งที่ผ่านการล้างสภาวะต่างๆไม่แตกต่างกัน โดยในอายุการเก็บ 14 วัน ส่วนใหญ่เงาะสดตัดแต่งเน่าเสีย

4. การพยากรณ์อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการใช้น้ำร้อนล้างผลมะละกอเพื่อการเตรียมมะละกอสดตัดแต่ง

การพยากรณ์หาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมโดยใช้เกณฑ์ การลดจำนวน (Log reduction) ของ จุลินทรีย์นับได้ทั้งหมด ยีสต์และรา และ *E.coli* ที่มากที่สุดคะแนนการยอมรับในลักษณะทางประสาทสัมผัสด้าน ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รส และการยอมรับโดยรวมที่สูงที่สุด เกณฑ์คุณภาพที่ให้ปริมาณการรั่วไหลของอิเล็กโทรไลต์ต่ำที่สุด ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดและปริมาณวิตามินซีสูงที่สุด และมีอายุการเก็บ 7 วัน ใช้แผนการทดลอง Response surface, D-optimal 2 ปัจจัย ใช้โปรแกรม design expert 7.0 ช่วงปัจจัยที่ศึกษาคืออุณหภูมิในการล้าง 50-60 °C และเวลาในการล้าง 5-10 นาที ผลการพยากรณ์ได้ อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมคือ 50.43-52.63 °C เวลาล้าง 5.03-10 นาที

5. การพยากรณ์อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการใช้น้ำร้อนล้างผลเงาะเพื่อการเตรียมเงาะสดตัดแต่ง

การพยากรณ์หาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมโดยใช้เกณฑ์ การลดจำนวน (Log reduction) ของ จุลินทรีย์นับได้ทั้งหมด ยีสต์และรา และ *E.coli* ที่มากที่สุดคะแนนการยอมรับในลักษณะทางประสาทสัมผัสด้าน ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รส และการยอมรับโดยรวมที่สูงที่สุด เกณฑ์คุณภาพที่ให้มีการเปลี่ยนแปลงของค่าสีต่ำที่สุด และปริมาณการรั่วไหลของอิเล็กโทรไลต์ต่ำที่สุด และมีอายุการเก็บ 7 วัน ใช้แผนการทดลอง Response surface, D-optimal 2 ปัจจัย ใช้โปรแกรม design expert 7.0 ช่วงปัจจัยที่ศึกษาคืออุณหภูมิในการล้าง 50-60 °C และเวลาในการล้าง 4-5 นาที ผลการพยากรณ์ได้ อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมคือ 53.40-59.11 °C เวลาล้าง 2 นาที

6. ข้อเสนอแนะ

1. การวิจัยนี้ได้อุณหภูมิและเวลาในการล้างที่เหมาะสมสำหรับการล้างผลไม้ สามชนิดคือ มะละกอ เงาะ และทับทิม เพื่อลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ต่างๆจากผิวเปลือกไปยังผลิตภัณฑ์สดตัดแต่งเพื่อการส่งออก โดยไม่ใช้สารเคมี แต่ผลการวิจัยของทับทิมแสดงให้เห็นว่าช่วงปัจจัยที่เลือกใช้ในการวิจัยไม่มีผลในการลดเท่าใดนัก และผลจากการวิจัยแสดงให้เห็นว่าถึงแม้ใช้อุณหภูมิที่สูงในการล้างและ พบว่าสามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ได้อย่างมีนัยสำคัญแต่หากมีการปนเปื้อนจากน้ำล้างไปยัง เนื้อผลไม้ จุลินทรีย์สามารถรอดชีวิตและเจริญเติบโตอีกต่อไปได้

จึงควรมีมาตรการด้านสุขอนามัยหรือร่วมด้วย เช่น

- การเปลี่ยนน้ำล้างสำหรับล้างผลไม้ร้อนต่อร้อนเพื่อป้องกันการสะสมของจุลินทรีย์ในน้ำล้าง
- อุปกรณ์ที่สัมผัสกับผลไม้ก่อนล้างไม่ควรเป็นชุดเดียวกับอุปกรณ์สำหรับผลไม้สดตัดแต่ง
- พนักงานที่ล้างผลไม้ ไม่ควรเป็นผู้ปอกและเตรียมตัดแต่ง ควรเป็นอีกบุคคลที่ไม่ได้สัมผัสกับ
- ผลไม้ที่ไม่ได้ล้างหรือน้ำล้าง หรือใช้การเปลี่ยนถุงมือ

2. ปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นมีผลต่อประสิทธิภาพการล้าง เงาะนอกฤดูที่ทำการศึกษาที่มีปริมาณ

จุลินทรีย์ปนเปื้อนมากกว่าเงาะในฤดูทำให้ประสิทธิภาพของการล้างในการลดจำนวนจุลินทรีย์ลดลง

ทั้งนี้เป็นเพราะเงาะที่เก็บเกี่ยวในช่วงนอกฤดูมีจำนวนน้อย ชาวสวนจึงต้องรอให้มีครบจำนวนก่อนจึงขนส่งและเป็นช่วงฤดูฝนที่ตกชุก ทำให้เงาะมีความชื้นและปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ได้สูง อีกทั้งการขนส่งที่ชาวสวนนิยมขนส่งเงาะเป็นกองมาในท้ายกระบะรถปิดด้วยผ้าใบและพรมน้ำอยู่ตลอดเวลาทำให้กองเงาะมีความชื้นสูง น้ำที่ใช้อาจมีการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ต่างๆมาก

จึงควรพัฒนาด้าน pre-post harvest ร่วมด้วย เพิ่มความสะอาดในแปลง และระหว่างการเก็บเกี่ยว และใช้น้ำสะอาดสำหรับจัดการผลิตผล การประยุกต์ใช้ระบบ Good Agricultural Practice ในแปลงจะสามารถควบคุมสุขอนามัยและลดการปนเปื้อนได้ดีมาก