บทที่ 4
ผลการทดลอง และวิจารณ์

การทดลองที่ 1 ลักษณะคุณภาพของผลหม่อนห่าม และผลหม่อนสุก

จากการนำหม่อนผลสดพันธุ์เชียงใหม่ มาแบ่งระยะความสุกออกเป็น 2 ระยะ จากการสังเกตผลหม่อนด้วยสายตา คือ ผลห่าม และผลสุก (ภาพ ง.1) แล้วนำไปตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และทางชีวเคมี คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี พบว่า ค่า L* (ความสว่าง) มีค่าลดลงเมื่อความสุกเพิ่มขึ้น โดยที่ผลห่าม และผลสุกมีเท่ากับ 16.17±0.19 และ 13.72±0.23 ตามลำดับ (ตาราง 4.1) ส่วนค่า a* (ความเป็นสีแดง) ของผลหม่อนทั้ง 2 ระยะความสุก พบว่ามีแนวโน้มลดลงเมื่อความสุกเพิ่มขึ้นโดยที่ผลห่าม และผลสุกมีค่าความเป็นสีแดงเท่ากับ 16.62±0.16 และ 12.79±0.70 ตามลำดับ และค่า b* (ความเป็นสีน้ำเงิน) พบว่าผลห่าม และผลสุกมีค่าเท่ากับ -5.85±0.14 และ -8.14±0.35 ตามลำดับ จากคุณภาพของค่าสีที่ตรวจวิเคราะห์ระบุได้ว่าผลหม่อนเมื่อมีความสุกมากขึ้นสีแดงของผลจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงินเข้มหรือสีม่วงดำ เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสารสีในผลหม่อนซึ่งส่วนใหญ่เป็นสารแอนโทไซยานิน

สำหรับแรงที่ใช้ในการตัดผลหม่อนให้ขาดมีค่าลดลงเมื่อมีความสุกเพิ่มมากขึ้น โดยผลห่ามและผลสุกมีค่าเท่ากับ 14.52±0.26 และ 5.98±0.69 นิวตัน ตามลำดับ (ตาราง 4.1) สารในกลุ่มที่มีคุณสมบัติเป็นสารแอนติออกซิแดนต์ ได้แก่ สารประกอบฟีนอลทั้งหมด สารแอนโทไซยานินทั้งหมด และสารเคอร์ซีทินพบว่า มีค่าสูงขึ้นตามระยะความสุกที่เพิ่มขึ้นโดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในผลหม่อนห่ามพบสารประกอบฟีนอลทั้งหมด สารแอนโทไซยานินทั้งหมด และสารเคอร์ซีทินมีค่าเท่ากับ 4,480.00±0.12 746.70±0.04 และ 2.04±0.35 ไมโครกรัมต่อกรัม ส่วนในผลหม่อนสุกมีค่าเท่ากับ 12,086.00±0.28 2,793.00±0.20 และ 3.12±0.45 ไมโครกรัมต่อกรัม ตามลำดับ สอดคล้องกับค่าดัชนีแอนติออกซิแดนต์ และความสามารถในการต้านอนุมูล-อิสระ ที่มีแนวโน้มสูงขึ้นตามระยะความสุกที่เพิ่มขึ้น โดยผลหม่อนสุกมีค่าเท่ากับ 5.40±0.20 และ 8.76±0.50 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ จากการศึกษาของสงกรานต์ (2551) พบว่าผลหม่อนสุกมีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด สารแอนโทไซยานินทั้งหมด และสารเคอร์ซีทินในหม่อนผลสดพันธุ์เชียงใหม่มีค่าสูงขึ้นเมื่อผลหม่อนมีความสุกเพิ่มมากขึ้น ในผลหม่อนสุกมีค่าสูงสุดเท่ากับ 3,716.24±63.83 2,940.70±60.44 และ 3.08±0.45 ไมโครกรัมต่อกรัม ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ส่วนการศึกษาของสมชาย และคณะ (2550) พบว่า สารประกอบฟีนอลทั้งหมด สารแอนโทไซ-ยานินทั้งหมด และสารเคอร์ซีทินในผลหม่อนสุก (พันธุ์เชียงใหม่) มีค่าสูงสุดเท่ากับ 3,654.97±7.59 2,512.00±11.32 และ 1.81±1.00 ไมโครกรัมต่อกรัม ตามลำดับ เช่นกัน

สำหรับคุณภาพทางเคมีของผลหม่อนห่าม และผลหม่อนสุก ได้แก่ องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใย และคาร์โบไฮเดรต ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยที่ความเป็นกรด-ด่างมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะความสุกที่เพิ่มขึ้น (3.63±0.02 และ 4.35±0.05 เรียงจากผลห่าม และผลสุก ตามลำดับ) (ตาราง 4.1) ในทางกลับกันปริมาณกรดทั้งหมดมีแนวโน้มลดลง (ร้อยละ 2.13±0.39 และ 0.48±0.04 โดยน้ำหนัก) ส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด พบว่ามีค่าสูงขึ้นตามระยะความสุก โดยที่ผลห่าม และผลสุกมีค่าเท่ากับ 8.53±0.61 และ 13.64±0.76 องศาบริกซ์ ตามลำดับ สอดคล้องกับปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่พบว่ามีค่าเท่ากับร้อยละ 6.56±0.99 และ 16.67±3.38 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ

สำหรับองค์ประกอบทางเคมีในผลหม่อนได้แก่ ความชื้น เส้นใย และคาร์โบไฮเดรตมีค่าสูงขึ้นเมื่อผลหม่อนมีความสุกเพิ่มมากขึ้น ส่วนโปรตีน เถ้า และไขมันมีค่าลดลงเมื่อผลหม่อนมีความสุกเพิ่มมากขึ้น โดยที่ความชื้นของผลห่าม และผลสุกมีค่าเท่ากับร้อยละ 86.60±0.16 และ 82.60±0.12 ตามลำดับ เส้นใยมีค่าเท่ากับร้อยละ 1.02±0.02 และ 2.05±0.05 เรียงจากผลห่าม และผลสุก ตามลำดับ โปรตีนมีค่าเท่ากับร้อยละ 1.33±0.05 และ 1.16±0.05 เรียงจากผลห่าม และผลสุก ตามลำดับ ไขมันมีค่าเท่ากับร้อยละ 0.40±0.03 และ 0.15±0.03 เรียงจากผลห่าม และผลสุก ตามลำดับ เถ้ามีค่าเท่ากับร้อยละ 0.84±0.03 และ 0.84±0.04 เรียงจากผลห่าม และผลสุก ตามลำดับ คาร์โบไฮเดรตมีค่าเท่ากับร้อยละ 10.83±0.07 และ 15.25±0.47 เรียงจากผลห่าม และผลสุก ตามลำดับ (ตาราง 4.1) เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของผลหม่อนขาว ผลหม่อนแดง และผลหม่อนดำ ของ Ercisli และ Orhan (2006) พบว่าปริมาณไขมันอยู่ระหว่างร้อยละ 0.85 ถึง 1.10 มีปริมาณความชื้นร้อยละ 71.5 ถึง 74.5 ส่วนปริมาณโปรตีน คาร์โบไฮเดรต เถ้า และเส้นใย ในผลหม่อน มีค่าเท่ากับร้อยละ 1.68 21.35 1.52 และ 2.03 (วสันต์, 2546) ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับการทดลอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.1 ลักษณะคุณภาพของผลหม่อนห่ามและผลหม่อนสุก

ลักษณะคุณภาพ	ระยะความสุกของผลหม่อน	
	ผลห่าม	ผลสุก
ค่าสี		
L* (ความสว่าง)	16.17[a]±0.19	13.72[b]±0.23
a* (ความเป็นสีแดง)	16.62[a]±0.16	12.79[b]±0.70
b* (ความเป็นสีน้ำเงิน)	-5.85[b]±0.14	-8.14[a]±0.35
แรงตัดผลหม่อนให้ขาด (นิวตัน)	14.52[a] ±0.26	5.98[b]±0.69
สารประกอบฟีนอลทั้งหมด (ไมโครกรัมต่อกรัม)	4,480.00[b]± 0.12	12,086.00[a]±0.28
สารแอนโทไซยานินทั้งหมด (ไมโครกรัมต่อกรัม)	746.7.00[b]±0.04	2,793.00[a]±0.20
สารเคอร์ซีทิน (ไมโครกรัมต่อกรัม)	2.04[b]±0.35	3.12[a]±0.45
ดัชนีแอนติออกซิแดนต์	3.95[b]±0.20	5.40[a]±0.20
ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ (มิลลิกรัมต่อกรัม)	3.60[b]±0.20	8.76[a]±0.50
องค์ประกอบทางเคมี		
ความชื้น (ร้อยละ)	86.60[a]±0.12	82.60[b] ±0.16
โปรตีน (ร้อยละ)	1.33[a]±0.05	1.16[b]±0.05
ไขมัน (ร้อยละ)	0.40[a]±0.03	0.15[b]±0.03
เถ้า (ร้อยละ)[ns]	0.84±0.03	0.84±0.04
คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)	10.83[b]±0.07	15.25[a]±0.47
เส้นใย (ร้อยละ)	1.02[b]±0.02	2.05[a]±0.05
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	3.63[b]±0.02	4.35[a]±0.05
ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	2.13[a] ±0.39	0.48[b]±0.04
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์)	8.53[b]±0.61	13.64[a]±0.76
ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	6.56[b]±0.99	16.67[a]±3.38

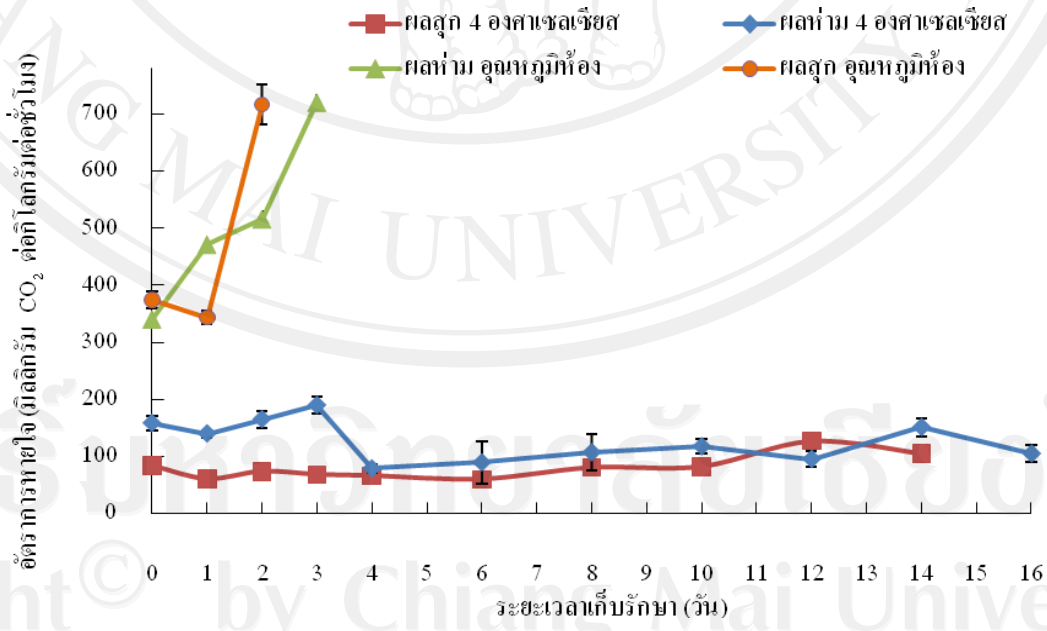
หมายเหตุ : เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอนในแต่ละระยะความสุก ตัวอักษรแตกต่างกัน มีความแตกต่างทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

: ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลการวิเคราะห์อัตราการหายใจของผลหม่อนทั้ง 2 ระยะความสุก เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (31±2 องศาเซลเซียส) พบว่ามีอัตราการหายใจสูงขึ้น และเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (ภาพ 4.1) ซึ่งอัตราการหายใจของผลหม่อนที่เพิ่มขึ้นนั้นเกิดจากอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษามีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาเคมีภายในเซลล์ และเกิดกระบวนการเมเทบอลิซึมต่างๆ (ดนัย และนิธิยา, 2548) ส่งผลให้ผลหม่อนเก็บรักษาได้เพียง 2-3 วันเท่านั้น

สำหรับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส พบว่าในวันแรกของการเก็บรักษาผลห่ามมีอัตราการหายใจสูงกว่าผลสุก แต่หลังจากนั้นจะลดลง และมีแนวโน้มคงที่จนสิ้นสุดการเก็บรักษาทั้งผลห่าม และผลสุก (ภาพ 4.1) ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับการศึกษาของ Oluwafemi, J. C. *et al.* (2011) ที่รายงานว่าในระหว่างการเก็บรักษาผลทับทิมที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส อัตราการหายใจมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยตลอดอายุการเก็บรักษา และการศึกษาของ Wangshu, Z. *et al.* (2005) รายงานว่าอัตราการหายใจของเบเบอร์รี่หลังการเก็บเกี่ยวมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเช่นกัน ผลการทดลองดังกล่าว แสดงอัตราการหายใจของผลหม่อนเป็นแบบ non-climacteric เนื่องจากมีอัตราการหายใจคงที่หรือลดลงเพียงเล็กน้อยตลอดการเก็บรักษา ดังนั้นหม่อนผลสดจึงจัดเป็นผลไม้ประเภท non-climacteric fruit

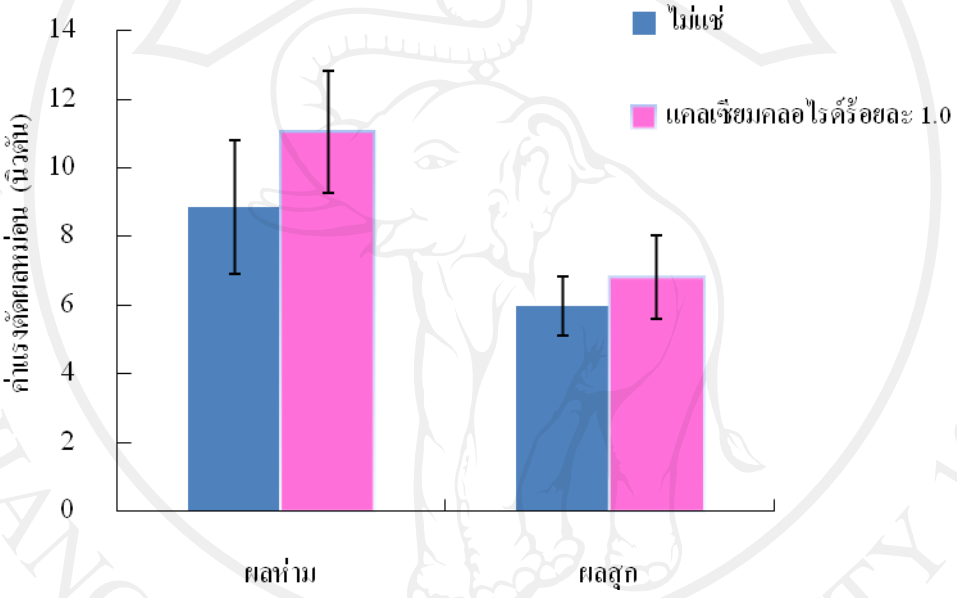


ภาพ 4.1 อัตราการหายใจของหม่อนผลสดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (31±2 องศาเซลเซียส) และที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การทดลองที่ 2 ผลของการเพิ่มความแข็งของเนื้อหม่อนผลสด

จากการนำผลหม่อนห่าม และผลหม่อนสุก ไปแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 1.0 นาน 5 นาที จากนั้นนำไปตรวจวัดความแข็งของผล พบว่าผลห่าม และผลสุกที่ไม่แช่มีค่าแรงตัดผลหม่อนให้ขาดเป็น 8.85±1.94 และ 5.97±0.87 นิวตัน ตามลำดับส่วนผลหม่อนที่แช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 1.0 มีค่าความแข็งของเนื้อผลหม่อนเพิ่มขึ้นเป็น 11.04±2.78 และ 6.83±1.21 นิวตัน ตามลำดับ (ภาพ 4.2)



ภาพ 4.2 แรงตัดผลหม่อนที่ระยะความสุกต่างกันเมื่อแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์

จากผลการทดลองการแช่ผลหม่อนในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ช่วยเพิ่มความแข็งของเนื้อผลหม่อนได้ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Fusheng *et al.* (2011) พบว่าผลสตรอเบอรี่ที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 1.0 แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน ช่วยชะลอการอ่อนนุ่มของผลในระหว่างการเก็บรักษา และรักษาความแน่นเนื้อของผล

การที่แคลเซียมคลอไรด์สามารถเพิ่มความแข็งของเนื้อผลไม้ เนื่องจากแคลเซียมอิออน (Ca^{2+}) ทำปฏิกิริยากับสารประกอบเพคติน บริเวณ middle lamella และผนังเซลล์เกิดปฏิกิริยาเชื่อมข้าม (crosslink) ระหว่างหมู่คาร์บอกซิล (carboxyl group) บนสาย polygalacturonides และประจุคู่ของ Ca^{2+} โดย Ca^{2+} ทำหน้าที่ดึงหมู่ คาร์บอกซิลบนสาย polygalacturonides สายหนึ่งจับกับหมู่คาร์บอกซิลของสาย polygalacturonides อีกสายหนึ่ง เกิดเป็นสารประกอบแคลเซียมเพคเตทซึ่งไม่ละลายน้ำ (รัชฎา และนัฏชรี, 2548) นอกจากนี้แคลเซียมยังมีบทบาทในการควบคุมการอ่อนนุ่ม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ของผลไม้ ได้แก่ การควบคุมการปลดปล่อยเอนไซม์ที่ย่อยสลายองค์ประกอบของผนังเซลล์ ชะลอการสุกและลดการเสื่อมเสียของผลไม้ เนื่องจากการเข้าทำลายของจุลินทรีย์ในระหว่างการเก็บรักษา (จริงแท้, 2549 และ Lara *et al*., 2004)

การทดลองที่ 3 การใช้สารที่เหมาะสมในการลดจำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้นของหม่อนผลสด

จากการแช่ผลหม่อนในสารละลายต่างๆ ได้แก่ สารละลายโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ (KMS) ผสมกับกรดซิตริก โดยความเข้มข้นของโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ที่ใช้ คือ ร้อยละ 0.1 และ 0.15 ตามลำดับ ส่วนกรดซิตริกใช้ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 และสารละลายกรดเปอร์แอซีติก (PAA) ความเข้มข้นที่ใช้ คือ ร้อยละ 0.01 และ 0.02 ตามลำดับ เป็นเวลา 5 นาที พบว่าผลหม่อนทั้ง 2 ระยะความสุก มีแนวโน้มของจำนวนแบคทีเรียทั้งหมด และยีสต์และราลดลง โดยจำนวนแบคทีเรียเริ่มต้นในผลหม่อนห่าม และสุกมีจำนวนเท่ากับ $1.6x10^6$ และ $2.7x10^6$ cfu/g และยีสต์และรามีจำนวนเท่ากับ $2.8x10^5$ และ $3.0x10^5$ cfu/g ตามลำดับ (ตาราง 4.2) หลังการแช่ผลหม่อนในสารละลายโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ร่วมกับกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 0.1 นาน 5 นาที จำนวนแบคทีเรียทั้งหมดในผลหม่อนห่าม และสุกลดลงเท่ากับ $6.6x10^5$ และ $2.1x10^6$ cfu/g ตามลำดับ และจำนวนยีสต์และราลดลงเท่ากับ $1.5x10^5$ และ $2.4x10^5$ cfu/g ตามลำดับ สำหรับการแช่ผลหม่อนในสารละลายโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้นร้อยละ 0.15 ร่วมกับกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 0.1 นาน 5 นาที จำนวนแบคทีเรียทั้งหมดในผลหม่อนห่าม และสุกลดลงได้เท่ากับ $7.8x10^5$ และ $2.2x10^6$ cfu/g ตามลำดับ และจำนวนยีสต์และราลดลงได้เท่ากับ $1.5x10^5$ และ $2.0x10^5$ cfu/g ตามลำดับ

การแช่ผลหม่อนในสารละลายกรดเปอร์แอซีติกความเข้มข้นร้อยละ 0.01 เป็นเวลา 5 นาที จำนวนแบคทีเรียทั้งหมดลดลงเท่ากับ $1.0x10^6$- $9.3x10^5$ cfu/g และ $1.6x10^6$-$1.2x10^6$ cfu/g ตามลำดับเรียงจากผลหม่อนห่าม และสุก และมีประสิทธิภาพในการลดจำนวนยีสต์และราได้ใกล้เคียงกันทั้ง 2 ความเข้มข้น และมีปริมาณยีสต์และราเหลืออยู่ประมาณ $2.2x10^5$ - $2.7x10^5$ cfu/g ในผลหม่อนทั้ง 2 ระยะความสุก (ตาราง 4.2)

จากผลการทดลองพบว่า สารละลายกรดเปอร์แอซีติกความเข้มข้นร้อยละ 0.01 และ 0.02 สามารถลดจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดในผลหม่อนได้น้อยกว่าผลหม่อนที่แช่สารละลายโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 และ 0.15 ร่วมกับกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ส่วนปริมาณยีสต์และรา สามารถลดได้ไม่แตกต่างกัน เนื่องจากสารประกอบกลุ่มซัลไฟต์มีกลไลในการทำลายจุลินทรีย์ โดยยับยั้งการเจริญ และรบกวนการทำงานภายในเซลล์ของแบคทีเรีย และยีสต์และรา ซึ่งถ้าหากใช้โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ ร่วมกับกรดซิตริก กรดซิตริกทำให้ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ต่ำลง และการยับยั้งจุลินทรีย์ของสารละลายโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์มีประสิทธิภาพ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

มากขึ้น และใช้เป็น Sanitizing Agent ได้ (คลินิกเทคโนโลยี, 2554) สอดคล้องกับการศึกษาของพรวิสาข์ (2544) ที่รายงานว่าการแช่ผลลำไยในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้นร้อยละ 7.5 นาน 5 นาที ช่วยลดการเจริญของเชื้อราได้ในระหว่างการเก็บรักษา และสามารถเก็บรักษาผลลำไยได้นาน 14 วัน ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบความเข้มข้นของโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 และ 0.15 ต่อปริมาณจุลินทรีย์ที่เหลืออยู่ พบว่าสามารถลดจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดลงไปได้ใกล้เคียงกัน ในผลหม่อนทั้ง 2 ระยะความสุก (ตาราง 4.2) ดังนั้นจึงเลือกใช้สารละลายโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ร่วมกับกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 0.1 เป็นสารช่วยลดจำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้นของหม่อนผลสด

ตาราง 4.2 จำนวนแบคทีเรียทั้งหมด และยีสต์และรา ภายหลังการแช่ผลหม่อนในสารลดจำนวนจุลินทรีย์แต่ละชนิด

ชนิดของสารลดจำนวนจุลินทรีย์	**ปริมาณจุลินทรีย์**	
	แบคทีเรียทั้งหมด (cfu/g)	**ยีสต์และรา (cfu/g)**
ผลห่าม		
ไม่แช่	$1.6x10^6$	$2.8x10^5$
KMS ร้อยละ 0.1 + กรดซิตริกร้อยละ 0.1	$6.6x10^5$	$1.5x10^5$
KMS ร้อยละ 0.15 + กรดซิตริกร้อยละ 0.1	$7.8x10^5$	$1.5x10^5$
PAA ร้อยละ 0.01	$1.0x10^6$	$2.7x10^5$
PAA ร้อยละ 0.02	$9.3x10^5$	$2.5x10^5$
ผลสุก		
ไม่แช่	$2.7x10^6$	$3.0x10^5$
KMS ร้อยละ 0.1 + กรดซิตริกร้อยละ 0.1	$2.1x10^6$	$2.4x10^5$
KMS ร้อยละ 0.15 + กรดซิตริกร้อยละ 0.1	$2.2x10^6$	$2.0x10^5$
PAA ร้อยละ 0.01	$1.6x10^6$	$2.5x10^5$
PAA ร้อยละ 0.02	$1.2x10^6$	$2.2x10^5$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การทดลองที่ 4 สารที่เหมาะสมในการเคลือบผิวผลหม่อน

จากการนำผลหม่อนห่าม และสุก ไปจุ่มเคลือบด้วยสารละลายแต่ละชนิด ได้แก่ ไคโตซาน ความเข้มข้นร้อยละ 1.0 เจลาตินความเข้มข้นร้อยละ 1.0 วุ้นความเข้มข้นร้อยละ 1.0 และไคโตซานทางการค้า (เบเนฟิต) ความเข้มข้นร้อยละ 5.0 จากนั้นทดสอบคุณภาพการยอมรับทางประสาทสัมผัสซึ่งกำหนดคะแนนการยอมรับจาก 1 คะแนน (ไม่ชอบมากที่สุด) ไปถึง 9 คะแนน (ชอบมากที่สุด) พบว่าชนิดของสารเคลือบผิวมีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยผลห่าม และผลสุกที่เคลือบผิวด้วยสารละลายเบเนฟิตความเข้มข้นร้อยละ 5.0 และเคลือบด้วยสารละลายเจลาตินความเข้มข้นร้อยละ 1.0 ได้รับคะแนนการยอมรับใกล้เคียงกันในทุกลักษณะคุณภาพ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) สำหรับผลหม่อนที่เคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 1.0 และเคลือบด้วยสารละลายวุ้นความเข้มข้นร้อยละ 1.0 มีคะแนนการยอมรับต่ำกว่า (ตาราง 4.3) เมื่อนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4$\pm$1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 88$\pm$2 พบว่าผลหม่อนที่เคลือบผิว สามารถลดการสูญเสียน้ำหนักได้มากกว่าผลหม่อนที่ไม่เคลือบผิว โดยภายหลังการเก็บรักษา 6 วัน ผลหม่อนที่เคลือบผิวด้วยเบเนฟิตความเข้มข้นร้อยละ 5.0 มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับร้อยละ 3.50$\pm$0.67 และ 3.44$\pm$0.20 ตามลำดับ เรียงจากผลห่าม และสุก สำหรับผลหม่อนที่เคลือบผิวด้วยเจลาตินความเข้มข้นร้อยละ 1.0 มีการสูญเสียน้ำหนักใกล้เคียงกันและไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) มีค่าเท่ากับร้อยละ 3.55$\pm$0.99 และ 3.40$\pm$0.06 ตามลำดับ เรียงจากผลห่าม และสุก รองลงมาคือผลหม่อนที่เคลือบด้วยไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 1.0 สูญเสียน้ำหนักเท่ากับร้อยละ 3.68$\pm$0.32 และ 3.42$\pm$0.45 เรียงจากผลห่ามและสุก ตามลำดับ และผลหม่อนที่เคลือบผิวด้วยวุ้นความเข้มข้นร้อยละ 1.0 สูญเสียน้ำหนักเท่ากับร้อยละ 3.74$\pm$0.91 (ตาราง 4.4) ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากสารเคลือบผิวไปเคลือบปิดช่องเปิดตามธรรมชาติของผิวผลไม้ รวมถึงบาดแผล และรอยแผลจากขั้วผลที่ถูกตัด จึงส่งผลให้การสูญเสียน้ำของผลไม้ลดน้อยลง (จริงแท้, 2549)

จากการทดสอบคุณภาพการยอมรับทางประสาทสัมผัส พบว่าผู้ทดสอบชิมให้คะแนนการยอมรับผลหม่อนที่เคลือบผิวด้วยเจลาติน และเบเนฟิตโดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) อีกทั้งสารเคลือบทั้ง 2 ชนิด ยังมีการสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการเก็บรักษาใกล้เคียงกัน ในเลือกสารเคลือบผิวผลหม่อนที่เหมาะสมเพียงชนิดเดียว จึงพิจารณาด้านความสะดวกในการเตรียมประกอบด้วย พบว่าสารละลายเบเนฟิตเตรียมได้โดยละลายในน้ำเย็นซึ่งมีความสะดวกกว่าเจลาตินที่ต้องให้ความร้อนในการละลาย ดังนั้นจึงเลือกสารละลายเบเนฟิตเป็นสารเคลือบผิวผลหม่อนที่เหมาะสม และใช้ในการศึกษาขั้นต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.3 ลักษณะคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลหม่อนที่ผ่านการจุ่มเคลือบด้วยสารเคลือบผิวต่างชนิดกัน

ระยะความสุก	คุณภาพทางประสาทสัมผัส					
	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	ลักษณะเนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
ผลห่าม						
ไม่เคลือบผิว	$6.62^{a}\pm1.98$	$6.62^{a}\pm2.14$	$5.92^{ab}\pm2.06$	$5.38^{ab}\pm2.36$	$6.38^{a}\pm1.33$	$6.92^{a}\pm1.66$
เจลาติน	$5.62^{ab}\pm2.72$	$6.08^{a}\pm2.10$	$5.23^{ab}\pm2.13$	$5.92^{ab}\pm2.02$	$5.77^{ab}\pm1.69$	$6.23^{ab}\pm1.64$
วุ้น	$3.69^{b}\pm2.36$	$4.31^{b}\pm2.29$	$4.23^{b}\pm2.35$	$4.54^{b}\pm2.85$	$4.54^{b}\pm1.94$	$4.69^{b}\pm2.61$
ไคโตซาน	$5.46^{ab}\pm2.90$	$6.62^{a}\pm1.39$	$4.92^{ab}\pm2.53$	$5.08^{ab}\pm2.69$	$5.77^{ab}\pm1.88$	$5.69^{ab}\pm2.72$
เบเนฟิต	$6.00^{a}\pm1.96$	$5.62^{ab}\pm2.10$	$6.46^{a}\pm1.45$	$6.85^{a}\pm1.99$	$6.62^{a}\pm1.66$	$7.31^{a}\pm1.44$
ผลสุก						
ไม่เคลือบผิว	$5.83^{a}\pm1.72$	$6.36^{a}\pm1.82$	$5.85^{a}\pm1.82$	$6.89^{a}\pm1.68$	$6.15^{a}\pm1.60$	$6.96^{a}\pm1.35$
เจลาติน	$6.15^{a}\pm1.68$	$6.36^{a}\pm1.56$	$5.85^{a}\pm1.56$	$6.21^{a}\pm1.55$	$6.19^{a}\pm1.86$	$6.77^{a}\pm1.31$
วุ้น	$4.62^{b}\pm1.92$	$5.47^{b}\pm2.06$	$5.34^{ab}\pm2.06$	$5.11^{b}\pm2.29$	$5.15^{b}\pm2.10$	$5.70^{b}\pm1.93$
ไคโตซาน	$6.23^{a}\pm1.55$	$6.43^{a}\pm1.87$	$4.77^{b}\pm1.87$	$5.17^{b}\pm2.23$	$5.83^{ab}\pm1.79$	$6.04^{b}\pm1.76$
เบเนฟิต	$6.09^{a}\pm1.77$	$6.30^{a}\pm1.65$	$5.55^{a}\pm1.65$	$6.21^{a}\pm2.13$	$6.04^{a}\pm1.59$	$6.70^{a}\pm1.57$

หมายเหตุ: เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งของแต่ละระยะความสุก ตัวอักษรแตกต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p\leq0.05$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.4 การสูญเสียน้ำหนักของผลหม่อน ที่เคลือบด้วยสารเคลือบผิวต่างชนิดกัน เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส

ระยะความสุก	การสูญเสียน้ำหนัก (ร้อยละ) ที่ระยะเวลาแตกต่างกัน			
	0 วัน	2 วัน	4 วัน	6 วัน
ผลห่าม				
ไม่เคลือบสาร	0.00±0.00	1.25^{b}±0.14	2.40^{a}±0.29	3.70^{a}±1.44
เจลาติน	0.00±0.00	1.20^{bc}±0.24	1.96^{b}±0.93	3.55^{c}±0.99
วุ้น	0.00±0.00	2.12^{a} ±0.32	2.48^{a}±0.71	3.74^{a}±0.91
ไคโตซาน	0.00±0.00	1.17^{c}±0.44	1.92^{bc}±0.23	3.68^{b}±0.32
เบเนฟิต	0.00±0.00	1.17^{c}±0.65	1.84^{c}±0.29	3.50^{c}±0.67
ผลสุก				
ไม่เคลือบสาร	0.00±0.00	1.32^{b}±0.14	2.18^{a}±1.29	4.17^{a}±1.05
เจลาติน	0.00±0.00	1.22^{c}±0.14	1.58^{c}±0.52	3.40^{c}±0.06
วุ้น	0.00±0.00	2.05^{a} ±0.36	2.52^{a}±0.71	3.74^{b}±0.71
ไคโตซาน	0.00±0.00	1.20^{c}±0.23	1.80^{b}±0.38	3.42^{c}±0.45
เบเนฟิต	0.00±0.00	1.25^{c}±0.45	1.63^{c}±0.71	3.44^{c}±0.20

หมายเหตุ: เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งของแต่ละระยะความสุก ตัวอักษรแตกต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

การทดลองที่ 5 การใช้สารเคลือบผิวหม่อนผลสดร่วมกับสารเคมีชะลอการเน่าเสีย

1. ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ

- ร้อยละการสูญเสียน้ำหนัก การเก็บรักษาผลหม่อนที่อุณหภูมิห้อง (31±2 องศาเซลเซียส) เมื่อเปรียบเทียบร้อยละการสูญเสียน้ำหนัก พบว่าผลหม่อนไม่เคลือบสารมีการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด โดยมีค่าระหว่างร้อยละ 20.12±1.09 ถึง 34.95±1.18 สำหรับผลหม่อนที่เคลือบผิวด้วยสารละลายเบเนฟิตซึ่งมีการผสมสารป้องกันการเน่าเสีย ได้แก่ โพแทสเซียมซอร์เบท และเมทิลพาราเบน พบว่ามีแนวโน้มการสูญเสียน้ำหนักใกล้เคียงกัน โดยผลหม่อนที่เคลือบผิวด้วยสารละลายเบเนฟิตร่วมกับโพแทสเซียมซอร์เบทมีการสูญเสียน้ำหนักอยู่ระหว่างร้อยละ 20.83±2.67 ถึง 41.03±3.51 และ 22.04±1.87 ถึง 32.41±2.76 ตามลำดับ เรียงจากผลห่าม และสุก สำหรับการเคลือบผิวผลหม่อนด้วยสารละลายเบเนฟิตร่วมกับเมทิลพาราเบน พบว่ามีการสูญเสียน้ำหนักอยู่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ระหว่างร้อยละ 20.51-39.65 และ 21.56-31.62 ตามลำดับ เรียงจากผลห่าม และสุก (ภาพ 4.3 และตารางภาคผนวก ข.1) จากผลการทดลอง พบว่าการเคลือบผิวผลหม่อนด้วยสารละลายเบเนฟิตแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ไม่สามารถลดการสูญเสียน้ำหนักของผลหม่อนได้ เช่นเดียวกับการศึกษาของพิมพ์ใจ (2548) ที่เคลือบผิวผลสตรอเบอรี่ด้วยสารละลายไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 2.0 แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่ามีการสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างจากผลที่ไม่เคลือบผิว ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิดังกล่าวจะมีการคายน้ำสูง เนื่องจากความดันไอภายในผลิตผลแตกต่างกับความดันไอน้ำของสภาพแวดล้อม (จริงแท้, 2544)

การเก็บรักษาผลหม่อนทั้ง 2 ระยะความสุกที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 88±2 พบว่ามีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเช่นกัน โดยผลหม่อนไม่เคลือบสารมีการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุดเมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการเก็บรักษา คือ ร้อยละ 1.01-11.27 และ 1.22-10.84 ตามลำดับ เรียงจากผลห่าม และผลสุก สำหรับผลหม่อนที่เคลือบด้วยสารละลายเบเนฟิตซึ่งมีการผสมสารป้องกันการเน่าเสียต่างชนิดกัน ได้แก่ โพแทสเซียมซอร์เบท และเมทิลพาราเบน เมื่อเปรียบเทียบกัน พบว่าผลหม่อนเคลือบด้วยสารละลายเบเนฟิตร่วมกับโพแทสเซียมซอร์เบท มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่า เมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการเก็บรักษา คือ ร้อยละ 1.17-10.80 และ 1.17-7.76 ตามลำดับ เรียงจากผลห่าม และสุก (ภาพ 4.8 และตารางภาคผนวก ข.9) ซึ่งการสูญเสียน้ำของผลหม่อนเป็นการสูญเสียน้ำในรูปของการระเหยออกไปเกี่ยวข้องกับความแตกต่างของความดันไอของน้ำในเนื้อผลหม่อน และความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศที่อยู่รอบๆ ผลหม่อนในระดับต่ำ ทำให้น้ำระเหยสู่อากาศได้ง่าย ส่งผลให้น้ำหนักลดลงอย่างรวดเร็ว (จริงแท้, 2544)

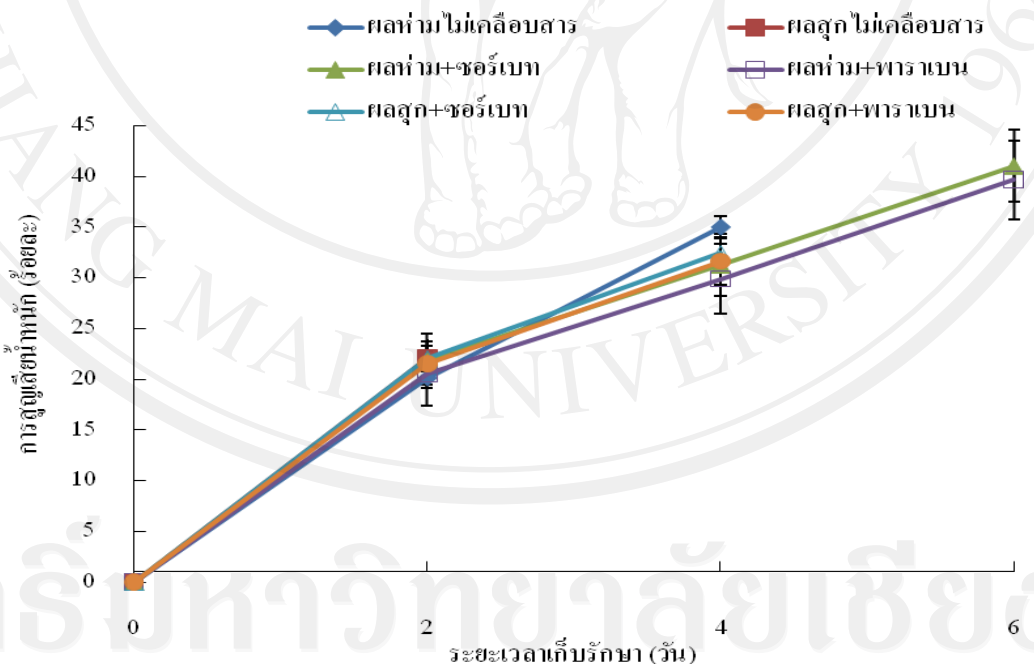
- แรงตัดขาดของผลหม่อน การเก็บรักษาผลหม่อนที่อุณหภูมิห้อง (31±2 องศาเซลเซียส) พบว่าในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษา ผลหม่อนที่ไม่เคลือบผิว ผลหม่อนที่เคลือบด้วยสารละลายเบเนฟิตร่วมกับโพแทสเซียมซอร์เบท และผลหม่อนที่เคลือบด้วยสารละลายเบเนฟิตร่วมกับเมทิลพาราเบน มีค่าแรงตัดขาดระหว่าง 8.21-9.52 และ 5.14-5.44 นิวตัน ตามลำดับ เรียงจากผลห่าม และสุก ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาค่าแรงตัดมีค่าลดลง โดยมีค่าเท่ากับ 6.34-7.10 นิวตัน และ 4.97-5.67 นิวตัน ตามลำดับ เรียงจากผลห่าม และสุก (ภาพ 4.4 และตารางภาคผนวก ข.2)

การเก็บรักษาผลหม่อนทั้ง 2 ระยะความสุกที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 88±2 ในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษา ผลหม่อนที่ไม่เคลือบผิว ผลหม่อนที่เคลือบด้วยสารละลายเบเนฟิตร่วมกับโพแทสเซียมซอร์เบท และผลหม่อนที่เคลือบสารละลายเบเนฟิตร่วมกับเมทิลพาราเบน มีค่าแรงตัดขาดระหว่าง 7.98-9.87 และ 4.41-5.26 นิวตัน ตามลำดับ เรียงจากผลห่าม และสุก ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา พบว่าค่าแรงตัดค่อยๆ ลดลงเล็กน้อย โดย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

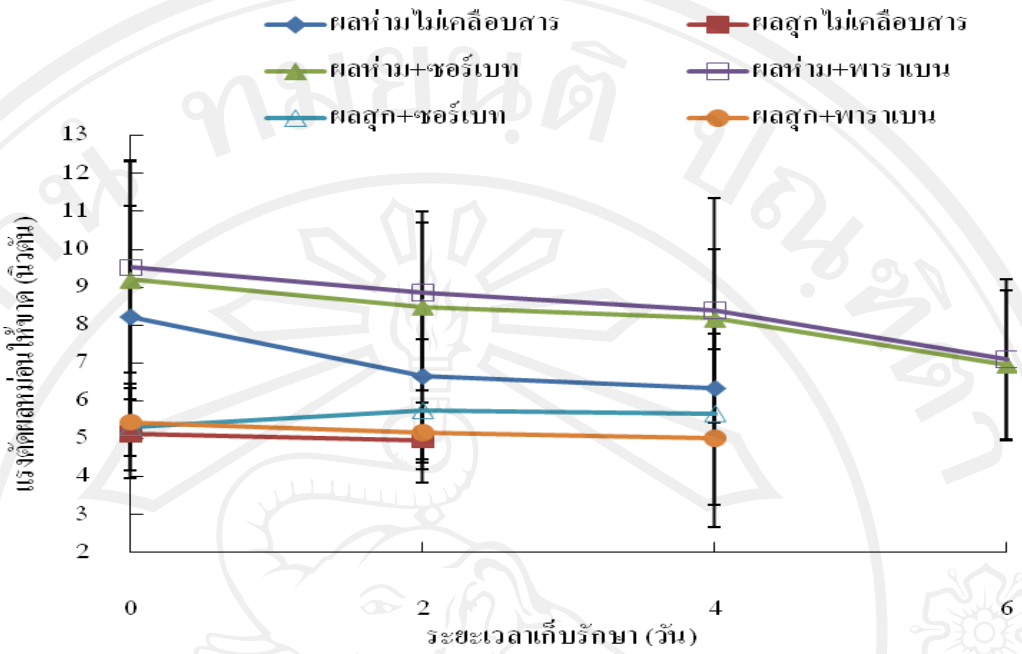
เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษา ผลหม่อนที่ไม่เคลือบสารมีค่าแรงตัดขาดลดลงเท่ากับ 4.68±2.08 นิวตัน และ 3.68±1.34 นิวตัน ตามลำดับ เรียงจากผลห่าม และสุก (ภาพ 4.9 และตารางภาคผนวก ข.10) เมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างชนิดของสารป้องกันการเน่าเสีย พบว่าผลหม่อนเคลือบด้วยสารละลายเบเนฟิตร่วมกับโพแทสเซียมซอร์เบท มีค่าแรงตัดขาดลดลงใกล้เคียงกัน โดยเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษา มีค่าแรงตัดขาดอยู่ระหว่าง 5.54- 5.63 และ 4.07- 4.11 นิวตัน ตามลำดับ เรียงจากผลห่าม และสุก (ภาพ 4.9 และตารางภาคผนวก ข.10)

ค่าแรงตัดขาดที่ลดลงในระหว่างการเก็บรักษา แสดงถึงลักษณะเนื้อสัมผัสของผลหม่อนที่นิ่มลง อธิบายได้ว่าเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงภายในเซลล์ และการเร่งของเอนไซม์ เช่น ปฏิกิริยาการสลายตัวของโพลีแซคคาไรด์ที่เป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์ ทำให้เนื้อเยื่อนิ่มมากขึ้นโดยมีเอนไซม์เซลลูเลส และเฮมิ-เซลลูเลส เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา นอกจากนี้ปฏิกิริยาไฮโดร-ไลซิสของสารประกอบเพคตินโดยเอนไซม์โพลิกาแล็กทูโรเนส แอลฟา- และบีตา-กาแล็กทูโรเนส จะไปเร่งการปฏิกิริยาการไฮโดรไลซ์สารประกอบเพคตินที่ไม่ละลายน้ำไปเป็นสารประกอบเพคตินที่ละลายน้ำได้ ทำให้ผลหม่อนนิ่มลง (Toivonen and Brummell, 2008)



ภาพ 4.3 การสูญเสียน้ำหนักของผลหม่อน ที่ผ่านการเคลือบด้วยเบเนฟิต ร่วมกับสารป้องกันการเน่าเสียชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง จนเน่าเสีย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

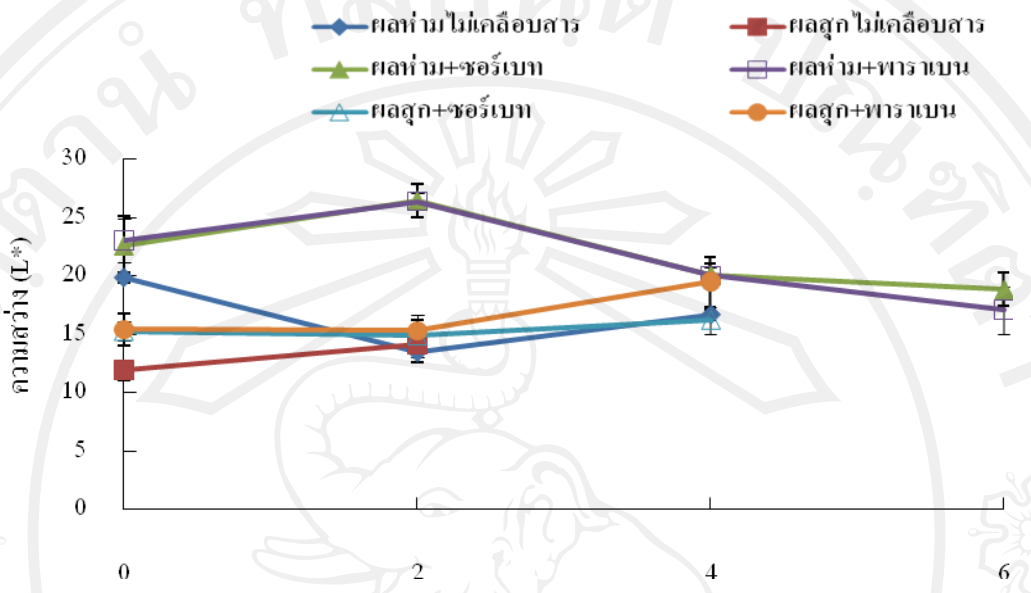


ภาพ 4.4 แรงตัดผลหม่อนให้ขาด (นิวตัน) ของผลหม่อนที่ผ่านการเคลือบด้วยเบเนฟิต ร่วมกับสารป้องกันการเน่าเสียชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง จนเน่าเสีย

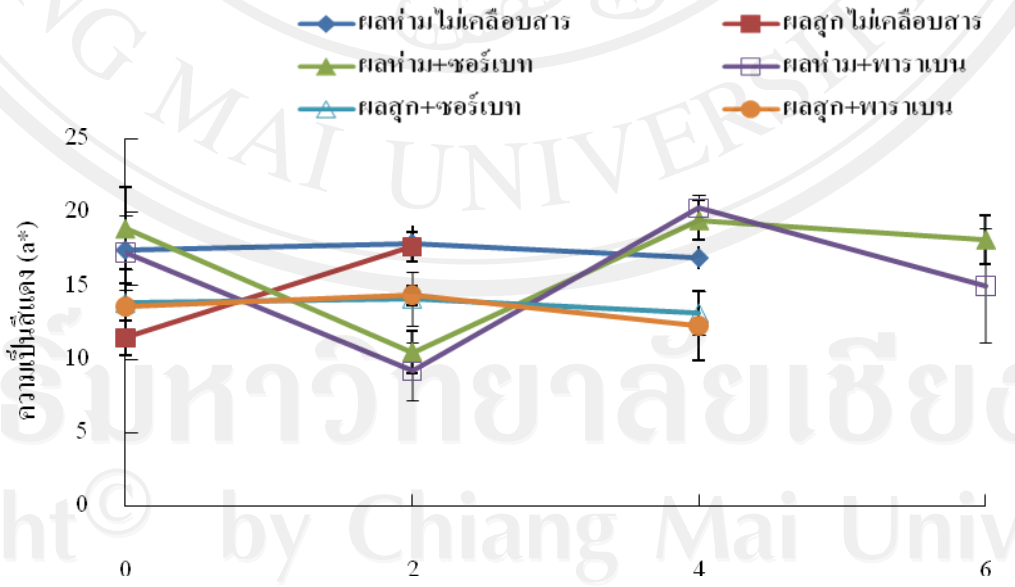
- การเปลี่ยนแปลงสี จากผลการทดลองเมื่อทำการเก็บรักษาผลหม่อนห่ามและสุกที่อุณหภูมิห้อง (31±2 องศาเซลเซียส) พบว่าผลหม่อนที่ไม่เคลือบสาร ผลหม่อนที่เคลือบด้วยสารละลายเบเนฟิตร่วมกับโพแทสเซียมซอร์เบท และผลหม่อนที่เคลือบด้วยสารละลายเบเนฟิตร่วมกับเมทิลพาราเบนมีแนวโน้มค่าความสว่าง (L*) ลดลง (ภาพ 4.5 และตารางภาคผนวก ข.3) สำหรับความเป็นสีแดง (a*) มีค่าอยู่ในช่วง 10-20 แสดงว่าสีของผลหม่อนที่วัดได้เป็นสีม่วงถึงน้ำเงินม่วง ผลหม่อนสุกมีแนวโน้มความเป็นสีแดง (a*) คงที่ ส่วนผลหม่อนห่ามมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย (ภาพ 4.6 และตารางภาคผนวก ข.4) สำหรับความเป็นสีน้ำเงิน (b*) มีค่าเป็นลบแสดงถึงสีของผลหม่อนมีสีม่วงถึงม่วงดำ พบว่าผลหม่อนสุกมีแนวโน้มคงที่ ส่วนผลหม่อนห่ามมีค่าเพิ่มขึ้น (ภาพ 4.7 และตารางภาคผนวก ข.5)

สำหรับการเก็บรักษาผลหม่อนที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส พบว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงสีของผลหม่อน โดยมีแนวโน้มค่าความสว่าง (L*) มีค่าลดลงเล็กน้อยตลอดระยะเวลาเก็บรักษา (ภาพ 4.10 และตารางภาคผนวก ข.11) ส่วนความเป็นสีแดง (a*) ของผลหม่อนมีแนวโน้มลดลง (ภาพ 4.11 และตารางภาคผนวก ข.12) และความเป็นสีน้ำเงิน (b*) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากเกิดการเปลี่ยนแปลงของแอนโทไซยานินในผลหม่อนระหว่างการเก็บรักษา (ภาพ 4.13 และตารางภาคผนวก ข.13)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

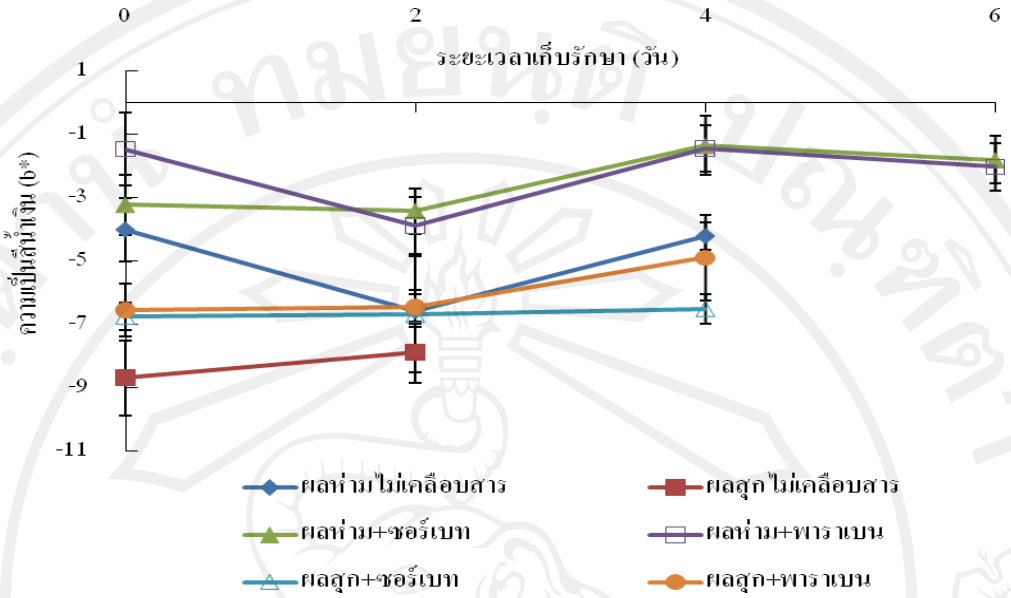


ภาพ 4.5 ความสว่างของผลหม่อนที่ผ่านการเคลือบด้วยเบเนฟิต ร่วมกับสารป้องกันการเน่าเสียชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง จนเน่าเสีย

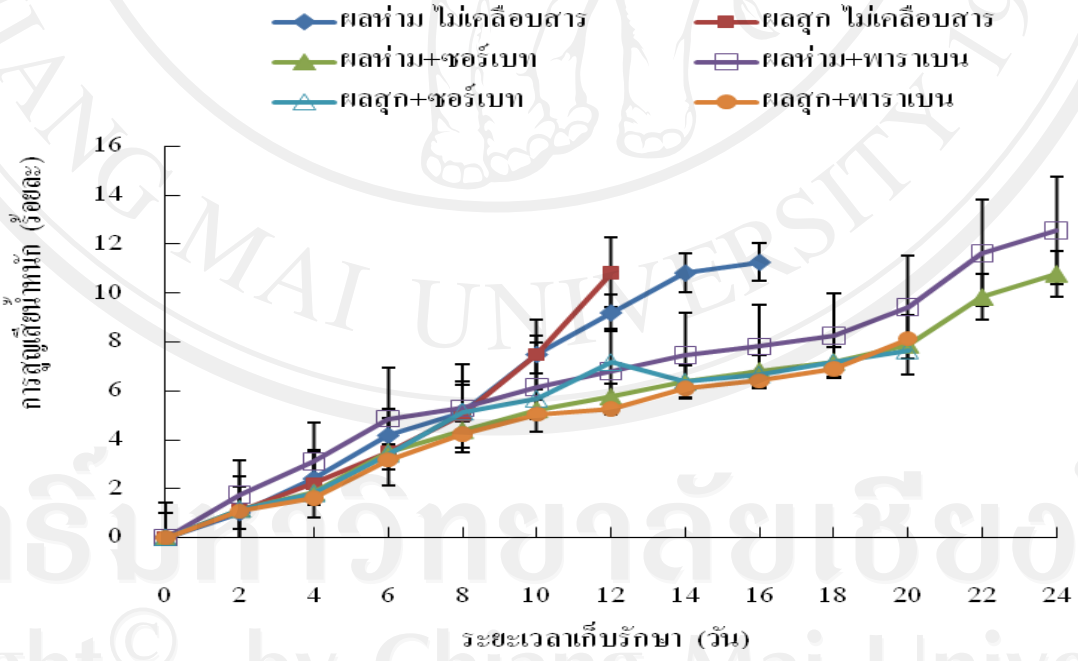


ภาพ 4.6 ความเป็นสีแดงของผลหม่อนที่ผ่านการเคลือบด้วยเบเนฟิต ร่วมกับสารป้องกันการเน่าเสียชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง จนเน่าเสีย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

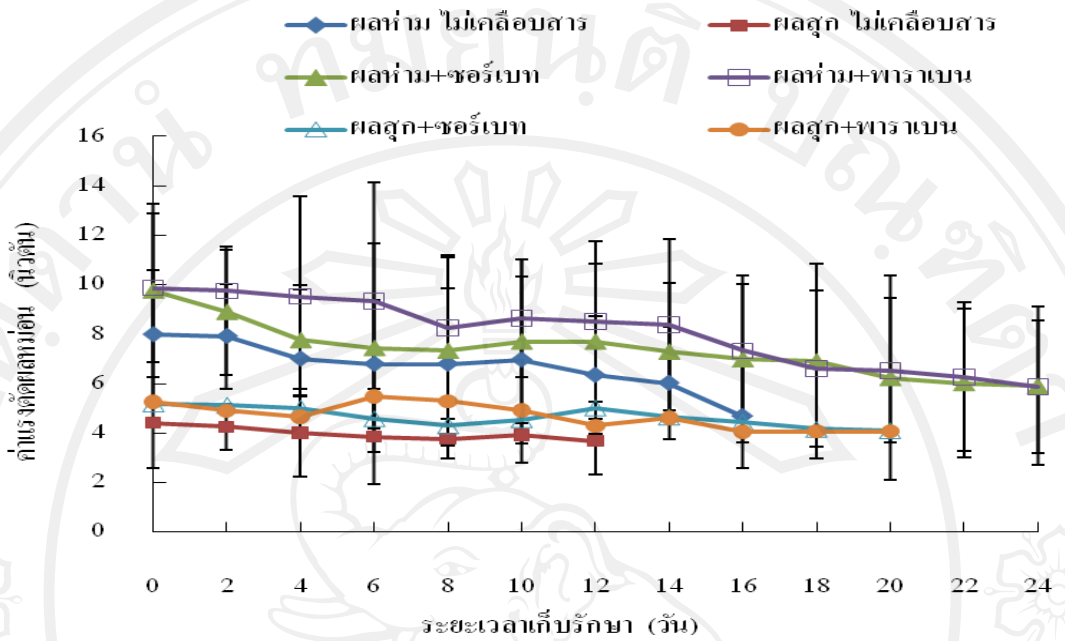


ภาพ 4.7 ความเป็นสีน้ำเงินของผลหม่อนที่ผ่านการเคลือบด้วยเบเนฟิต ร่วมกับสารป้องกันการเน่าเสียชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง จนเน่าเสีย

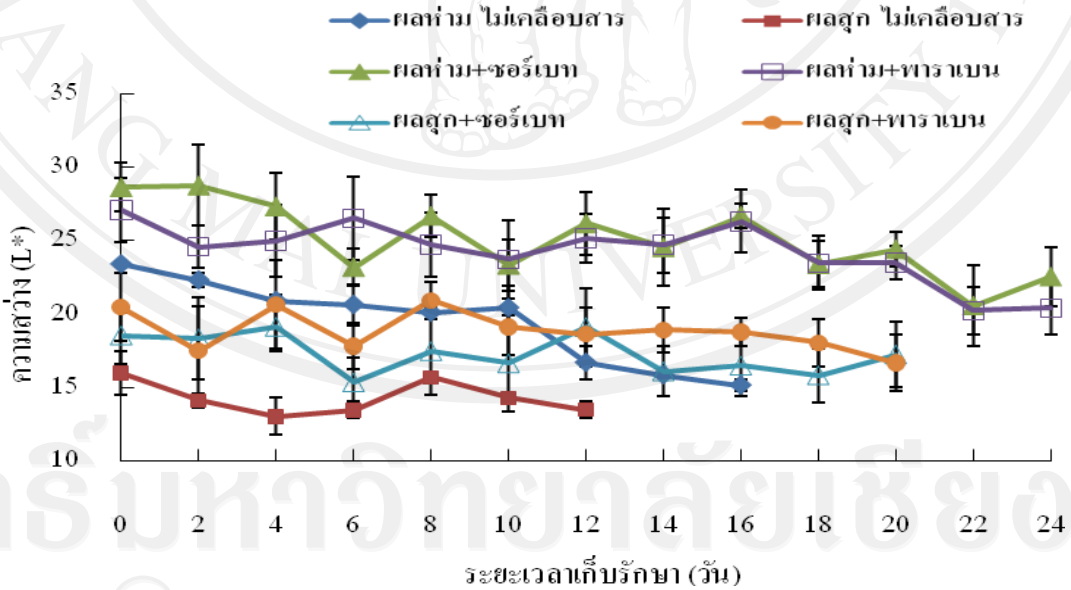


ภาพ 4.8 การสูญเสียน้ำหนักของผลหม่อน ที่ผ่านการเคลือบด้วยเบเนฟิต ร่วมกับสารป้องกันการเน่าเสียชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส จนเน่าเสีย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

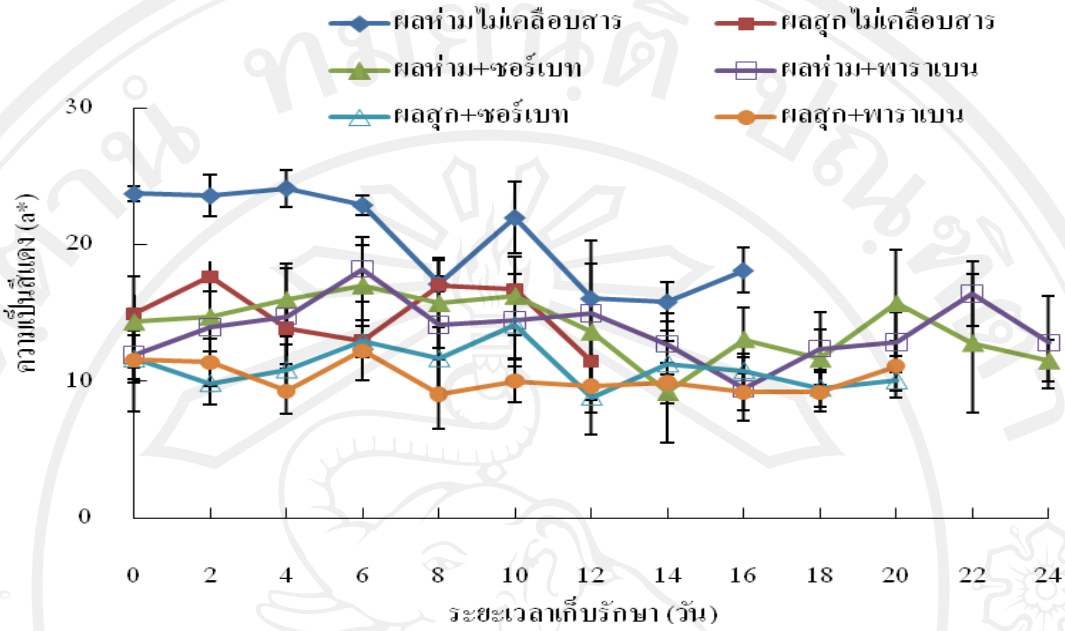


ภาพ 4.9 แรงตัดผลหม่อนให้ขาดของผลหม่อนที่ผ่านการเคลือบด้วยเบเนฟิต ร่วมกับสารป้องกันการเน่าเสียชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส จนเน่าเสีย

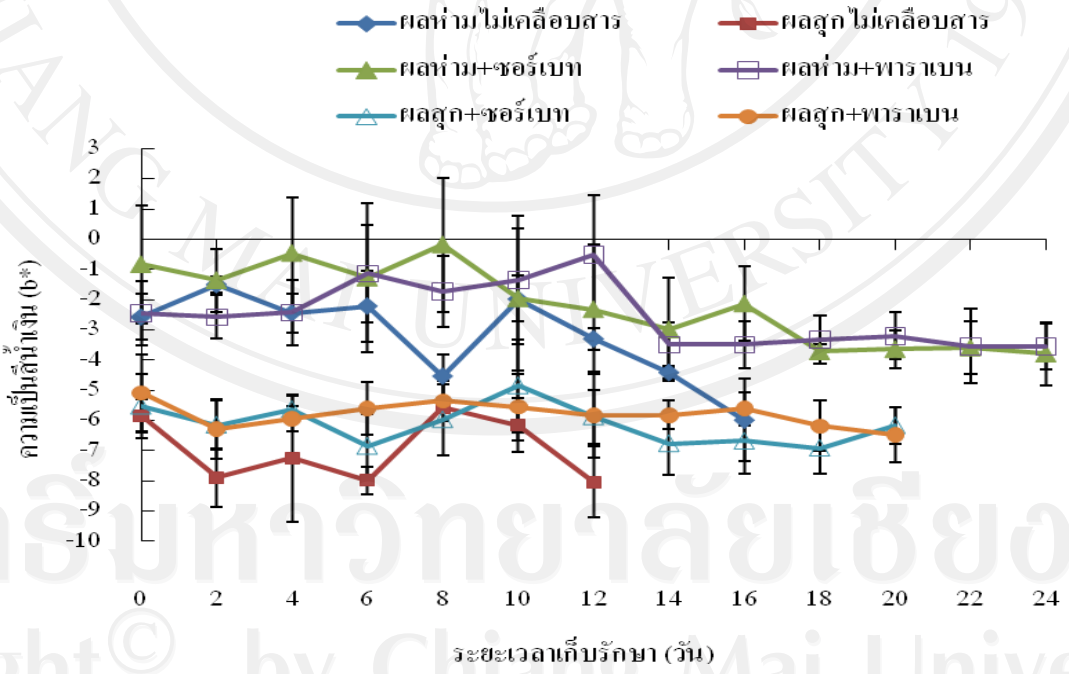


ภาพ 4.10 ความสว่างของผลหม่อนที่ผ่านการเคลือบด้วยเบเนฟิต ร่วมกับสารป้องกันการเน่าเสียชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส จนเน่าเสีย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.11 ความเป็นสีแดงของผลหม่อนที่ผ่านการเคลือบด้วยเบเนฟิต ร่วมกับสารป้องกันการเน่าเสียชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส จนเน่าเสีย



ภาพ 4.12 ความเป็นสีน้ำเงินของผลหม่อนที่ผ่านการเคลือบด้วยเบเนฟิต ร่วมกับสารป้องกันการเน่าเสียชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส จนเน่าเสีย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2. ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางเคมี

- ความเป็นกรด-ด่าง เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (31±2 องศาเซลเซียส) พบว่าผลหม่อนที่ไม่เคลือบสาร เคลือบด้วยสารละลายเบเนฟิตความเข้มข้นร้อยละ 5.0 ร่วมกับโพแทสเซียมซอร์เบทความเข้มข้นร้อยละ 0.1 และเคลือบด้วยสารละลายเบเนฟิตความเข้มข้นร้อยละ 5.0 ร่วมกับเมทิลพาราเบนความเข้มข้นร้อยละ 0.1 เมื่อเริ่มต้นการเก็บรักษา ความเป็นกรด-ด่างของผลหม่อนมีค่าเท่ากับ 4.09±0.00 4.39±0.10 และ 4.21±0.06 ตามลำดับ เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษา ความเป็นกรด-ด่างมีค่าเท่ากับ 3.89±0.01 4.49±0.10 และ 4.77±0.11 ตามลำดับ ส่วนผลหม่อนห่าม เมื่อเริ่มต้นการเก็บรักษา มีค่าเท่ากับ 3.57±0.00 3.70±0.23 และ 3.67±0.03 ตามลำดับ เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษามีค่าเท่ากับ 3.44±0.05 4.10±0.05 และ 4.09±0.08 ตามลำดับ (ภาพ 4.13 และตารางภาคผนวก ข.6) ซึ่งความเป็นกรด-ด่างของผลหม่อนที่ไม่เคลือบผิวในวันสุดท้ายของการเก็บรักษามีค่าลดลง ในขณะที่ผลหม่อนที่ผ่านการเคลือบผิวที่มีการใช้สารเคมีป้องกันการเน่าเสียร่วมด้วย กลับมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น อาจอธิบายได้ว่า อาจเกี่ยวข้องกับการเจริญของจุลินทรีย์ในระหว่างการเก็บรักษา เพราะเมื่อจุลินทรีย์มีการเจริญจะใช้น้ำตาลกลูโคสเป็นแหล่งคาร์บอน และผลิตกรดขึ้นทำให้ความเป็นกรด-ด่างลดลง (Heard, 2002) ความเป็นกรด-ด่างมีความสัมพันธ์กับปริมาณกรดอินทรีย์ที่มีอยู่ในผลไม้ กล่าวคือ ถ้าผลไม้มีปริมาณกรดอินทรีย์อยู่มากความเป็นกรด-ด่างของผลไม้จะต่ำ (ศุภรัตน์, 2544)

สำหรับการเก็บรักษาผลหม่อนที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส พบว่าผลหม่อนห่าม และสุกมีความเป็นกรด-ด่างเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย และเมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการเก็บรักษาผลหม่อนห่ามและสุกที่ไม่เคลือบผิวมีความเป็นกรด-ด่างลดลงต่ำที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับผลหม่อนที่เคลือบด้วยสารละลายเบเนฟิตเข้มข้นร้อยละ 5.0 และมีการเติมโพแทสเซียมซอร์เบท หรือเมทิลพาราเบนความเข้มข้นร้อยละ 0.1 (ภาพ 4.16 และตารางภาคผนวก ข.14)

- ปริมาณกรดทั้งหมด การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดของหม่อนผลสดในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (31±2 องศาเซลเซียส) พบว่าปริมาณกรดทั้งหมดของผลหม่อนในทุกกรรมวิธี มีค่าเปลี่ยนแปลงไม่มากในระหว่างการเก็บรักษา (ภาพ 4.14 และตารางภาคผนวก ข.8) เมื่อเปรียบเทียบกับการเก็บรักษาผลหม่อนห่าม และสุกในทุกกรรมวิธีที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส พบว่าปริมาณกรดทั้งหมดมีแนวโน้มลดลง และมีการเปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาผลหม่อนสุกที่ไม่เคลือบผิว เคลือบด้วยสารละลายเบเนฟิตเข้มข้นร้อยละ 5.0 ร่วมกับ โพแทสเซียมซอร์เบทร้อยละ 0.1 และเคลือบด้วยสารละลายเบเนฟิตเข้มข้นร้อยละ 5.0 ร่วมกับเมทิลพาราเบนร้อยละ 0.1 มีปริมาณกรดทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 1.34±0.10 1.31±0.09 และ 1.17±0.28 ตามลำดับ ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษามีค่า

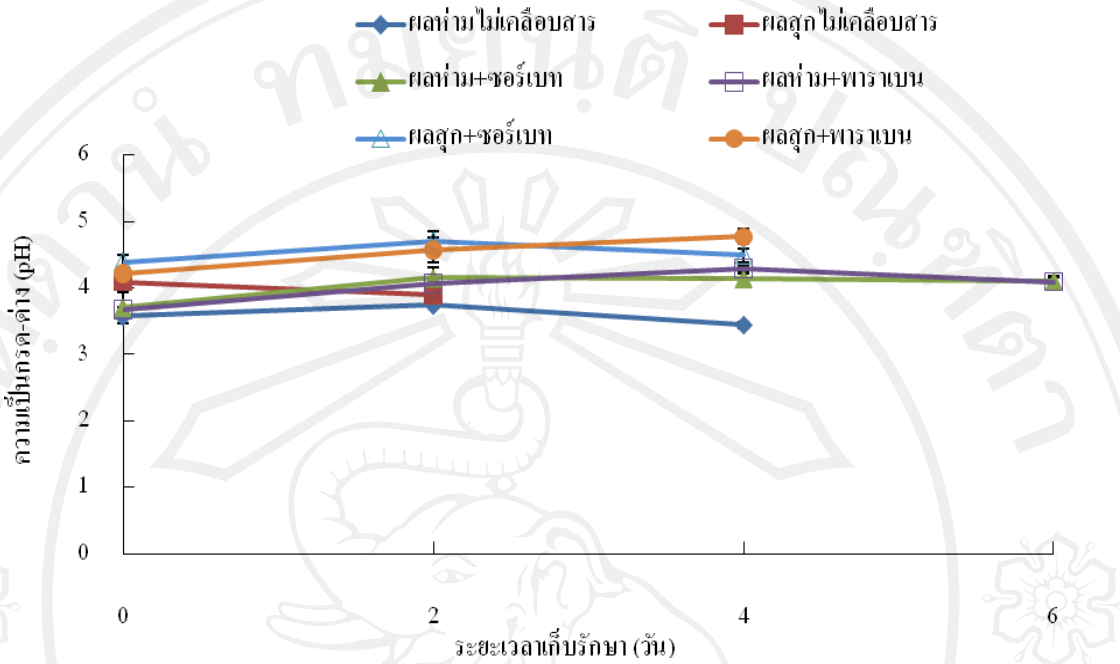
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เท่ากับร้อยละ 1.69±0.10 1.31±0.30 และ 1.02±0.11 ตามลำดับ (ภาพ 4.17 และตารางภาคผนวก ข.16) สำหรับผลหม่อนห่ามมีแนวโน้มลดลงเพียงเล็กน้อยในระหว่างการเก็บรักษาโดยในวันแรกของการเก็บรักษามีปริมาณกรดทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 3.03±0.20 3.07±0.38 และ 2.59±0.32 ตามลำดับ ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษามีค่าเท่ากับร้อยละ 2.68±0.20 2.78±0.24 และ 2.50±0.17 ตามลำดับ (ภาพ 4.17 และตารางภาคผนวก ข.16)

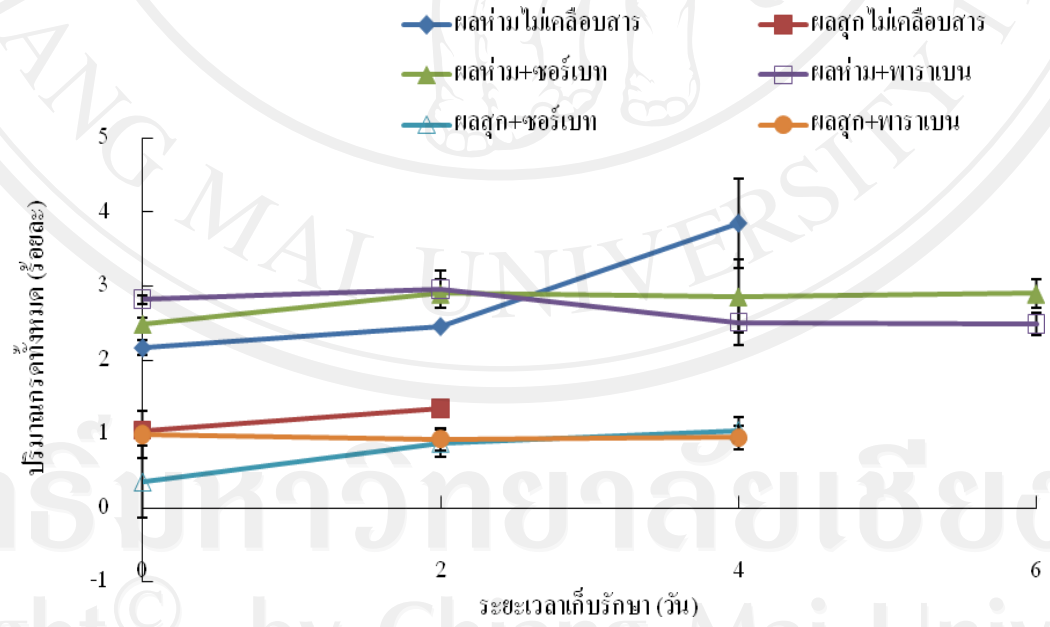
- ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ของผลหม่อนในแต่ละระยะความสุกในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (31±2 องศาเซลเซียส) (ภาพ 4.15 และตารางภาคผนวก ข.7) พบว่าผลหม่อนสุกที่ไม่เคลือบผิวเคลือบด้วยสารละลายเบเนฟิตเข้มข้นร้อยละ 5.0 ร่วมกับโพแทสเซียมซอร์เบทเข้มข้นร้อยละ 0.1 และเคลือบด้วยสารละลายเบเนฟิตเข้มข้นร้อยละ 5.0 ร่วมกับเมทิลพาราเบนเข้มข้นร้อยละ 0.1 เมื่อเริ่มต้นการเก็บรักษามีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเท่ากับ 13.32±0.20 8.75±1.6 และ 9.27±0.43 องศาบริกซ์ ตามลำดับ สำหรับผลหม่อนห่ามมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเท่ากับ 7.07±0.12 6.68±0.61 และ 6.60±0.32 องศาบริกซ์ ตามลำดับ ในระหว่างการเก็บรักษาปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาผลหม่อนสุกมีค่าเป็น 9.07±0.12 11.08±1.78 และ 12.29±0.65 องศาบริกซ์ ตามลำดับ สำหรับผลหม่อนห่ามมีค่าเป็น 8.07±0.12 8.59±1.08 และ 9.72±0.56 องศาบริกซ์ ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองในการเก็บรักษาหม่อนผลสดพันธุ์เชียงใหม่โดยใช้บรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน ได้แก่ ถาดโฟมหุ้มด้วยฟิล์มโพลีไวนิลคลอไรด์ (PVC) ถุงพลาสติกโพลีโพพิลีน (PP) แบบไม่เจาะรู และถุงพลาสติกโพลีโพพิลีน (PP) แบบเจาะรูด้านข้าง 4 รู พบว่าระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (31±4 องศาเซลเซียส) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของผลหม่อนสุก ในทุกชุดทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน (ธิติพันธ์, 2549)

เมื่อเปรียบเทียบกับการเก็บรักษาผลหม่อนห่าม และสุกในทุกกรรมวิธีที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส พบว่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดระหว่างการเก็บรักษามีค่าค่อนข้างแปรผัน เนื่องมาจากความผันแปรของผลหม่อนที่แตกต่างกัน ซึ่งอาจจะมีระยะความแก่แตกต่างกันในแต่ละผล โดยปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในวันที่ 0 ถึง 10 ของการเก็บรักษา หลังจากนั้นมีแนวโน้มค่อยๆลดลงแต่ไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก (ภาพ 4.18 และตารางภาคผนวก ข.15) เนื่องจากภายหลังการเก็บเกี่ยวผลไม้ยังมีการหายใจเกิดขึ้นตลอดเวลา และจะใช้น้ำตาลเป็นแหล่งพลังงานส่วนใหญ่ ทำให้ปริมาณน้ำตาลที่สะสมไว้ลดลง อีกทั้งเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ และมีการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศจึงช่วยชะลอการสูญเสียน้ำ กระบวนการเปลี่ยนแปลงของแป้ง และน้ำตาลในผลไม้ได้ (จริงแท้, 2549)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

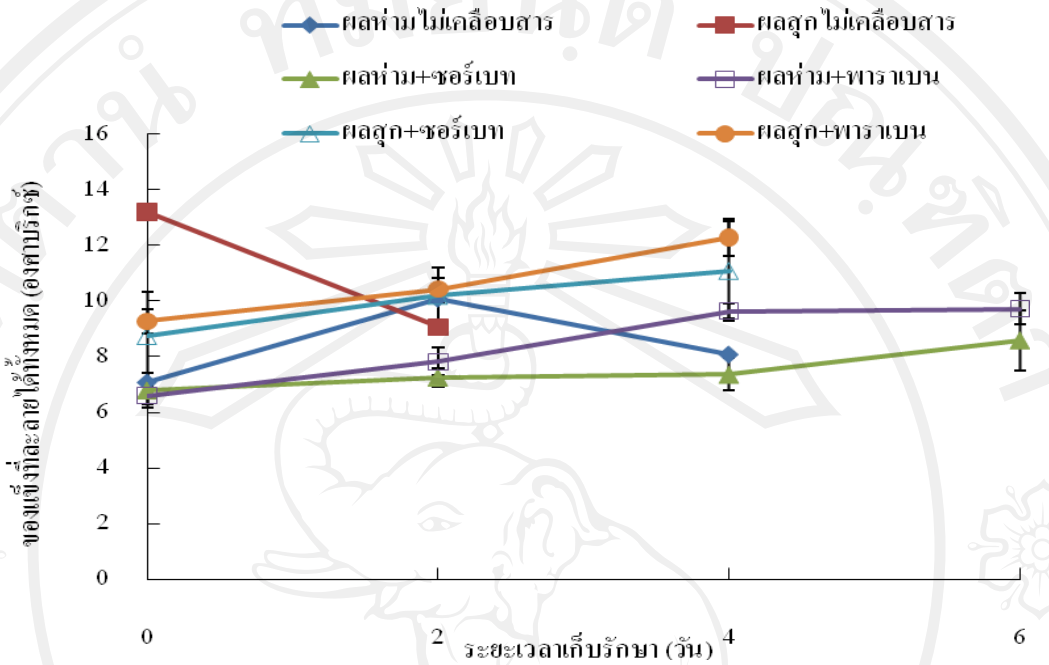


ภาพ 4.13 ความเป็นกรด-ด่างของผลหม่อนที่ผ่านการเคลือบด้วยเบเนฟิต ร่วมกับสารป้องกันการเน่าเสียชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง จนเน่าเสีย

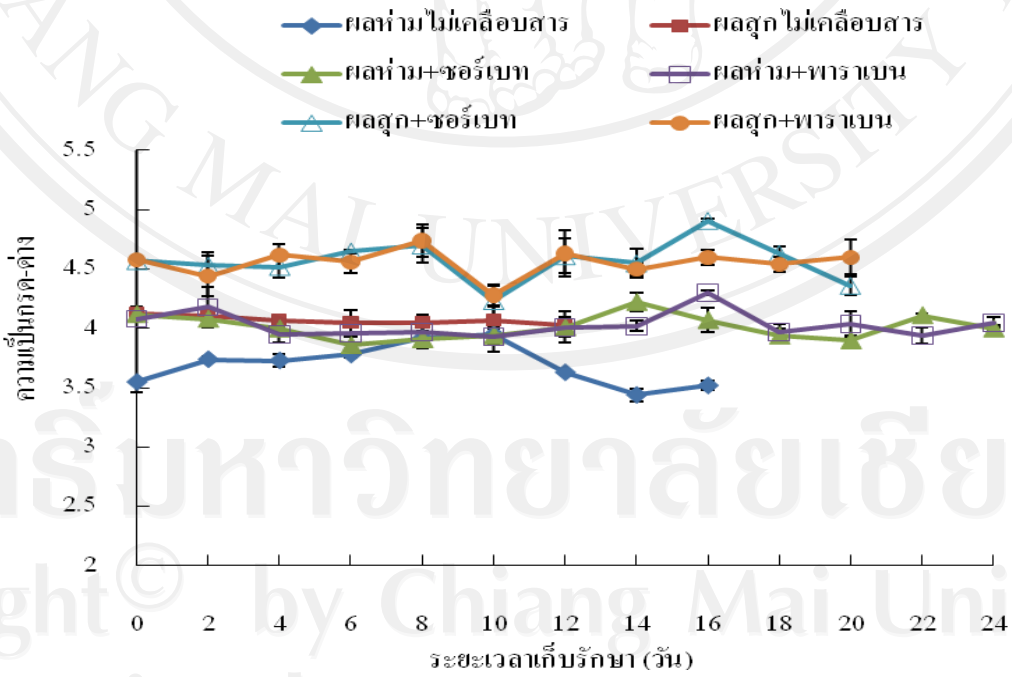


ภาพ 4.14 ปริมาณกรดทั้งหมดของผลหม่อนที่ผ่านการเคลือบด้วยเบเนฟิต ร่วมกับสารป้องกันการเน่าเสียชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง จนเน่าเสีย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

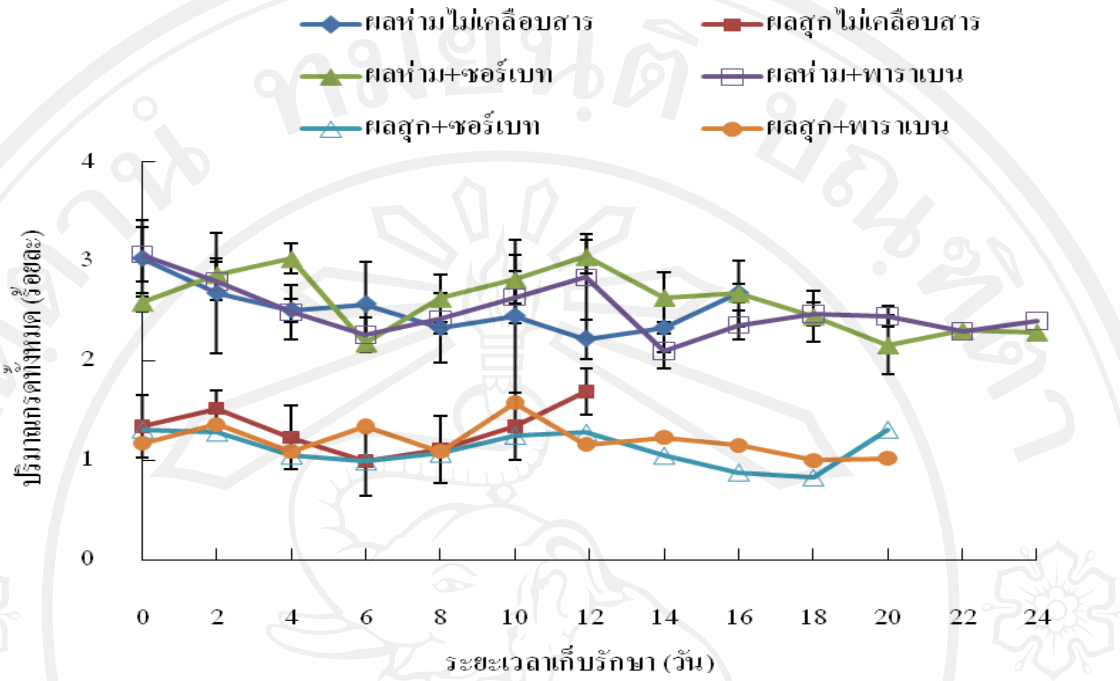


ภาพ 4.15 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของผลหม่อนที่ผ่านการเคลือบด้วยเบเนฟิต ร่วมกับสารป้องกันการเน่าเสียชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง จนเน่าเสีย

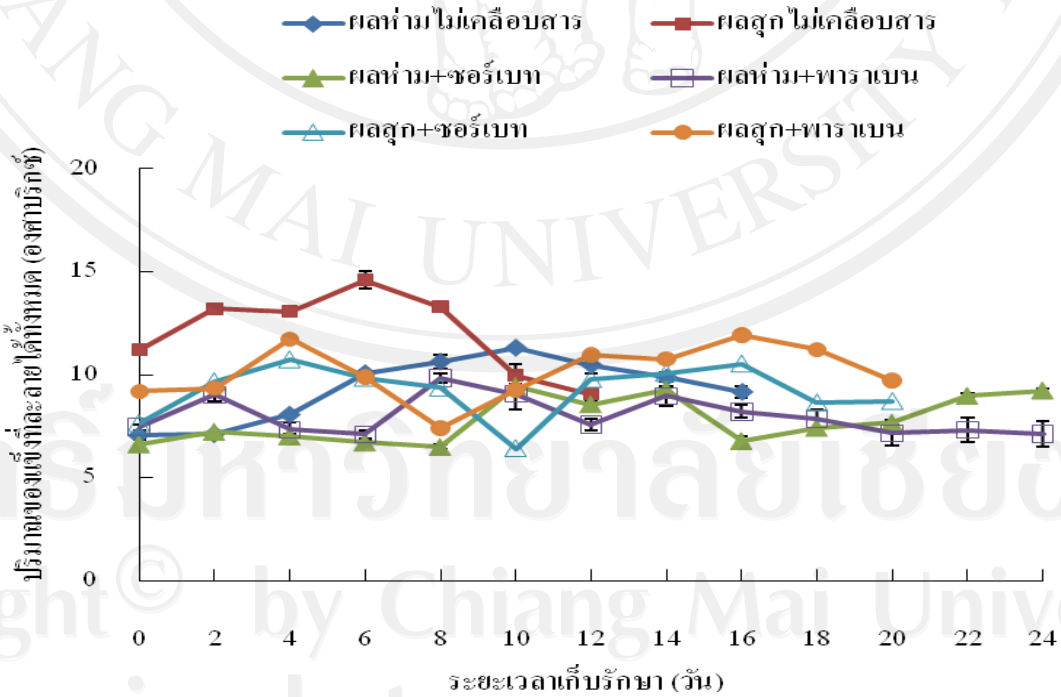


ภาพ 4.16 ความเป็นกรด-ด่างของผลหม่อนที่ผ่านการเคลือบด้วยเบเนฟิต ร่วมกับสารป้องกันการเน่าเสียชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส จนเน่าเสีย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.17 ปริมาณกรดทั้งหมดของผลหม่อนที่ผ่านการเคลือบด้วยเบเนฟิต ร่วมกับสารป้องกันการเน่าเสียชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส จนเน่าเสีย



ภาพ 4.18 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของผลหม่อนที่ผ่านการเคลือบด้วยเบเนฟิต ร่วมกับสารป้องกันการเน่าเสียชนิดต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส จนเน่าเสีย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3. ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางจุลินทรีย์

ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด และยีสต์และราในผลหม่อนแต่ละระยะความสุกระหว่างการเก็บรักษาผลหม่อนที่อุณหภูมิห้อง (31±2 องศาเซลเซียส) ไม่ได้ทำการตรวจวิเคราะห์ เนื่องจากหม่อนผลสดเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิดังกล่าวสามารถเก็บรักษาได้เพียง 2 - 3 วัน เท่านั้น และสังเกตได้จากการตรวจพินิจ พบว่ามีเส้นใยราปกคลุมผลหม่อน และมีน้ำออกจากผล ซึ่งคุณลักษณะไม่เป็นที่ยอมรับจึงไม่ตรวจหาจำนวนแบคทีเรียทั้งหมด และยีสต์และรา สำหรับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส พบว่าในเริ่มต้นของการเก็บรักษา ผลหม่อนที่เคลือบด้วยสารละลายเบเนฟิตความเข้มข้นร้อยละ 5.0 ผสมกับโพแทสเซียมซอร์เบทความเข้มข้นร้อยละ 0.1 หรือเมทิลพาราเบนความเข้มข้นร้อยละ 0.1 มีจำนวนแบคทีเรียทั้งหมด และยีสต์และราน้อยกว่าผลหม่อนที่ไม่เคลือบสารละลายใดโดยจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดในผลหม่อนสุกที่ไม่เคลือบผิว เคลือบด้วยสารละลายเบเนฟิตความเข้มข้นร้อยละ 5.0 ร่วมกับโพแทสเซียมซอร์เบทความเข้มข้นร้อยละ 0.1 และเคลือบด้วยสารละลายเบเนฟิตความเข้มข้นร้อยละ 5.0 ร่วมกับเมทิลพาราเบนความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษามีจำนวนเท่ากับ $2.0x10^5$ $2.6x10^2$ และ $2.2x10^2$ cfu/g ตามลำดับ ผลหม่อนห่ามมีเท่ากับ $2.5x10^3$ $2.5x10^2$ และ $3.2x10^2$ cfu/g ตามลำดับ (ตารางที่ 4.5) จำนวนยีสต์และราในผลหม่อนสุกในวันเริ่มต้นมีจำนวนเท่ากับ $2.4x10^2$ $1.0x10^2$ และ $2.5x10^2$ cfu/g ตามลำดับ ผลหม่อนห่ามมีเท่ากับ $2.4x10^2$ $2.4x10^2$ และ $3.0x10^2$ cfu/g ตามลำดับ (ตาราง 4.6)

ระหว่างการเก็บรักษาจำนวนแบคทีเรียทั้งหมด และยีสต์และราของผลหม่อนที่ไม่เคลือบผิว เคลือบด้วยสารละลายเบเนฟิตความเข้มข้นร้อยละ 5.0 ผสมโพแทสเซียมซอร์เบทความเข้มข้นร้อยละ 0.1 และเคลือบด้วยสารละลายเบเนฟิตความเข้มข้นร้อยละ 5.0 ผสมเมทิลพาราเบนความเข้มข้นร้อยละ 0.1 มีจำนวนเพิ่มขึ้น ซึ่งการเพิ่มของจำนวนจุลินทรีย์ในหม่อนผลสดในระหว่างการเก็บรักษา เกิดจากจุลินทรีย์ใช้น้ำตาลเป็นแหล่งคาร์บอนเพื่อใช้ในการเจริญ (พุดกรอง, 2552)

เมื่อเปรียบเทียบการเพิ่มขึ้นของจำนวนแบคทีเรียทั้งหมด และยีสต์และราในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา พบว่าการเคลือบผลหม่อนด้วยสารละลายเบเนฟิตที่ผสมโพแทสเซียมซอร์เบท หรือเมทิลพาราเบน สามารถชะลอการเจริญของแบคทีเรียทั้งหมด และยีสต์และราได้ดีกว่าผลหม่อนที่ไม่เคลือบผิว แสดงว่าการเติมโพแทสเซียมซอร์เบท และเมทิลพาราเบนในสารละลายเบเนฟิตช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ระยะเวลาหนึ่ง โดยยืดช่วงระยะปรับตัวของจุลินทรีย์ (lag phase) ของการเจริญให้นานขึ้น

เมื่อใช้เกณฑ์คุณภาพทางจุลินทรีย์ของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ สำหรับอาหารทั่วไปที่มิใช่อาหารควบคุมในหมวดอาหารพร้อมบริโภคสำหรับผัก และผลไม้ (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2536) และข้อกำหนดคุณภาพทางจุลินทรีย์ สำหรับอาหารพร้อมบริโภคของ Commnicable Disease

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

and Public Health (Glibert *et al*., 2000) ในการพิจารณาจำนวนจุลินทรีย์เมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการเก็บรักษา ที่กำหนดให้จำนวนแบคทีเรียทั้งหมดที่อยู่ในระดับน่าพึงพอใจคือ น้อยกว่า 10^6 cfu/g อยู่ในระดับยอมรับได้เท่ากับ 10^6-10^7 cfu/g และจะไม่ยอมรับเมื่อมีจำนวนมากกว่า 10^7 cfu/g และกำหนดให้ปริมาณยีสต์และรามีจำนวนไม่เกิน 10^4 cfu/g พบว่าผลหม่อนสุกที่ไม่เคลือบสารเคลือบด้วยสารละลายเบเนฟิตความเข้มข้นร้อยละ 5.0 ร่วมกับโพแทสเซียมซอร์เบทความเข้มข้นร้อยละ 0.1 และเคลือบด้วยสารละลายเบเนฟิตความเข้มข้นร้อยละ 5.0 ร่วมกับเมทิลพาราเบนความเข้มข้นร้อยละ 0.1 มีจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดมีจำนวนเท่ากับ $8.8x10^6$ $2.0x10^5$ และ $6.5x10^5$ cfu/g ตามลำดับ ส่วนผลหม่อนห่ามมีจำนวนเท่ากับ $8.1x10^5$ $3.2x10^4$ และ $3.8x10^4$ cfu/g ตามลำดับ (ตาราง 4.5) จำนวนยีสต์และราในผลหม่อนสุกมีจำนวนเท่ากับ $1.4x10^4$ $2.2x10^3$ และ $6.8x10^3$ cfu/g ตามลำดับ ส่วนผลหม่อนห่ามมีจำนวนเท่ากับ $7.9x10^2$ $3.4x10^2$ และ $3.8x10^2$ cfu/g ตามลำดับ (ตาราง 4.6) ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้

จากผลการทดลองดังกล่าว ผลหม่อนที่เคลือบด้วยสารละลายเบเนฟิตความเข้มข้นร้อยละ 5.0 ที่มีการเติมโพแทสเซียมซอร์เบทความเข้มข้นร้อยละ 0.1 เป็นสารละลายที่เหมาะสมในการป้องกันการเน่าเสียของหม่อนผลสด เนื่องจากสามารถชะลอการเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์ในระหว่างการเก็บรักษา ได้ดีกว่าเมทิลพาราเบนที่ความเข้มข้นเดียวกัน โดยสามารถยืดอายุการเก็บรักษาหม่อนผลสดระยะห่าม และสุกได้นาน 24 และ 20 วัน ตามลำดับ

การทดลองที่ 6 ศึกษาชนิดของวัสดุรองรับที่เหมาะสมในการบรรจุหม่อนผลสดเพื่อการขนส่ง

ภายหลังการขนส่งหม่อนผลสดที่บรรจุโดยใช้วัสดุรองรับ 2 แบบ ได้แก่ ใบหม่อนสด และแผ่นพลาสติกกันกระแทก เมื่อเปรียบเทียบกับผลหม่อนที่บรรจุโดยไม่ใช้วัสดุรองรับ พบว่าแผ่นพลาสติกกันกระแทกสามารถลดความเสียหายของผลหม่อนทั้ง 2 ระยะความสุกคือ ผลห่าม และผลสุก โดยผลหม่อนที่มีคุณภาพดีคิดเป็นร้อยละ 78.82$\pm$9.52 และ 72.49$\pm$12.90 ตามลำดับ ผลถลอกคิดเป็นร้อยละ 9.01$\pm$5.49 และ 9.50$\pm$6.16 ผลช้ำคิดเป็นร้อยละ 9.8$\pm$86.17 และ 14.74$\pm$6.93 ตามลำดับ และผลเละคิดเป็นร้อยละ 2.28$\pm$5.19 และ 3.27$\pm$6.21 ตามลำดับ (ตาราง 4.7) ซึ่งพลาสติกกันกระแทก และใบหม่อนสดมีแนวโน้มที่ช่วยป้องกันความเสียหายขณะขนส่งได้ดี จึงพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างใบหม่อนสด และพลาสติกกันกระแทก พบว่าใบหม่อนสดสามารถใช้ประโยชน์ในด้านอื่นๆ ได้แก่ การเพาะเลี้ยงตัวหนอนไหม ผลิตภัณฑ์ชาใบหม่อน ดังนั้นจึงเลือกพลาสติกกันกระแทก เป็นวัสดุรองรับที่เหมาะสำหรับการบรรจุหม่อนผลสด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.5 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด ในระหว่างการเก็บรักษาผลหม่อนที่เคลือบด้วยสารละลายเบเนฟิตเข้มข้นร้อยละ 5.0 และมีการผสมสารป้องกันการเน่าเสียที่แตกต่างกัน

ชนิดสารป้องกันการเน่าเสีย	ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด (cfu/g)	
	เริ่มต้น	สิ้นสุดการเก็บรักษา
ผลห่าม		
ไม่เคลือบ	$2.5x10^3$	$8.1x10^5$ (16 วัน)
เบเนฟิตร้อยละ 5.0 + ซอร์เบทร้อยละ 0.1	$2.5x10^2$	$3.2x10^4$ (24 วัน)
เบเนฟิตร้อยละ 5.0 + พาราเบนร้อยละ 0.1	$2.3x10^2$	$3.8x10^4$ (24 วัน)
ผลสุก		
ไม่เคลือบ	$2.0x10^5$	$8.8x10^6$ (12 วัน)
เบเนฟิตร้อยละ 5.0 + ซอร์เบทร้อยละ 0.1	$2.6x10^3$	$2.0x10^5$ (20 วัน)
เบเนฟิตร้อยละ 5.0 + พาราเบนร้อยละ 0.1	$3.2x10^3$	$6.5x10^5$ (20 วัน)

ตาราง 4.6 การเปลี่ยนแปลงปริมาณยีสต์และรา ในระหว่างการเก็บรักษาผลหม่อนที่เคลือบด้วยสารละลายเบเนฟิตเข้มข้นร้อยละ 5.0 และมีการผสมสารป้องกันการเน่าเสียที่แตกต่างกัน

ชนิดสารป้องกันการเน่าเสีย	ปริมาณยีสต์และรา (cfu/g)	
	เริ่มต้น	สิ้นสุดการเก็บรักษา
ผลห่าม		
ไม่เคลือบ	$3.0 x10^2$	$7.9x10^2$ (16 วัน)
เบเนฟิตร้อยละ 5.0 + ซอร์เบทร้อยละ 0.1	$2.4x10^2$	$3.4x10^2$ (24 วัน)
เบเนฟิตร้อยละ 5.0 + พาราเบนร้อยละ 0.1	$2.5 x10^2$	$3.8x10^2$ (24 วัน)
ผลสุก		
ไม่เคลือบ	$3.0 x10^2$	$1.4x10^4$ (12 วัน)
เบเนฟิตร้อยละ 5.0 + ซอร์เบทร้อยละ 0.1	$2.6x10^2$	$2.2x10^3$ (20 วัน)
เบเนฟิตร้อยละ 5.0 + พาราเบนร้อยละ 0.1	$2.4x10^2$	$6.8x10^3$ (20 วัน)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การทดลองที่ 7 ทดสอบวิธีการที่ได้ในสภาพการใช้งานจริง

จากการนำผลหม่อนห่าม และผลหม่อนสุกไปทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานจริง โดยใช้สภาวะที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองที่กล่าวมาข้างต้น ซึ่งการเตรียมผลหม่อนที่เหมาะสม ทำได้โดยการแช่ในสารละลายซึ่งประกอบด้วยแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 1.0 โพแทสเซียม-เมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 และกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 0.1 นาน 5 นาที จากนั้นนำไปจุ่มเคลือบผิวผลหม่อนด้วยสารละลายซึ่งประกอบด้วยเบเนฟิตความเข้มข้นร้อยละ 5.0 และโพแทสเซียมซอร์เบทความเข้มข้นร้อยละ 0.1 แล้วบรรจุผลหม่อนที่ได้ลงในถาดโฟมซึ่งรองรับด้วยแผ่นพลาสติกกันกระแทก หุ้มถาดด้วยฟิล์มหดโพลีไวนิลคลอไรด์ แล้วขนส่งมาที่คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4$\pm$1 องศาเซลเซียส ความชื้น-สัมพัทธ์ร้อยละ 88$\pm$2 ได้ผลดังนี้

1. คุณภาพทางกายภาพ คุณภาพด้านสี เมื่อนำผลหม่อนห่าม และผลสุกไปวัดค่าสี ได้แก่ ความสว่าง (L*) ความเป็นสีแดง (a*) และความเป็นสีน้ำเงิน (b*) ในวันแรก และวันสุดท้ายของการเก็บรักษา พบว่าความสว่าง (L*) มีแนวโน้มลดลงโดยผลหม่อนมีสีคล้ำ และความมันวาวลดลงซึ่งอาจเป็นผลมาจากการคายน้ำของเซลล์ สำหรับความเป็นสีแดง (a*) และความเป็นสีน้ำเงิน (b*) มีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย บ่งชี้ได้ว่าสีผิวของผลหม่อนมีการเปลี่ยนแปลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา เนื่องจากการสลายตัวของสาแอนโทไซยานินที่พบในผลหม่อน สำหรับแรงตัดผลหม่อนให้ขาดในวันแรก และวันสุดท้ายของการเก็บรักษา พบว่ามีค่าลดลงภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 24 และ 20 วัน เรียงจากผลหม่อนห่าม และผลสุก (ตาราง 4.8 และ 4.9) เนื่องจากผลไม้ทุกชนิดเมื่อเริ่มสุกการอ่อนตัวของเนื้อเยื่อซึ่งเป็นสาเหตุให้ลักษณะเนื้อมีความอ่อนนิ่มลง อีกทั้งเกิดการเปลี่ยนแปลงของผนังเซลล์ และการเกาะตัวของเซลล์ลดลงจากการที่สารประกอบเพคตินที่ไม่ละลายน้ำเปลี่ยนเป็นชนิดที่ละลายน้ำ เซลล์ของผลไม้จะแยกจากกันทำให้ลักษณะเนื้อเปลี่ยนไป (ดนัย และนิธิยา, 2548)

2. คุณภาพทางเคมี องค์ประกอบทางเคมีของผลหม่อนห่าม และผลสุก ได้แก่ โปรตีน ความชื้น ไขมัน เถ้า คาร์โบไฮเดรต เส้นใย ฟอสฟอรัส เหล็ก วิตามินบีหนึ่ง และบีสอง ในวันแรกและวันสุดท้ายของการเก็บรักษา พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย (ตาราง 4.8 และ 4.9) โดยไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$) ส่วนปริมาณวิตามินซีมีค่าลดลง เนื่องจากเกิดการสูญเสียวิตามินซีจากการทำงานของเอนไซม์ ascorbic acid oxidase polyphenol oxidase และ peroxidase (จริงแท้, 2544) สำหรับสารในกลุ่มที่มีสมบัติเป็นสารแอนติออกซิแดนต์ พบว่าในวันแรกของการเก็บรักษามีปริมาณแตกต่างกับการทดลองที่ 1 เล็กน้อย อาจเนื่องมาจากเป็นผลหม่อนที่เก็บเกี่ยวมาจากการทดลองคนละชุด และในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา พบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ทั้งหมด สารแอนโทไซยานินทั้งหมด และสารเคอร์ซิทีนมีค่าลดลง เมื่อเก็บรักษาผลหม่อนไว้นานขึ้น (ตารางที่ 4.8 และ 4.9) สารที่มีสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระส่วนใหญ่จะมีค่าลดลงเพราะเกิดการสลายตัวในระหว่างการเก็บรักษาเนื่องจากปัจจัยต่างๆ เช่น อุณหภูมิ การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยเอนไซม์ (จริงแท้, 2544) จะมีผลเร่งให้เกิดการสลายตัวของสารต้านอนุมูลอิสระเร็วขึ้น สำหรับค่าดัชนีสารแอนติออกซิแดนต์ พบว่ามีแนวโน้มลดลงเมื่อเก็บรักษานานขึ้นซึ่งสอดคล้องกับความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระที่มีแนวโน้มลดลงด้วยเช่นกัน

สำหรับความเป็นกรด-ด่าง (pH) มีค่าเพิ่มขึ้นตรงข้ามกับปริมาณกรดทั้งหมดมีค่าลดลง ส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของผลหม่อน พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้น สำหรับปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ พบว่ามีค่าลดลง (ตาราง 4.8 และ 4.9) ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของผลหม่อนในระหว่างการเก็บรักษา อีกทั้งหลังการเก็บเกี่ยวกระบวนการหายใจของผลไม้ยังคงมีอยู่ ซึ่งอาจทำให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีต่างๆ ของกระบวนการเมเทบอลิซึมภายในเซลล์จึงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว

3. คุณภาพทางจุลินทรีย์ จากการตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ พบว่าหลังการเก็บรักษา ผลหม่อนห่ามมีปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดเท่ากับ $2.9x10^4$ cfu/g ส่วนปริมาณยีสต์และราเท่ากับ 80 cfu/g สำหรับผลหม่อนสุกมีปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดเท่ากับ $1.8x10^6$ cfu/g ส่วนปริมาณยีสต์และราเท่ากับ 95 cfu/g (ตาราง 4.10) ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์คุณภาพทางจุลินทรีย์ของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ สำหรับอาหารทั่วไปที่มิใช่อาหารควบคุมในหมวดอาหารพร้อมบริโภคสำหรับผัก และผลไม้ (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2536) และข้อกำหนดคุณภาพทางจุลินทรีย์สำหรับอาหารพร้อมบริโภคของ Commnicable Disease and Public Health (Glibert *et al*., 2000) ที่ระบุไว้ว่าต้องตรวจพบเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดไม่เกิน 10^7 cfu/g และกำหนดให้ปริมาณยีสต์และรามีจำนวนไม่เกิน 10^4 cfu/g

ดังนั้นผลหม่อนห่ามสามารถเก็บรักษาได้นาน 24 วัน ผลหม่อนสุกเก็บรักษาได้นาน 20 วัน และมีสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญลดลงเล็กน้อย ได้แก่ สารประกอบฟีนอลเท่ากับ 2,412.37 และ 10,200.45 ไมโครกรัมต่อกรัม เรียงจากผลห่าม และผลสุก ตามลำดับ สารแอนโทไซยานินทั้งหมดเท่ากับ 594.57 และ 1,995.00 ไมโครกรัมต่อกรัม เรียงจากผลห่าม และผลสุก ตามลำดับ ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระเท่ากับร้อยละ 22.35 และ 17.95 เรียงจากผลห่าม และผลสุกตามลำดับ และค่าดัชนีสารแอนติออกซิแดนต์มีค่า 2.18 และ 1.84 เรียงจากผลห่าม และผลสุกตามลำดับ และปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด ยีสต์และรายังมีปริมาณไม่เกินตามข้อกำหนดของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ และ Commnicable Disease and Public Health

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.7 คุณภาพของผลหม่อนในแต่ละระยะความสุกภายหลังการขนส่ง เมื่อบรรจุถาดโฟมโดยใช้วัสดุรองรับแตกต่างกัน

ระยะความสุกของผลหม่อน	ชนิดของวัสดุรองรับ		
	ไม่ใช้วัสดุรองรับ	ใบหม่อนสด	พลาสติกกันกระแทก
ผลหม่อนห่าม			
จำนวนผลที่บรรจุ (ผลต่อถาด)	12±0.88	13±1.45	12±1.49
จำนวนผลที่มีคุณภาพดี (ผลต่อถาด)	9±2.28	12±1.87	9±1.82
ร้อยละ (โดยปริมาณผล)	73.67^{a}± 18.05	88.32^{b}±9.96	78.82^{a}±9.52
จำนวนผลที่ผิวถลอก (ผลต่อถาด)	3±1.67	1±0.78	1±0.64
ร้อยละ (โดยปริมาณผล)	15.80^{a}±15.27	7.69^{b}±6.20	9.01^{b}±5.49
จำนวนผลที่ช้ำ (ผลต่อถาด)	2±1.23	2±0.75	1±0.79
ร้อยละ (โดยปริมาณผล)	8.33^{a}±10.85	1.99^{b}±5.00	9.88^{a}±6.17
จำนวนผลที่เละ (ผลต่อถาด)	2±1.23	2±0.65	1±0.55
ร้อยละ (โดยปริมาณผล)^{ns}	2.06±5.34	1.99±5.01	2.28±5.19
ผลหม่อนสุก			
จำนวนผลที่บรรจุ (ผลต่อถาด)	12±1.29	12±1.50	11±1.33
จำนวนผลที่มีคุณภาพดี (ผลต่อถาด)	5±1.94	7±2.52	8±1.89
ร้อยละ (โดยปริมาณผล)	43.09^{c}± 16.02	56.30^{b}±23.57	72.49^{a}±12.90
จำนวนผลที่ผิวถลอก (ผลต่อถาด)	2±1.67	2±2.02	1±0.69
ร้อยละ (โดยปริมาณผล)	19.98^{a}±13.15	15.59^{ab}±18.52	9.50^{b}±6.16
จำนวนผลที่ช้ำ (ผลต่อถาด)	3±1.96	2±2.52	2±0.68
ร้อยละ (โดยปริมาณผล)	26.31^{a}±17.07	20.08^{ab}±19.14	14.74^{b}±6.93
จำนวนผลที่เละ (ผลต่อถาด)	1±1.66	1±1.27	1±0.67
ร้อยละ (โดยปริมาณผล)	11.05^{a}±13.81	7.40^{ab}±11.53	3.27^{b}±6.21

หมายเหตุ: เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอนของแต่ละระยะความสุก ตัวอักษรต่างกัน มีความแตกต่างทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.8 ลักษณะคุณภาพที่เปลี่ยนแปลงของผลหม่อนห่ามระหว่างการเก็บรักษา อุณหภูมิ 4±1องศาเซลเซียส

ลักษณะคุณภาพ	ผลหม่อนห่าม	
	วันแรก	วันสุดท้าย (24 วัน)
L* (ความสว่าง)	19.11[a]±0.49	18.45[b]±0.23
a* (สีแดง/สีเขียว)	14.49[a]±0.07	8.32[b]±0.53
b* (สีเหลือง/น้ำเงิน)	-3.90[ns]±0.89	-2.30[ns]±0.15
แรงตัดผลหม่อนให้ขาด (นิวตัน)	12.51[a]±3.17	5.98[b]±0.69
สารประกอบฟีนอลทั้งหมด (ไมโครกรัม/กรัม)[ns]	4,700.07± 0.95	2,412.37±0.14
สารแอนโทไซยานินทั้งหมด (ไมโครกรัม/กรัม)	760.00[a]±0.03	594.57[b]±0.01
สารเคอร์ซีทิน (ไมโครกรัม/กรัม)	2.04±0.35	ไม่พบ
ดัชนีแอนติออกซิแดนต์	5.35[a]±0.30	1.84[b]±0.11
ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ (มิลลิกรัม/กรัม)	35.24[a]±1.95	22.35[b]±0.21
องค์ประกอบทางเคมี		
โปรตีน (ร้อยละ)	2.34[a]±0.19	1.32[b]±0.01
ความชื้น (ร้อยละ)	89.44[a]±0.38	87.95[b]±0.74
ไขมัน (ร้อยละ)[ns]	0.81±0.09	0.87±0.09
เถ้า (ร้อยละ)[ns]	0.76±0.07	0.81±0.04
คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)[ns]	8.13±0.07	8.32±0.69
เส้นใย (ร้อยละ)[ns]	0.10±0.01	0.10±0.14
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม/100 กรัม)	28.83[b]±0.01	29.57[a]±0.05
เหล็ก (มิลลิกรัม/100 กรัม)[ns]	0.04± 0.02	0.04±0.02
วิตามินบีหนึ่ง (มิลลิกรัม/100 กรัม)[ns]	0.025±0.15	0.022±0.10
วิตามินบีสอง (มิลลิกรัม/100 กรัม)[ns]	0.094±0.03	0.10±0.02
วิตามินซี (มิลลิกรัม/100 กรัม)	30.61[a]±2.06	24.0[b]±0.01
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	3.26[b]±0.02	3.91[a]±0.02
ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละ)	2.13[a] ±0.39	0.96[b]±0.12
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์)	7.90[b]±0.14	11.20[a]±0.01
ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (ร้อยละ)	10.20[a]±0.84	4.87[b]±0.17

หมายเหตุ: เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอนในแต่ละระยะความสุก ตัวอักษรต่างกัน มีความแตกต่างทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.9 ลักษณะคุณภาพที่เปลี่ยนแปลงของผลหม่อนสุกระหว่างการเก็บรักษา อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส

ลักษณะคุณภาพ	ผลหม่อนสุก	
	วันแรก	วันสุดท้าย (20 วัน)
L* (ความสว่าง)^{ns}	15.82±0.07	15.21±0.41
a* (สีแดง/สีเขียว)	13.99^{a}±0.07	10.61^{b}±0.63
b* (สีเหลือง/น้ำเงิน)	-6.02^{a}±0.89	-5.31^{b}±0.26
แรงตัดผลหม่อนให้ขาด (นิวตัน)	6.75^{a}±1.23	5.20^{b}±0.85
สารประกอบฟีนอลทั้งหมด (ไมโครกรัม/กรัม)	13,533.00^{a}± 0.80	10,200.45^{b}±1.55
สารแอนโทไซยานินทั้งหมด (ไมโครกรัม/กรัม)	2,553.33^{a}±0.03	1,995.00^{b}±0.01
สารเคอร์ซีทิน (ไมโครกรัม/กรัม)	3.12 ±0.45	ไม่พบ
ดัชนีแอนติออกซิแดนต์	5.48^{a}±0.14	2.18^{b}±0.15
ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ (มิลลิกรัม/กรัม)^{ns}	19.71 ±0.76	17.95 ±0.21
องค์ประกอบทางเคมี		
โปรตีน (ร้อยละ)	1.99^{a}±0.12	1.42^{b}±0.37
ความชื้น (ร้อยละ)^{ns}	87.84 ±0.17	87.80 ±0.03
ไขมัน (ร้อยละ)^{ns}	0.55 ±0.06	0.94 ±0.45
เถ้า (ร้อยละ)^{ns}	0.77 ±0.01	0.70 ±0.08
คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)^{ns}	7.41 ±0.03	8.61 ±1.00
เส้นใย (ร้อยละ)	1.43^{a}±0.11	0.46^{b}±0.08
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม/100 กรัม)	30.83^{a}±0.03	29.83^{b}±0.02
เหล็ก (มิลลิกรัม/100 กรัม)^{ns}	0.043 ± 0.15	0.044±0.03
วิตามินบีหนึ่ง (มิลลิกรัม/100 กรัม)^{ns}	0.018±0.01	0.019 ±0.02
วิตามินบีสอง (มิลลิกรัม/100 กรัม)^{ns}	0.10 ±0.02	0.12±0.02
วิตามินซี (มิลลิกรัม/100 กรัม)	20.40^{a}±4.12	12.05^{b}±2.12
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	3.70^{b}±0.01	4.23^{a}±0.02
ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละ)	1.31^{a} ±0.12	0.70^{b}±0.24
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์)	10.90^{b}±0.14	14.10^{a}±0.14
ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (ร้อยละ)	18.50^{a}±0.71	3.25^{b}±1.14

หมายเหตุ: เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอนในแต่ละระยะความสุก ตัวอักษรต่างกัน มีความแตกต่างทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.10 การเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ ของผลหม่อนที่เคลือบด้วยสารละลายเบเนฟิตเข้มข้นร้อยละ 5.0 และมีการผสมโพแทสเซียมซอร์เบทเข้มข้นร้อยละ 0.1 ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 88±2

ชนิดของจุลินทรีย์	วันที่เก็บรักษา	ผลหม่อน	
		ผลห่าม	ผลสุก
แบคทีเรียทั้งหมด (cfu/g)	เริ่มการเก็บรักษา	$1.1x10^2$	$2.5x10^3$
	สิ้นสุดการเก็บรักษา	$2.9x10^4$ (24 วัน)	$1.8x10^6$ (20 วัน)
ยีสต์และรา (cfu/g)	เริ่มการเก็บรักษา	10	20
	สิ้นสุดการเก็บรักษา	80 (24 วัน)	95 (20 วัน)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved