1353

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การศึกษาอายุการเก็บรักษาสับปะรดกึ่งแปรรูปโดยการเคลือบวุ้น และ เจลาติน

A Study on Shelf Life of Minimally Processed Fresh Pineapple by Coating with Agar and Gelatin

โดย

นางสาวศมวรรณ คล้ายทอง รหัส 34417025

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

..../...../..... อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

(ผ.ศ.ภิรมย์ เกษียรกุล)

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

....

(ร.อ.ดำรง เกษียรกุล)

หัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่ 29 **เดือน** ตุลาคม **พ.ศ.** 38

ปพ.
ต 1297
2537

14657

การศึกษาอายุการเก็บรักษาสับปะรดสดกึ่งแปรรูปโดยการเคลือบวุ้นและเจลาติน

A Study on Shelf Life of Minimally Processed Fresh Pineapple by Coating with Agar and Gelatin

นางสาวศมวรรณ คล้ายทอง

ปก.
ศ 129ก
2538

สถาบัน.....
เลขทะเบียน.....96711
วัน.เดือน ปี .....14 JUN 2538

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2538

ศมวรรณ คล้ายทอง. 2538. : การศึกษาอายุการเก็บรักษาสับปะรดสดกึ่งแปรรูป โดยการเคลือบวุ้นและเจลาติน (A STUDY ON SHELF LIFE OF MINIMALLY PROCESSED FRESH PINEAPPLE BY COATING WITH AGAR AND GELATIN). ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อาจารย์ที่ปรึกษา : ผศ. ดร. รติพร หาเรือนกิจ, 57 หน้า.

การศึกษาอายุการเก็บรักษาสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียกึ่งแปรรูป โดยวิธีการเคลือบผิวชิ้นสับปะรดหนา 1 เซนติเมตรด้วยสารละลายวุ้นและเจลาติน บรรจุในถาดโฟมห่อด้วยพลาสติกฟิล์มพีวีซี และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 ถึง 8 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 7 วัน จึงทำการประเมินผลทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับ ลักษณะปรากฏ กลิ่น และเนื้อสัมผัส รวมทั้งประเมินผลการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางกายภาพและทางเคมี ได้แก่ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ ความเป็นกรดด่าง เปอร์เซ็นต์ความเป็นกรด ความแน่นเนื้อ ปริมาณวิตามินซี และการเกิดสีน้ำตาลของผลิตภัณฑ์ เพื่อหาความเข้มข้นของสารละลายวุ้นและเจลาตินที่เหมาะสม และอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

ผลการทดลองพบว่า การเปลี่ยนแปลงทางเคมีหลังจากเก็บสับปะรดที่เคลือบด้วยวุ้นและเจลาตินที่ระดับความเข้มข้น 0% 0.5% 1% และ 1.5% นาน 5 วัน ที่อุณหภูมิ 7 ถึง 8 องศาเซลเซียส ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ และเปอร์เซนต์ความเป็นกรด มีการเปลี่ยนแปลงลดลงเล็กน้อย ขณะที่ความเป็นกรดด่างเพิ่มขึ้น ลักษณะความแน่นเนื้อของสับปะรดลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บมากขึ้น การเกิดสีน้ำตาลของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณวิตามินซีลดลงและระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น และเมื่อประเมินผลทางประสาทสัมผัส พบว่า ความเข้มข้นของสารละลายวุ้นที่เหมาะสมคือ 1 เปอร์เซ็นต์ ทำให้อายุการเก็บรักษายาวนานถึง 6 วัน ในขณะที่สับปะรดที่ไม่ผ่านการเคลือบสามารถเก็บได้ 5 วัน ส่วนการเคลือบด้วยเจลาตินไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับสับปะรดที่ไม่ผ่านการเคลือบ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ลายมือชื่อนักศึกษา	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา	วัน เดือน ปี
		30 ส.ค. 38

กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษเรื่องการศึกษาอายุการเก็บรักษาสับปะรดสดกึ่งแปรรูป โดยการเคลือบวุ้นและเจลาตินนี้สำเร็จลุล่วงได้เนื่องจาก อาจารย์ ผศ.ดร.รติพร หาเรือนกิจ และอาจารย์ ดร.รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต เป็นที่ปรึกษาและให้คำแนะนำต่าง ๆ จึงขอกราบขอบพระคุณอย่างสูง

ขอขอบคุณ คุณตวงทอง โอสถรัตน์ และ คุณวัชรนนท์ เชียภาณุมาศ สำหรับความเอื้อเฟื้อในการพิมพ์ข้อมูลสำเร็จได้ด้วยดี

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ ทุกคนที่เป็นกำลังใจ และมีส่วนช่วยให้ปัญหาพิเศษประสบความสำเร็จ

สุดท้ายนี้ ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ทุกคนในครอบครัว ที่ให้ความสนับสนุนและเป็นกำลังใจตลอดมาให้ผู้เขียนประสบความสำเร็จในการศึกษา

สมวรรณ คล้ายทอง

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ..... ก

กิตติกรรมประกาศ..... ข

สารบัญตาราง..... ง

สารบัญรูป..... จ

บทที่

1. บทนำ..... 1

2. วารสารปริทัศน์..... 3

2.1 สับปะรด..... 3

2.2 วุ้น..... 8

2.3 เจลาติน..... 10

2.4 ฟิล์มพลาสติก..... 13

3. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง..... 14

3.1 วัตถุดิบ..... 14

3.2 สารเคมี..... 14

3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือ..... 14

3.4 วิธีการทดลอง..... 15

4. ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง..... 19

4.1 ความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารเคลือบ..... 19

4.2 อายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์..... 30

5. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ..... 33

5.1 สรุปผลการทดลอง..... 33

5.2 ข้อเสนอแนะ..... 34

เอกสารอ้างอิง..... 35

ภาคผนวก..... 41

ประวัติผู้เขียน..... 57

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

4.1 ตารางเปรียบเทียบความแตกต่างของความเข้มข้นของสารเคลือบเมื่อตรวจวัดความเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมี 28

4.2 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส เรื่องลักษณะปรากฏ..... 31

4.3 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส เรื่องการเกิดกลิ่นหมัก..... 31

4.4 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส เรื่องการยอมรับในผลิตภัณฑ์..... 32

4.5 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส เรื่องอายุการเก็บรักษา..... 32

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่		
3.1	กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลง ลักษณะความแน่นเนื้อของสับปะรด.....	20
3.2	กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้.....	22
3.3	กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดด่าง.....	23
3.4	กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์ความเป็นกรด.....	25
3.5	กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงการเกิดสีน้ำตาล.....	26
3.6	กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดแอสคอร์บิค.....	27
ค.1	กราฟมาตรฐานกรดแอสคอร์บิค.....	53
ง.1	เครื่องวัดความแน่นเนื้อ (pricision instrument).....	54
ง.2	เครื่อง hand-refractometer.....	55
ง.3	เครื่อง spectrophotometer.....	55
ง.4	ผลิตภัณฑ์สับปะรดกึ่งแปรรูป.....	56
ง.5	สับปะรดเคลือบวุ้น 1 เปอร์เซ็นต์ และเจลาติน 1 เปอร์เซ็นต์.....	56
ง.6	สับปะรดเคลือบวุ้น 1% เจลาติน 1% และไม่เคลือบ อายุการเก็บ 5 วัน.	57

บทที่ 1

บทนำ

ประเทศไทยจัดเป็นประเทศที่มีความอุดมสมบูรณ์ เป็นแหล่งผลิตผลิตผลทางการเกษตร โดยผลิตผลเกษตรเหล่านี้สามารถเข้าสู่ระบบการใช้ได้ใน 2 รูปแบบใหญ่ ๆ คือ แปรรูปในโรงงานอุตสาหกรรมเกษตรเพื่อเพิ่มมูลค่าเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ จำหน่ายทั้งในและต่างประเทศ อีกรูปแบบหนึ่ง คือ การขายเป็นผลิตผลสด ทั้งตลาดในและต่างประเทศ ซึ่งอาจจะมีการบรรจุหีบห่อ หรือมีการถนอมรักษาขั้นต้น เช่น การแช่เย็น การลดอุณหภูมิ และการเคลือบสารบางชนิด แต่ทั้งนี้การใช้วิธีการเหล่านี้ต้องไม่ทำให้สภาพผลิตผลเปลี่ยนไปเมื่อผักและผลไม้เหล่านี้ถึงมือผู้บริโภค ผู้บริโภคยังจะสามารถบริโภคในรูปผลิตผลสดได้ ซึ่งจะเห็นได้ว่าส่วนนี้ได้รับความนิยมเพิ่มขึ้น เช่น การขายในซูเปอร์มาร์เก็ต จะมีการขายผักและผลไม้ที่มีคุณภาพดี มีการคัดคุณภาพและที่สำคัญ คือ ราคามูลค่าเพิ่มมากขึ้นด้วย

การที่จะทำให้ผักและไม้สดมีคุณภาพดีจนถึงผู้บริโภคนั้น จำเป็นต้องมีความเข้าใจเกี่ยวกับขั้นตอนการปฏิบัติต่าง ๆ เสียก่อน และเข้าใจความสำคัญของแต่ละขั้นตอนด้วย เนื่องจากผักและผลไม้สดนั้นเป็นผลิตผลที่ประกอบด้วยเนื้อเยื่อที่ยังมีชีวิต จึงมีการเปลี่ยนแปลงทางสรีระวิทยาอย่างไม่หยุดยั้ง มีความบอบบาง ไม่คงทน และมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นน้ำ ซึ่งมีการสูญเสียน้ำอยู่ตลอดเวลาหลังการเก็บเกี่ยวจึงถูกทำให้เสียได้ง่ายอันเห็นเหตุทำให้ผักผลไม้สดต้องเสื่อมคุณภาพ สีสัน และรสชาด และทำให้เน่าเสียได้ในที่สุด การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้เกิดการขบวนการทางชีวเคมีภายใน (metabolism)ของผักและผลไม้ โดยมีอัตราการเปลี่ยนแปลงขึ้นกับสภาพแวดล้อม เช่น ระดับอุณหภูมิ ความเข้มข้นของออกซิเจ และคาร์บอนไดออกไซด์ สารประกอบพวกเอทธีลีน ซึ่งเป็นฮอร์โมนพืชที่ระเหยได้ในอากาศ ปัจจัยดังกล่าวล้วนมีผลต่อความสดและอายุการเก็บของผลิตผลสด นอกจากนี้ ปฏิกิริยาของผลเองก็มีต่อคุณภาพหลังการเกี่ยวด้วย เช่น การหายใจของผักและผลไม้สด ซึ่งมีการใช้ออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ความร้อน และไอน้ำ ทั้งยังมีการสูญเสียน้ำ เนื่องจากการคายน้ำ ซึ่งในขณะที่ยังอยู่กับต้นไม้จะได้รับการชดเชยจากน้ำหล่อเลี้ยงที่รากดูดมา แต่เมื่อเก็บเกี่ยวผักและผลไม้จากต้นแล้ว การสูญเสียน้ำนี้จะดำเนินต่อไปเรื่อย ๆ โดยที่ไม่ได้รับการชดเชยการเกิดการเสื่อมสลายของผักผลไม้จึงเกิดขึ้นได้ และในที่สุดจะทำให้คุณภาพลดลงจนไม่สามารถนำมา

บริโภคได้ ดังนั้นในการจะรักษาคุณภาพของผักผลไม้ จึงต้องใช้วิธีการหรือสภาวะที่สามารถชะลอหรือลดการเปลี่ยนแปลงในทางเสื่อมเสียลง

สับปะรดเป็นผลไม้ประเภท นอน-ไคลแมคเทอริค (non-climacteric) ผลไม้ประเภทนี้เมื่อแก่แล้วไม่มีกระบวนการสุกเกิดขึ้นชัดเจน การใช้สารเคลือบผิว การบรรจุหีบห่อที่เหมาะสม และการเก็บรักษาที่อุณหภูมิเหมาะสม จะช่วยป้องกันการสูญเสียน้ำออกจากผลได้ดี รวมทั้งชะลอการเกิดสีน้ำตาลในสับปะรดได้ ในการทดลองนี้จึงได้ศึกษาการใช้สารเคลือบวุ้นและเจลาตินกับสับปะรดเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาให้ยาวนานยิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาสับปะรดสดกึ่งแปรรูป โดยการเคลือบด้วยวุ้นและเจลาติน
2. ศึกษาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารละลายวุ้นและเจลาติน ที่มีผลทำให้เก็บรักษาผลิตภัณฑ์สับปะรดสดกึ่งแปรรูปได้นานขึ้น
3. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมีต่อผลิตภัณฑ์

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ผลิตภัณฑ์ใหม่ที่ดี คุณภาพสูง
2. สามารถเก็บรักษา และจำหน่ายในซูเปอร์มาร์เก็ตได้นานขึ้น
3. เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ และชะลอการเสื่อมเสียผลิตภัณฑ์สับปะรด

บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

2.1 สับปะรด

2.1.1 ลักษณะทั่วไป

สับปะรด (Ananas comosus (L.) Merr.) จัดอยู่ใน Family Bromeliaceae สามารถแบ่งได้เป็น 5 กลุ่ม ตามพันธุ์ที่นิยมปลูกเป็นการค้าทั่วโลก คือกลุ่ม Canyenne กลุ่ม Queen กลุ่ม Spanish กลุ่ม Abacaxis และกลุ่ม Maipure สำหรับประเทศไทยพันธุ์ที่นิยมปลูก คือพันธุ์ปัตตาเวีย ซึ่งสามารถใช้สำหรับแปรรูปใช้บริโภคเป็นผลไม้สดหรือแปรรูปบรรจุประป๋องก็ได้ นอกจากนี้ยังมีพันธุ์ภูเก็ต ซึ่งมีรสชาดดีมีความแน่นเนื้อสูง ซึ่งกำลังเป็นที่นิยมของผู้บริโภคภายในประเทศ

สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียจัดอยู่ในกลุ่ม Canyenne ซึ่งรู้จักแพร่หลายในนามสับปะรดศรีราชา และชื่ออื่น ๆ เช่น ปราณบุรี สามร้อยยอด แหล่งปลูกที่สำคัญในปัจจุบันคือ ประจวบคีรีขันธ์ ชลบุรี เพชรบุรี ลักษณะที่สำคัญคือ ผลมีขนาดและรูปร่างต่างกันออกไป เปลือกผลเมื่อดิบมีสีเขียวเข้ม เมื่อแก่จัดจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอมส้ม เนื้อสีเหลืองอ่อนแต่จะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเข้มในฤดูร้อน มีร่องระหว่างตาตื้น รสชาดดี

การเจริญเติบโตและการพัฒนาของสับปะรด ผลสับปะรดจัดเป็นผลรวม ซึ่งผลย่อยเชื่อมติดกันกับแกนกลาง ผลเป็นทรงกลมรี โดยมีผลย่อยขนาดใหญ่อยู่ทางด้านก้านผล ส่วนผลย่อยที่มีขนาดเล็กจะอยู่สูงขึ้นมาตามลำดับตามปกติ ผลของสับปะรดจะมีน้ำหนักประมาณ 2.2 กิโลกรัม มีความยาว 20.5 เซนติเมตร กว้าง 24.5 เซนติเมตรโดยประมาณ (จารุพันธ์, 2526)

กรมวิทยาศาสตร์ กระทรวงอุตสาหกรรมได้ทำการวิเคราะห์ผลสับปะรด พบว่า สับปะรดผลหนึ่งมีส่วนประกอบโดยเฉลี่ยดังนี้

1. น้ำหนักผล 2,414 กรัม
2. น้ำหนักเปลือก 655 กรัม
3. น้ำหนักเนื้อ 647 กรัม
4. น้ำหนักจุก 495 กรัม
5. น้ำหนักแกน 235 กรัม

ด้านคุณค่าทางอาหารของสับปะรด กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุขได้ทำการวิเคราะห์เนื้อที่รับประทานได้ 100 กรัม พบว่ามีส่วนประกอบดังนี้

ความชื้น	84.9	กรัม
คาร์โบไฮเดรต	14.0	กรัม
เส้นใย	0.5	กรัม
โปรตีน	0.4	กรัม
ไขมัน	0.3	กรัม
แคลเซียม	22.0	มิลลิกรัม
ฟอสฟอรัส	8.0	มิลลิกรัม
เหล็ก	0.4	มิลลิกรัม
วิตามิน เอ	15.0	หน่วยสากล
วิตามิน บี 1	0.09	มิลลิกรัม
วิตามิน บี 2	0.04	มิลลิกรัม
วิตามิน ซี	17.0	มิลลิกรัม
ไนอาซิน	0.2	มิลลิกรัม

2.1.2 ดัชนีการเก็บเกี่ยวของสับปะรดพิจารณาได้จาก

1) <u>ลักษณะภายนอกผล</u> เช่นสีเปลือกผลที่เปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลืองส้ม กลีบเลี้ยงเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีส้มหรือสีน้ำตาลอมแดง ตาของผลย่อยจะแบนราบ ร่องของผลย่อยจะตื้นเต็มที่ ผลจะไม่เพิ่มขนาดอีกต่อไป ก้านผลมีร่องรอยการเหี่ยวตามแนวยาว ผลสับปะรดจะส่งกลิ่นหอม ใบเล็ก ๆ ที่รองดอกย่อย (bract) จะเหี่ยวแห้ง นอกจากนี้ความหนาแน่นของผลจะลดลง ซึ่งจากการใช้นิ้วมือดีดหรือสันมีดเคาะ จะมีเสียงโปร่ง ซึ่งชาวบ้านมักจะเรียกว่า "แปะ" หมายถึง ผลแก่จัดได้ที่แล้วนั่นเอง

2) <u>คุณสมบัติภายในของผล</u> ผลแก่จัดจะมี soluble solids และปริมาณกรดสูงกว่าผลดิบ นอกจากนี้จะมีปริมาณน้ำตาล totoal sugar เพิ่มขึ้นสูงสุด และจะมีปริมาณคงที่จนกว่าผลจะเน่าเสียไป

3) <u>ลักษณะอื่นๆ</u> เช่น น้ำหนักสดและแห้งของผลจะคงที่เมื่อผลแก่จัด อายุของผลนับจากวันแทงช่อดอก เช่น

ผลอ่อน (Prematuration) มีอายุน้อยกว่า 120 วัน

ผลแก่ไม่จัด (Early maturation) มีอายุ 120-150 วัน

ผลแก่จัด (Late maturation) มีอายุ 150-165 วัน

ระยะเริ่มเสีย (Senesence) มีอายุมากกว่า 165 วัน

ประเทศไทยมีผลผลิตสับปะรดออกสู่ตลาดมาก 2 ช่วงคือ ระหว่างเดือน พฤษภาคม ถึงเดือน มิถุนายน ตั้งแต่เดือน ตุลาคม ถึง พฤศจิกายน อย่างไรก็ตามจะพบว่าจะมีสับปะรดวางขายอยู่ตลอดทั้งปี ทั้งนี้เนื่องจากการปลูกสับปะรดในบ้านเรานั้น สามารถกระทำได้เกือบทั้งปี ยกเว้นช่วงที่มีฝนตกชุกเท่านั้น

สำหรับผลสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย หลังจากการเก็บจากต้นแล้วสามารถแบ่งออกเป็นเบอร์ต่าง ๆ ได้ตามสภาพการแก่ของผลซึ่งอาจ ดูได้จากสีของตาได้ดังนี้ (จารุพันธ์, 2526)

NO.0 - ตาทุกตาสีเขียวไม่มีสีเหลือง

NO.1 - ตาเหลืองไม่เกิน 20 เปอร์เซ็นต์

NO.2 - ตาเหลืองไม่น้อยกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่เกิน 40 เปอร์เซ็นต์

NO.3 - ตาเหลืองไม่น้อยกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่เกิน 55 เปอร์เซ็นต์

NO.4 - ตาเหลืองไม่น้อยกว่า 55 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่เกิน 90 เปอร์เซ็นต์

NO.5 - ตาเหลืองไม่น้อยกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่เกิน 20 เปอร์เซ็นต์ ของตาจะมีสีส้ม

NO.6 - 20-100 เปอร์เซ็นต์ ของตามีสีน้ำตาลอมแดง

NO.7 - เปลือกสีน้ำตาลอมแดงและแสดงอาการเน่า

ข้อกำหนดคุณภาพของสับปะรดระดับต่างๆ ปัจจัยที่ใช้ในการพิจารณา สับปะรดเกรดชนิดพิเศษ (Fancy grade) ลักษณะของก้านผลต้องแก่ได้ขนาดสมบูรณ์เต็มที่ไม่มีรอยแตก ส่วนจุกจะต้องไม่ต่ำกว่า 13 เซนติเมตร รูปทรงของผลต้องดีไม่มีการไหม้ของผิวเปลือก ในสับปะรดเกรดดีเลิศ (Choice grade) ก้านผลต้องแก่ได้ขนาด และสมบูรณ์ดี มีจุกเดียว

ความยาวของจุกไม่ต่ำกว่า 10 เซนติเมตร รูปทรงของผลดีพอควร การไหม้ของผิวเปลือกไม่เกินกว่า 1/4 ของเปลือกทั้งหมด และในสับปะรดเกรดปกติ(Standard Fruit) ก้านผลต้องแก่ได้ขนาด และสมบูรณ์ดีความยาวของจุกไม่จำกัด รูปทรงของผลไม่มีรูปร่างผิดจนเกินไป การไหม้ของผิวเปลือกไม่เกิน 1/3 ของผิวเปลือก

สับปะรดจัดเป็นผลไม้ประเภท non-climacteric คือ ผลไม้ที่ไม่เกิดการสุกเมื่อผลแก่จัด โดยมีอัตราการหายใจ ค่อนข้างคงที่และลดต่ำลง จนถึงระยะเสื่อม ดังนั้นการเก็บเกี่ยวผลสับปะรดในขณะที่แก่เต็มที่จึงจะมีคุณภาพดี

2.1.3 องค์ประกอบทางเคมี และลักษณะเสื่อมเสียในผลสับปะรด

1) <u>คาร์โบไฮเดรต</u>

คาร์โบไฮเดรตที่เป็นส่วนประกอบในสับปะรด ได้แก่น้ำตาล ซูโครส กลูโคส และ ฟรุคโตส โดยน้ำตาล ทั้ง 3 ชนิดที่กล่าวนี้เป็นตัวทดสอบ คุณภาพอย่างแรกของสับปะรด (Gerald G. Dull , 1971) ปริมาณไนโตรเจน และ enzyme จะเปลี่ยนแปลงไปตามระยะของการเจริญเติบโต glycine และ alanine นั้นมีปริมาณค่อนข้างต่ำในช่วงผลดิบ ในขณะที่ methionine พบว่าเป็นส่วนใหญ่ (Singleton, 1965)

2) <u>ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และปริมาณกรด</u> คุณภาพในการรับประทาน (eating quality) ของผลไม้ส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และปริมาณกรด ถ้าสัดส่วนของแข็งต่อกรดสูงจะยิ่งดี ในผลสับปะรดอ่อนปริมาณของแข็งต่ำและปริมาณกรดต่ำทำให้สัดส่วนไม่สูง แต่เมื่อผลสับปะรดแก่ปริมาณของแข็งสูงขึ้นและปริมาณกรดต่ำทำให้สัดส่วนสูงขึ้น และทำให้รสชาติน่ารับประทาน

3) <u>อาการไส้สีน้ำตาล</u> (endogenous brown spot หรือinternal browning) เป็นอาการผิดปกติทางสรีระวิทยาของสับปะรดที่สำคัญ โดยอาการเริ่มแรกจะเกิดเป็นจุดสีคล้ำบริเวณเนื้อผลภายใน ใกล้แกนกลางของผลสับปะรดแล้วค่อย ๆ ขยายออกรวมกันเป็นกลุ่มสีคล้ำมีขนาดใหญ่ขึ้น

การเกิดสีน้ำตาลในเซลล์ของพืช เป็นกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการoxidize สารพวก monophenol (Paull และ Rohrbach, 1985) ซึ่งในพืชชั้นสูงทั่วๆไป สะสมอยู่ในรูปอนุพันธุ์ของ cinnamic acid (Vickery, 1981) และเปลี่ยนไปเป็นอนุพันธ์ของ quinone เมื่อผลสับปะรดสัมผัสอุณหภูมิต่ำจะมีการสร้างฟีนอลมากขึ้น โดยมีการเริ่มต้นคือ phenylalanine พร้อมกับเอนไซม์ที่สำคัญในการสร้างสารฟีนอลคือ

เอนไซม์ PAL (phenylalanine amonia lyase) โดยเอนไซม์นี้จะดึงเอา amino group ออกจาก phenylalanine ได้เป็น cinnamic acid และในขณะเดียวกันเมื่อผลสับปะรดได้รับอุณหภูมิต่ำ เอนไซม์ PPO (polyphenol oxidase) ก็จะเพิ่มมากขึ้นด้วยโดยเอนไซม์นี้ไปกระตุ้นปฏิกริยาที่ทำให้โมเลกุลของสารฟีนอลเปลี่ยนไปเป็น quinone แล้วรวมเป็นตัวเป็นโมเลกุลใหญ่มีสีน้ำตาลในผลของสับปะรด (Van Lelyveld และ de Brugn, 1977)

นอกจากนี้การเกิดอาการไส้สีน้ำตาลในสับปะรด ยังพบว่าปริมาณ ascorbic acid นั้นมีปริมาณลดลงด้วย (Paull และ Rohrbach, 1985) ทั้งนี้เมื่อผลสับปะรดได้รับอุณหภูมิต่ำ ascorbic acid จะไปลดการ oxidation ของสารฟีนอลภายในสับปะรดซึ่งถูกสร้างขึ้นจากการกระตุ้นโดยอุณหภูมิต่ำโดย ascorbic acid เป็น reducing agent ทำให้ quinoneไม่สามารถรวมตัวเป็นโมเลกุลใหญ่และมีสีน้ำตาลเกิดขึ้นได้ จนกระทั่งปริมาณ ascorbic acid ในผลลดลง อาการไส้สีน้ำตาลจึงเกิดได้ในที่สุด (Paull และ Rohrbach , 1985) หรืออีกกรณีหนึ่ง ascorbic acid อาจสูญเสียไปเนื่องจากการ oxidise ของเอนไซม์ เช่น ascorbic acid oxidase หรือ PPO (Mapson, 1970)

2.1.4 <u>คุณสมบัติการทำงานของเอนไซม์บรอมิเลน</u>

เอนไซม์บรอมิเลนจากลำต้นสับปะรด มีความสามารถในการเร่งปฏิกิริยาการย่อยสารประเภทโปรตีนได้เช่นเดียวกับเอนไซม์ปาเปน ฟิซิน จัดเป็นเอนไซม์ที่มีกลุ่มซัลฟ์ไฮดริลอยู่บริเวณเร่ง โดยในการเร่งปฏิกิริยาการย่อยสารตั้งต้นนั้นจะใช้กลุ่มไธออล (thiolgroup) และกลุ่มอิมิดาโซล (imidazole group) ที่บริเวณเร่ง เป็นตัวทำให้เกิดการย่อยพันธะของสารตั้งต้น นอกจากบรอมิเลนจะสามารถเร่งปฏิกริยาการย่อยสารพวกโปรตีนแล้ว ยังสามารถย่อยสารเปปไตด์ อะหมีด เอสเทอร์ของกรดอะมิโนและเปปไตด์ได้ด้วย เอนไซม์บรอมิเลนเป็นเอนไซม์ที่สามารถเร่งปฏิกิริยาการย่อยเคซีนและฮีโมโกลบินได้อย่างรวดเร็ว สภาวะที่เหมาะสมกับการทำงานของเอนไซม์นั้นจะมี pH เท่ากับ 7.0 เมื่อใช้เคซีนเป็นสารตั้งต้น และ pH เท่ากับ 5.0 เมื่อใช้เจลาตินเป็นสารตั้งต้น อุณหภูมิที่เหมาะสมประมาณ 63-65°C. (Ball และคณะ, 1941; Ota และคณะ, 1961 ; Inagami และ Murachi, 1963; Reed, 1966; Glazer และ Smith, 1971; Whitaker, 1972; Lener, 1974; กัลยา, 2520) เอนไซม์นี้สามารถทำลายด้วยความ

ร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่า 70°C. มีความคงตัวในช่วง pH เท่ากับ 3.0-5.5 เมื่อ pH ต่ำกว่า 2.5 เอนไซม์จะไม่คงตัว (Su และคณะ, 1975)

2.2 วุ้น (AGAR)

2.2.1 คำจำกัดความของวุ้น

วุ้น (agar) ตามคำจำกัดความของ U.S. Pharmacopeia หมายถึง สารที่สกัดได้จากสาหร่ายทะเลสีแดง (Rhodophyceae) ซึ่งมีคุณสมบัติไม่ละลายน้ำเย็น แต่ละลายได้ในน้ำเดือด สารละลายวุ้นที่มีความเข้มข้น 1.5 เปอร์เซ็นต์ จะมีลักษณะใส เมื่อทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิ 32-39 องศาเซลเซียส จะแข็งตัวเป็นเจล (gel) ซึ่งจะหลอมเหลวอีกครั้งเมื่อได้รับความร้อนที่ 85 องศาเซลเซียสขึ้นไป

2.2.2 คุณสมบัติทางเคมี

วุ้นปกติจะสะสมอยู่ภายในเซลของสาหร่าย สำหรับโครงสร้างที่สมบูรณ์ของวุ้นยังไม่ทราบแน่ชัด แต่พบว่าเป็นส่วนผสมของ polysaccharides อย่างน้อย 2 ชนิด คือ Agarose และ Agaropectin Agarose เป็นส่วนที่ทำให้เกิดเจล ประกอบด้วย neutral chain ของ β-D-galactopyranose เชื่อมกันที่ตำแหน่ง 1, 3 และ 3,6-anhydro-α-L-galactopyranose เชื่อมกันที่ตำแหน่ง 1, 4 และซ้ำไปเรื่อย ๆ

องค์ประกอบทางเคมีของวุ้นที่ญี่ปุ่นผลิตเป็นการค้ามีดังนี้

ความชื้น	16-20	เปอร์เซ็นต์
โปรตีน	2.3-5.9	เปอร์เซ็นต์
ไขมัน	0.3-0.55	เปอร์เซ็นต์
คาร์โบไฮเดรท	67.85-76.15	เปอร์เซ็นต์
เส้นใย	0.8-2.1	เปอร์เซ็นต์
เถ้า	3.4-3.6	เปอร์เซ็นต์

2.2.3 คุณลักษณะของวุ้นที่ดี

1) จะต้องเกิดเจลได้เร็ว

2) ให้ความรู้สึกยืดหยุ่นเมื่อรับประทาน

3) จะต้องไม่เป็นพิษ

4) จะต้องมีความแข็ง สูงพอที่เจลจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างหรือถูกทำลายเมื่อเคลื่อนย้าย

5) เมื่อเติมวัตถุเจือปนใด ๆ ลงไป จะต้องไม่มีผลต่อคุณสมบัติของการเกิดเจล

6) จะต้องหลอมเหลวที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่าและอุณหภูมิในการเกิดเจลจะต้องอยู่ในช่วง 38-40 องศาเซลเซียส

2.2.4 คุณสมบัติของวุ้น

1) การละลาย (Solubility) ปกติวุ้นจะไม่ละลายน้ำที่ 25 องศาเซลเซียส แต่จะละลายน้ำได้ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียสขึ้นไป สำหรับการละลายวุ้นเข้มข้น 5 เปอร์เซนต์ ถ้าจะให้มีการละลายอย่างสมบูรณ์ จะต้องใช้ความร้อนสูงขึ้น 95-100 องศาเซลเซียสพร้อมทั้งคนด้วย ถ้าความเข้มข้นสูงกว่านี้จะต้องใช้หม้อนึ่งอัดความดัน(autoclave) ช่วยในการละลาย

2) การเกิดเจล (Gelatin ความเข้มข้นของวุ้นโดยทั่วไปที่สามารถทำให้เกิดเจลได้ คือ 1-2 เปอร์เซนต์ ซึ่งเจลที่ได้จะมีลักษณะแข็งเล็กน้อย ยืดหยุ่นได้ โปร่งแสง (transparant) ความสามารถในการเกิดเจลของวุ้นจะแตกต่างจากสารที่ทำให้เกิดเจลทั้งหลาย คือการเกิดเจลจะเกิดที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิในการละลายมาก

3) ความแข็งของวุ้น (Gel Strength) เป็นคุณสมบัติทางฟิสิกส์ที่สำคัญที่ใช้ประเมินค่าคุณภาพของเจลของวุ้น สาหร่ายต่างชนิดกันจะมีอัตราส่วนของ Agarose และAgaropectin แตกต่างกันมาก และเชื่อว่าความแข็งส่วนใหญ่เกิดจาก agarose

การเกิดเจลจะเกิดขึ้นเนื่องจาก H-atom ที่อยู่ตรงกลางของ 3,6-anhydrogalactose residue ซึ่งทำให้ polysaccharide เปลี่ยนแปลงไปอยู่ในรูป Helix ซึ่งการเกิด Helix จะลดน้อยลงถ้ามี sulfate ester group เพิ่มขึ้น

ดังนั้น แสดงว่าความสามารถในการเกิดเจลของ polysaccharide ของกราซิลาเรียจะดีขึ้น ถ้ามีการแช่ด่างก่อน เนื่องจาก polysaccharide units ที่จะให้ 3,6-anhydro galactose sugar เมื่อผ่านด่างและให้ความร้อนจะเกิดโครงสร้างที่คล้ายคลึงกับAgarose ขึ้นมา ซึ่งจะทำให้ความสามารถในการเกิดเจลดีขึ้น

4) จุดหลอมเหลว (Melting poing) จุดหลอมเหลวของเจลที่ได้จากวุ้นนั้น พบว่ามีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นและน้ำหนักโมเลกุลของวุ้น ความหนืดของวุ้นที่เข้มข้น 1.5 เปอร์เซนต์ จะหลอมเหลวที่อุณหภูมิ 60-79 องศาเซลเซียส วุ้นที่มีจุดหลอมเหลวสูงกว่าจะมีลักษณะยืดหยุ่นดีกว่าวุ้นที่มีจุดหลอมเหลวต่ำ เมื่อความเข้มข้นของวุ้นเท่ากัน

5) ความหนืด (Viscosity) ความหนืดของวุ้นจะแตกต่างกันมากหรือน้อยนั้นจะขึ้นอยู่กับชนิด พันธุ์ของสาหร่าย อุณหภูมิ และ pH ความหนืดของวุ้นที่อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิของการเกิดเจลจะมีค่าคงที่ ในระหว่างช่วง pH 4.5-9.0 และ ionic strength จะไม่มีผลต่อความหนืดที่ pH 6.0-8.0 ที่อุณหภูมิเดียวกัน แต่ถ้าเพิ่มเวลาในการใช้ความร้อนมากขึ้น ความหนืดจะเพิ่มขึ้น

2.3 เจลาติน

2.3.1 การสกัดเจลาติน

เจลาตินทำมาจากคอลลาเจน ซึ่งเป็นโปรตีนในเนื้อเยื่อพังผืดของสัตว์ เช่น เอ็น เนื้อพังผืด กระดูก หนังสัตว์ หนังปลา เกล็ดปลา ไตปลา ในระหว่างหุงต้มเมื่อคอลลาเจนเปลี่ยนเป็นเจลาตินจะมีผลทำให้เนื้อพังผืดมีลักษณะนุ่มลง ในน้ำซุปจากกระดูกหรือไก่ คอลลาเจนจะเปลี่ยนเป็นเจลาติน เมื่อตั้งทิ้งไว้ให้เย็น ซุปนั้นจะมีความอยู่ตัวคล้ายมีวุ้น ในทางการค้ามีการผลิตเจลาตินจากกระดูกสัตว์หรือเขาสัตว์ เริ่มแรกจะต้องเอาไขมันที่มีอยู่ออกเสียก่อน แล้วจึงนำไปต้มในน้ำ ใส่กรดหรือด่างลงไปด้วยในขณะที่ส่วนเป็นพังผืดได้รับความร้อน คอลลาเจนซึ่งเป็นโมเลกุลโปรตีนที่ใหญ่จะสลายตัวให้โมเลกุลที่เล็กลงของเจลาติน กรองเอาส่วนน้ำต้มที่มีเจลาตินอยู่ ระเหยน้ำออก ทิ้งไว้ให้จับกันเป็นวุ้น แล้วจึงทำให้แห้ง ในรูปเป็นแผ่นเปราะเป็นประกายของเจลลาตินบริสุทธิ์ นำเอาแผ่นเจลาตินไปบดให้เป็นเม็ดเล็ก ๆ เจลาตินที่ใช้ปรุงอาหารนี้จะต้องถูกต้องตามมาตรฐานความบริสุทธิ์ นั่นก็คือจะต้องผ่านการผลิตที่มีสภาพถูกสุขลักษณะ เจลาตินในกาวที่ทำให้กาวมีคุณสมบัติเหนียวนั้น ก็เป็นเจลาตินคล้ายในอาหารแต่มีสิ่งเจือปนไม่บริสุทธิ์ต่างๆ ซึ่งในเจลาตินที่ใช้ปรุงอาหารจะมีไม่ได้

2.3.2 การกระจายตัวของเจลาตินแห้ง

เจลาตินที่พบในท้องตลาดจะบรรจุเป็นซอง เมื่อเติมน้ำร้อนคนให้กระจาย เจลาตินขนาดอาจโตเกินไปควรบดจึงกระจายในน้ำได้ดีขึ้น อาจป้องกันการจับตัวเป็นก้อนด้วยการแช่ในน้ำเย็น (โดยใช้ปริมาณน้ำเย็น 3-4 เท่าของปริมาณเจลาติน) การแช่น้ำช่วยการกระจายตัวในน้ำร้อนได้ดี อุณหภูมิของน้ำร้อนมีผลต่อการกระจายตัว อุณหภูมิสุดท้ายหลังจากเติมลงในเจลาตินแล้วอย่างน้อยควรเป็น 53 องศาเซลเซียส หรืออาจจะนำเจลาตินที่แช่ในน้ำเย็นไปตั้งไฟจะได้เป็นสารละลาย ส่วนที่มีขั้ว (polar groups)ของโมเลกุลเจลาตินช่วยทำให้เกิดพันธะไฮโดรเจนกับน้ำ โมเลกุลน้ำก็อาจจะจับกับโมเลกุลน้ำชั้นแรกสร้างเป็นชั้นของน้ำล้อมแต่ละเจลาตินโมเลกุล เจลาตินจะต้องถูกไฮเดรทอย่างเพียงพอก่อนที่จะเกิดเป็นสารละลายคอลลอยด์ ซึ่งแตกต่างจากเคซีนที่โมเลกุล แขวนลอยเป็นสารละลาย เนื่องจากถูกไฮเดรทและมีประจุคล้ายกันในโมเลกุลที่จะผลักกัน โปรตีนส่วนมากถูกแปรสภาพธรรมชาติด้วยความร้อน แต่เจลาตินจะไม่ถูกแปรสภาพธรรมชาติเนื่องจากมีโพรลีนปริมาณสูง

การพองตัวของเจลาตินจะมีมากน้อย แค่ไหนย่อมขึ้นกับ

1) พื้นผิวหน้า

2) pH ถ้ามีความเป็นด่างเพิ่มจะพองตัวดีขึ้น แต่ก็มีขีดสูงสุดคือ pH 9 ถ้าสูงกว่านี้จะสลายตัวให้กรดอะมิโน

3) เกลืออนินทรีย์ที่มีอยู่หรือเติมลงไป

2.3.3 การเกิดเจลของสารละลายเจลาติน

GELATION คือการที่ galation sol จะจับตัวกันแข็งเป็นวุ้น วุ้นนี้จะพองตัวในน้ำเย็น และจะเป็น hydrosol ในน้ำร้อน และเมื่อน้ำเย็นลงจะกลายเป็น hydrogel วุ้นพองตัวได้เพราะเกิด hydration และเป็น hydrosol เพราะเกิด peptization คือการที่colloidal particles แยกตัวออกและเมื่อวุ้นเย็นลงมันจะยึดกันไว้ และอมน้ำเป็นวุ้นที่ทรงตัวอยู่ ถ้ามีวุ้นไม่พอ น้ำจะไม่ถูกดึงดูดไปหมด ฉะนั้น จึงเกิดเป็นวุ้นที่ทรงตัวไม่ได้

คุณสมบัติที่เห็นได้ชัดอันหนึ่งของวุ้น คือ การที่วุ้นสามารถมีสภาพเป็น sol ได้ในอุณหภูมิ 35° C หรือสูงกว่า และถ้ามีความเข้มข้นเพียงพอจะสามารถเปลี่ยนสภาพเป็น gel ในอุณหภูมิที่ต่ำกว่านี้เล็กน้อย สภาพการเป็น sol และ gel นี้จะกลับกันได้ ในการเปลี่ยนจาก sol เป็น gel นี้จะเกิดการเปลี่ยนแปลงหลายอย่าง เช่น viscosity, rigidity, elasticity เป็นต้น

2.3.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการจับตัวแข็งเป็นวุ้น

สิ่งที่มีผลต่อการจับตัวกันเป็นวุ้น ได้แก่

1) ระยะเวลาที่จะจับตัวกันเป็นวุ้น ขึ้นกับความเข้มข้นและอุณหภูมิ ถ้าเข้มข้นน้อยอุณหภูมิสูงจะต้องเสียเวลานานขึ้น ส่วนผสมเจลาตินจะต้องคลายความร้อนเสียก่อนจึงจะเกิดการจับตัวเป็นวุ้นได้ และเมื่อเริ่มจับตัวกันเป็นวุ้นแล้วจะทรงตัวอยู่ได้ดียิ่งขึ้นตามระยะเวลาที่วางทิ้งไว้ วุ้นจากเจลาตินซึ่งได้จากกระดูก หนัง และเอน แม้จะตีให้แตกจากกันก็สามารถจะรวมตัวกันเป็นวุ้นได้อีก ซึ่งเป็นคุณสมบัติอันหนึ่งที่วุ้นสาหร่ายไม่มี

2) ความเข้มข้น ถ้ามากระยะเวลาการจับตัวกันแข็งเป็นวุ้นก็จะน้อยลง อาจใช้วุ้นแห้ง 1-2 กรัม ต่อน้ำ 98-99กรัม วุ้นที่วางขายอาจมีลักษณะต่างกัน จึงอาจต้องใช้ความเข้มข้นต่างกัน เพื่อเนื้อสัมผัสดี ถ้าจะทำมาก ๆ ควรใช้วิธีชั่งดีกว่าการตวง

3) อุณหภูมิ ถ้าใช้อุณหภูมิสูง ความเข้มข้นก็ควรจะเพิ่มขึ้นด้วย ยิ่งวุ้นคลายร้อนช้าลงเพียงใด ก็จะสามารถจับตัวแข็งเป็นวุ้นในอุณหภูมิสูงไปด้วย hydrosolนั้นอาจทำให้เย็นลงได้ โดยการแช่น้ำแข็งไว้ หรืออาจตั้งทิ้งไว้ให้คลายร้อนในอุณหภูมิของห้องซึ่งจะอยู่ตัวได้ดีกว่า เมื่ออยู่ในอุณหภูมิต่ำมาก ๆ ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 35° C ไม่ว่าจะเข้มข้นเพียงใด ส่วนผสมเจลาตินก็จะไม่จับตัวแข็งเป็นวุ้นได้ เพราะเป็นอุณหภูมิเกิด sol

เจลาตินชนิดต่างๆ จะมีอุณหภูมิการแข็งตัวไม่เท่ากัน แม้จะเข้มข้นเท่ากัน อาจที่ 10°C 14-16°C หรือต่ำกว่า ถ้าต่ำกว่า 10°C ใช้เป็นอาหารไม่ได้ดี เพราะจะกลับเหลวได้ง่าย ส่วนผสมเจลลาตินที่จับตัวกันแข็งเป็นวุ้นในอุณหภูมิสูงจะไม่ละลายง่ายเหมือนที่จับตัวกันในอุณหภูมิต่ำ

4) pH : เจลาตินสลายตัวได้ง่าย ถ้า pH ต่ำกว่า 6 (วลัย, 2525)

2.4 ฟิล์มพลาสติกสำหรับห่ออาหาร

การใช้ฟิล์มพลาสติกกับบรรจุภัณฑ์ขนาดเล็ก ได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้นที่เรียกว่า ระบบ Modified Atmosphere Packaging (MAP) การใช้บรรจุภัณฑ์สามารถเลือกชนิดได้ ตามคุณสมบัติที่ต้องการ สำหรับตัวอย่างของผลิตภัณฑ์ที่ใช้ระบบ MAP เช่น การบรรจุข้าวโพดฝักผ่อนในถุง polypropylene หรือโดยเรียงบนถาดโฟม หุ้มด้วยฟิล์ม polyrinylidenechloride บรรจุที่อุณหภูมิ 5° C แล้วเรียงลงในกล่องโฟม การบรรจุหน่อไม้ฝรั่ง โดยเรียงบนถาดโฟมหุ้มด้วยฟิล์ม polypropylene อุณหภูมิ 1° C บรรจุในกล่องโฟม ผลิตผล 2 ชนิดนี้ส่งไปยังกงแล้วพบว่ามีคุณภาพดีเมื่อถึงปลายทาง และยังมีการศึกษานำมาใช้กับผลิตผลอื่นอีกหลายชนิด เช่น บลอคโคลี่ ละมุด ลูกพลับ (กองทะเบียนการวิจัย, 2530)

การห่อผลิตภัณฑ์ด้วยฟิล์มพีวีซีจัดเป็นการควบคุมบรรยากาศรอบผล ลดความเข้มข้นของออกซิเจนและเพิ่มคาร์บอนไดออกไซด์ จุลินทรีย์อาจถูกยับยั้งการเจริญด้วยสัดส่วนที่เปลี่ยนไปในสภาพบรรยากาศดัดแปลง (MA) (Pantastico, 1975)

ประโยชน์ต่าง ๆ ของ MAP พบว่า สามารถใช้เพื่อทำให้ผลิตผลสามารถมีอายุการเก็บที่นานขึ้น ลดการสูญเสียทั้งทางปริมาณ และคุณภาพของผลิตผลตั้งแต่หลังการเก็บเกี่ยวจนถึงผู้บริโภค ซึ่งจะเห็นได้ว่าเป็นประโยชน์ที่สำคัญที่สุด ในการใช้ระบบ MAP นี้

บทที่ 3

อุปกรณ์ และ วิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบ

สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียระยะผิวเปลี่ยนสี 0-10 เปอร์เซ็นต์

3.2 สารเคมี

Agar

Ascorbic acid

2,6 dichlorophenol - indophenol dye

95% Ethyl alcohol

Gelatin

Mataphosphoric acid (HPO_3)

Phenolpthalein

Potassium phathalate ($KHC_8H_4O_4$)

Sodium bicarbonate ($NaHCO_3$)

Sodium hydroxide ($NaOH$)

3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์

centrifuge : Jouan Gr 4.11

hand refractometer (n1)

pH-meter : SUNTEX SP-701

precision instruments : CHATILLON

spectrophotometer : CECIL CE 292, England

เครื่องชั่ง 1 ตำแหน่ง : Mettler PE 3000, Belgium

เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง : Model EK-120A, Belgium

เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง : Mettler PE 50, Belgium

ตู้แช่เย็น

พลาสติกฟิล์มพีวีซี สำหรับห่ออาหาร

ถาดโฟม

เครื่องคั้นน้ำส้ม

blender

ตะแกรงสำหรับวางชิ้นสับปะรด

เทอร์โมมิเตอร์

กระบอกน้ำกลั่น

บิวเรต ขนาด 50 มิลลิลิตร

บีกเกอร์ ขนาด 250 มิลลิลิตร

กระจกนาฬิกา

ปิเปต 10 มิลลิลิตร

หลอดทดลอง

แป้นวางหลอดทดลอง

ขวดวัดปริมาตร ขนาด 100 มิลลิลิตร

ขวดรูปชมพู่ ขนาด 125 มิลลิลิตร

3.4 วิธีการทดลอง

3.4.1 การเตรียมวัตถุดิบ และสารเคลือบ

3.4.1.1 การเตรียมสับปะรด

นำสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียระยะผิวเปลี่ยนสี 0-10% มาทำการปอกเปลือก-เฉือนตา หั่นตามยาวแบ่งเป็น 4 แกน และตัดแกนออก แล้วจึงหั่นตามขวางเป็นชิ้นหนา 1 เซนติเมตร สำหรับการศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารเคลือบ 7สภาวะ คือ ตัวควบคุม (ไม่เคลือบ), วุ้น (Agar) 0.5%, 1%, 1.5% เจลาติน 0.5%, 1% และ 1.5% โดยมีการตรวจวิเคราะห์ผลของแต่ละสภาวะในทุกวันจนครบ 7 วัน

3.4.1.2 การเตรียมสารละลายเจลาติน 1 เปอร์เซนต์

ชั่งเจลาติน 1 กรัม นำมาแช่ลงในน้ำกลั่น 99 กรัม ทิ้งไว้ประมาณ 5-10 นาที เพื่อให้เจลาตินพองตัว จึงนำไปตั้งไฟที่อุณหภูมิสูงกว่า 53 องศาเซลเซียส คนสม่ำเสมอจนเจลาตินละลายหมด ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องจนอุณหภูมิของสารละลายลดลงถึง 35 องศาเซลเซียส สังเกตเจลาตินจะเริ่มเกิดเป็นเจล จึงนำชิ้นสับปะรดมาเคลือบ

การเตรียมสายละลายเจลาติน 0.5 เปอร์เซ็นต์และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ ทำเช่นเดียวกันกับการเตรียมสารละลายเจลาติน 1 เปอร์เซ็นต์ เพียงแต่สัดส่วนของเจลาติน : น้ำ เป็น 0.5 : 99.5 กรัมและ 1.5 : 98.5 กรัม ตามลำดับ

3.4.1.3 การเตรียมสารละลายวุ้น 1 เปอร์เซ็นต์

ชั่งน้ำกลั่น 99 กรัม นำไปต้มจนมีอุณหภูมิ 95-100°C ใส่ผงวุ้น 1 กรัม ลงไปในน้ำเดือดคนสม่ำเสมอจนกระทั่งวุ้นละลายหมด นำไปชั่งน้ำหนักแล้วเติมน้ำกลั่นจนได้สารละลาย 100 กรัม ทิ้งให้เย็นจนมีอุณหภูมิ 40°C สารละลายวุ้นจะเริ่มเกิดเจล รีบนำชิ้นสับปะรดมาเคลือบ

การเตรียมสารละลายวุ้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ ทำเช่นเดียวกับการเตรียมสารละลายวุ้น 1 เปอร์เซ็นต์ เพียงแต่สัดส่วนของวุ้น : น้ำเป็น 0.5 : 99.5 กรัม และ 1.5 : 98.5 กรัม ตามลำดับ

3.4.1.4 วิธีการเคลือบ

นำชิ้นส่วนสับปะรดที่เตรียมไว้มาจุ่มลงในสารละลายวุ้น หรือเจลาตินที่เตรียมไว้ ระวังให้จุ่มลงขณะที่สารละลายวุ้นและเจลาตินเริ่มเป็นเจล อย่าให้แข็งตัวแล้วตักชิ้นวางบนตะแกรง รอจนผิวชิ้นสับปะรดแห้งพอดี(วุ้นและเจลาตินเคลือบ-แข็งดีแล้ว) บรรจุลงถาดโฟม ถาดละ 6 ชิ้น แล้วจึงห่อด้วยพลาสติกฟิล์มพีวีซี นำไปเก็บในตู้แช่อุณหภูมิ 7-8°C

3.4.2 การตรวจวิเคราะห์ผล

3.4.2.1 การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพและเคมี

(ก) ลักษณะความแน่นเนื้อ (Firmness)

นำตัวอย่างชิ้นสับปะรดมาวางบนตะแกรง แล้วใช้เครื่องมือ pricision instrument (รูปที่ ง.1) กดจนทะลุชิ้นสับปะรด อ่านค่าบนสเกลของเครื่องมือหน่วยเป็นกรัม บันทึกผล แล้วนำมาเขียนกราฟดูการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อเมื่อครบ 7 วัน

(ข) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ (Total Soluble Solid : TSS)

โดยเครื่อง hand-refractometer (n1)ในหน่วยองศาบริกซ์(° Brix) (รูปที่ ง.2) แล้วบันทึกผลจนครบ 7 วัน แล้วนำมาเขียนกราฟดูการเปลี่ยนแปลง

(ค) ความเป็นกรดด่าง (pH)

โดยใช้เครื่อง pH-meter วัดค่าความเป็นกรดด่างของน้ำคั้นของชิ้นสับปะรดตัวอย่าง แล้วบันทึกผลจนครบ 7 วัน ของสับปะรดเคลือบสารที่ความเข้มข้นต่าง ๆ แล้วนำมาเขียนกราฟดูการเปลี่ยนแปลง

(ง) เปอร์เซ็นต์ความเป็นกรด

โดยวิธีของ AOAC. (1975) (ภาคผนวก ก) เพื่อตรวจหาปริมาณกรด (% titratable acidity as citric acid) ที่มีอยู่ในสับปะรดตัวอย่าง บันทึกผลครบ 7 วัน ของแต่ละตัวอย่าง แล้วนำมาเขียนกราฟ

(จ) ปริมาณการเกิดสีน้ำตาล (degree of browning)

โดยวิธีของ Coseteng และ Lee, 1978 (ภาคผนวก ก) บันทึกผลครบ 7 วันของแต่ละตัวอย่างแล้วนำมาเขียนกราฟ

(ฉ) ปริมาณกรดแอสคอร์บิก (Ascorbic acid)

โดยวิธี Direct Colorimetric Determination (ภาคผนวก ก) บันทึกปริมาณกรดแอสคอร์บิกในแต่ละตัวอย่างจนครบ 7 วัน นำมาเขียนกราฟ

96711

3.4.2.2 การประเมินผลทางประสาทสัมผัส

การทำ sensory test เพื่อทดสอบผลิตภัณฑ์สับปะรดโดยวัดคุณสมบัติทางด้าน ลักษณะปรากฏ, ความแน่นเนื้อ, การเกิดกลิ่นหมัก และการยอมรับของผู้บริโภค ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 10 คน (ภาคผนวก ข)

ก. หาความเข้มข้นและชนิดของสารเคลือบที่เหมาะสม

โดยวิธีเปรียบเทียบความแตกต่าง จากตัวอย่างควบคุม (Difference from Control Test) จากการบันทึกเปรียบเทียบสับปะรดตัวอย่าง 7 สภาวะ กับตัวอย่างควบคุม ว่าให้ผลขนาดความแตกต่างอย่างไร

วิธีการทดสอบใช้ผู้ทดสอบจำนวน 10 คน ทำการทดสอบสับปะรดคนละ 8 ชิ้น คือ สับปะรดตัวอย่างควบคุม สับปะรดไม่เคลือบ สับปะรดเคลือบวุ้น0.5% 1% 1.5% และสับปะรดเคลือบเจลาติน 0.5% 1% 1.5% บันทึกระดับความแตกต่างของคุณสมบัติทางลักษณะปรากฏ ความแน่นเนื้อ การเกิดกลิ่นหมักและการยอมรับจากผู้บริโภค เมื่อเปรียบเทียบจากสับปะรดตัวอย่างควบคุม

ข. หาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

โดยวิเคราะห์ผลการตรวจสอบทางกายภาพ-เคมี และการทดสอบทางประสาทสัมผัส แล้วคัดเลือกสภาวะของสับปะรดตัวอย่างที่ดีที่สุด มาทำการหาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ โดยการทำ sensory test เพื่อเปรียบเทียบสับปะรดที่มีอายุการเก็บรักษานาน 5, 6 และ 7 วัน กับตัวอย่างควบคุม นำผลมาวิเคราะห์ทางสถิติ สรุปหาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

บทที่ 4

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารเคลือบวุ้นและเจลาติน

4.1.1 ผลการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมี

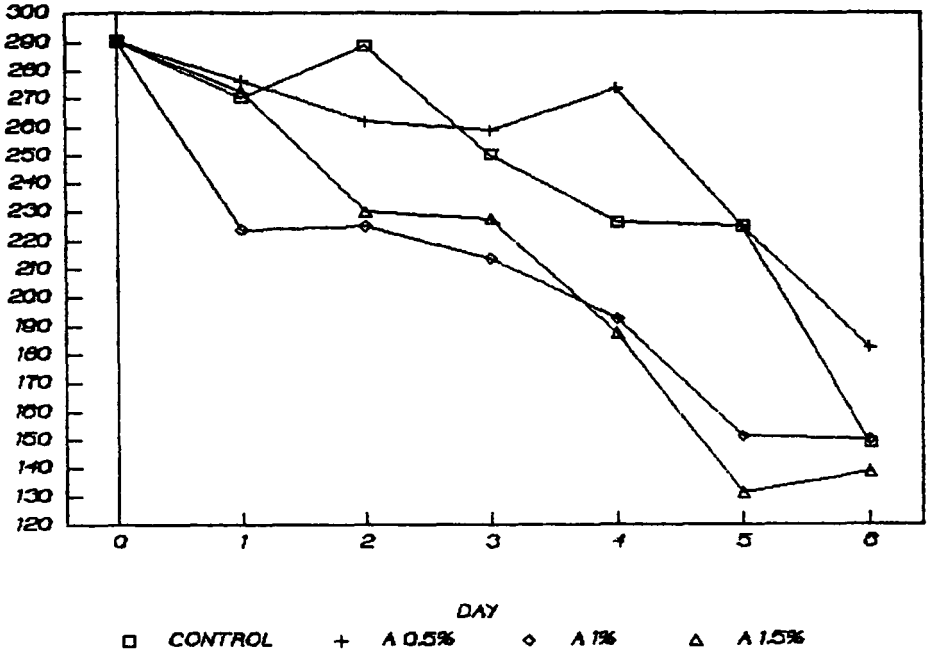
4.1.1.1 ลักษณะความแน่นเนื้อ (FIRMNESS)

ชิ้นสับปะรดมีความแน่นเนื้อลดลง เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น(รูปที่ 4.1) พบว่าหลังจากเก็บนานเกิน 4 หรือ 5 วัน ความแน่นเนื้อจะเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ทั้งนี้ อาจเกิดจากการอ่อนตัวของเนื้อเยื่อ (softening) อันเนื่องมาจากกิจกรรมของเอนไซม์เปคติเนส ตามปกติเซลล์ของพืชนั้นจะประกอบไปด้วย 3 ส่วนที่สำคัญคือ ส่วนที่ทำหน้าที่เ ชื่อมผนังเซลล์ด้านนอกให้ติดกัน (inter cellular cement หรือ middle lamella) ผนังเซลล์ชั้นที่หนึ่ง (primary cell wall) และผนังเซลล์ชั้นที่ 2 (secondary cell wall) ผนังเซลล์ชั้นที่หนึ่งประกอบด้วย pectin เป็นส่วนที่สำคัญ pectin ที่ไม่ละลายน้ำจะมีอยู่ในเนื้อผลไม้ที่ยังไม่สุก เมื่อผลไม้เริ่มสุก pectin ที่ไม่ละลายน้ำจะลดลง และ pectin ที่ละลายน้ำจะเพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลงนี้เกิดจากเอนไซม์ 2 ชนิดคือ pectin methyesterase (pectinesterase) และ polygalacturonase ซึ่งการเปลี่ยนแปลงโมเลกุลของ pectin ซึ่งไม่ละลายน้ำให้เป็น galacturonic acid ซึ่งละลายน้ำนี้ จะทำให้เซลล์ซึ่งเคยยึดเกาะกันแน่นในเนื้อผลไม้ จะกลับมาอยู่ในสภาพที่เกาะกันหลวม ๆ ดังนั้นจึงทำให้ผลไม้อ่อนตัว นอกจากนี้การอ่อนตัวของผลไม้ ยังเกี่ยวข้องกับการสูญเสียความเต่ง(turgor) ซึ่งเกิดจากกระบวนการหายใจหรือกระบวนการคายน้ำของผลไม้

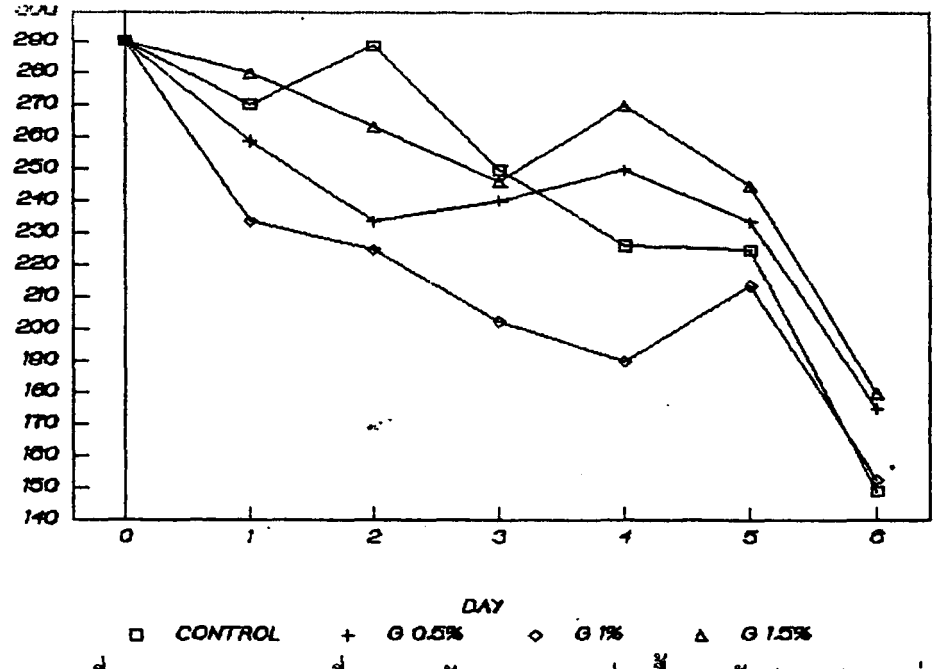
จากตารางที่ 4.1 พบว่าค่าความแน่นเนื้อที่วัดได้จากสับปะรดที่เคลือบด้วยวุ้นและเจลาตินที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ที่อายุการเก็บรักษา 5 วัน ไม่ให้ผลความแตกต่างทางสถิติเล็กน้อยที่ระดับความเชื่อมั่น 95% สับปะรดเคลือบวุ้น 0.5เปอร์เซ็นต์ ให้ผลดีกว่าสภาวะอื่นๆ เล็กน้อย

TEXTURE = FIRMNESS

1) AGAR



2) GELATIN



รูปที่ 4.1 : ผลการเปลี่ยนแปลงลักษณะความแน่นเนื้อของสับปะรดสภาวะต่าง ๆ เมื่อเก็บรักษานาน 6 วัน

1) สับปะรดเคลือบวุ้นที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

2) สับปะรดเคลือบเจลาตินที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

14657

4.1.1.2 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ (Total Soluble Solids)

ผลการทดลองพบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (วัดในหน่วยองศาบริกซ์)มีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย เมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น (รูปที่ 4.2)เนื่องจากสับปะรดเป็นผลไม้ประเภท นอน-คลแมคเทอริค (non-climacteric) หลังจากการเก็บเกี่ยวแล้ว ปริมาณ soluble solids จะไม่เพิ่มขึ้นเหมือนประเภท climateric สับปะรดจะสะสมน้ำตาลในช่วงที่ผลไม้กำลังพัฒนาจนแก่ ซึ่งจะไม่เพิ่มขึ้นเมื่อผลสุก ดังนั้นภายหลังจากการเก็บเกี่ยว ปริมาณ soluble solids จึงมีแนวโน้มลดลง ซึ่งมีสาเหตุมาจากการถูกใช้ในกระบวนการหายใจและกิจกรรมอื่นๆ ซึ่งกิจกรรมที่เกิดขึ้นภายในเซลล์ของสับปะรดต้องมีการใช้พลังงาน ซึ่งก็คือกรดและน้ำตาลที่สะสมอยู่ภายในผล ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Van Lelyveld และ De Bruyn (1976) ที่พบว่า ผลสับปะรดเมื่อทำการเก็บรักษาเป็นเวลานานและมีการเกิดสีน้ำตาลขึ้น ทำให้ปริมาณ soluble solids ลดลง

จากตารางที่ 4.1เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในผลิตภัณฑ์สับปะรดที่เคลือบวุ้นและเจลาติน ความเข้มข้นต่าง ๆ ที่อายุการเก็บรักษา 5 วัน พบว่า การเปลี่ยนแปลง TSS ในสับปะรดที่เคลือบด้วยวุ้น 0.5% และ 1% มีน้อยที่สุด คือ 12.13° Brix โดยที่สับปะรดเริ่มต้นวัดได้ 12.3° Brix

4.1.1.3 ความเป็นกรดด่าง (pH)

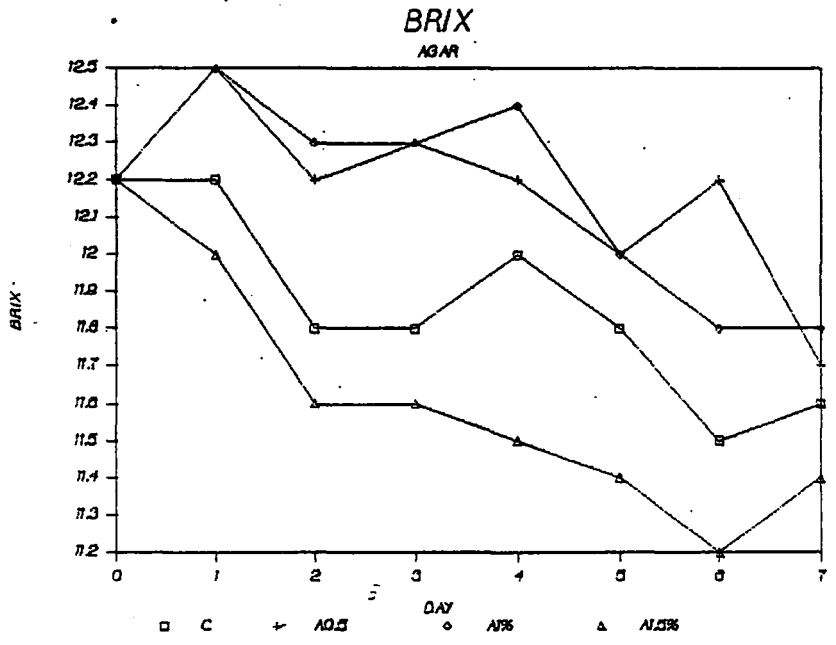
ผลการทดลองพบว่าค่าความเป็นกรดด่างเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น (รูปที่ 4.3) อาจเนื่องมาจากองค์ประกอบภายในมีการเปลี่ยนแปลงหลังจากการเก็บเกี่ยวและการเก็บรักษาเป็นเวลานาน เช่น ปริมาณกรดโดยทั่วไปจะลดลงเรื่อย ๆ จึงมีผลให้ค่า pH เปลี่ยนแปลงเล็กน้อย

จากตารางที่ 4.1 เมื่อเปรียบเทียบค่า pH ของผลิตภัณฑ์สับปะรดเคลือบวุ้นและเจลาตินที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่มีอายุการเก็บรักษา 5 วัน พบว่า สับปะรดที่เคลือบด้วยวุ้น ให้ผลการเปลี่ยนแปลงที่น้อยกว่าสับปะรดที่ไม่เคลือบและสับปะรดที่เคลือบด้วยเจลาติน และความเข้มข้นของวุ้นที่ดีที่สุด คือ 1% ขณะที่สับปะรดที่เคลือบด้วยเจลาตินไม่ให้ผลความแตกต่างทางสถิติกับตัวควบคุม ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

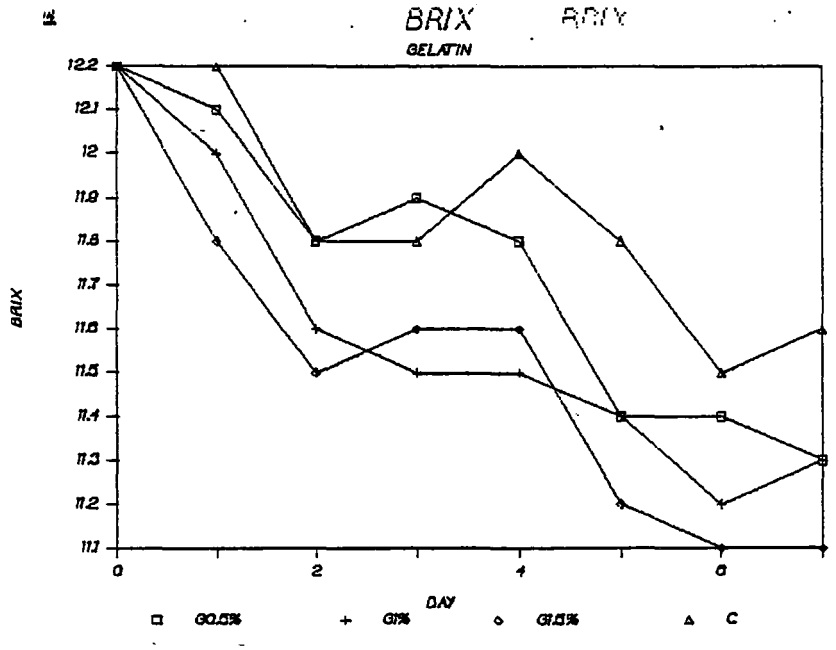
ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

TOTAL SOLUBLE SOLIDS (°BRIX)

1) AGAR



2) GELATIN



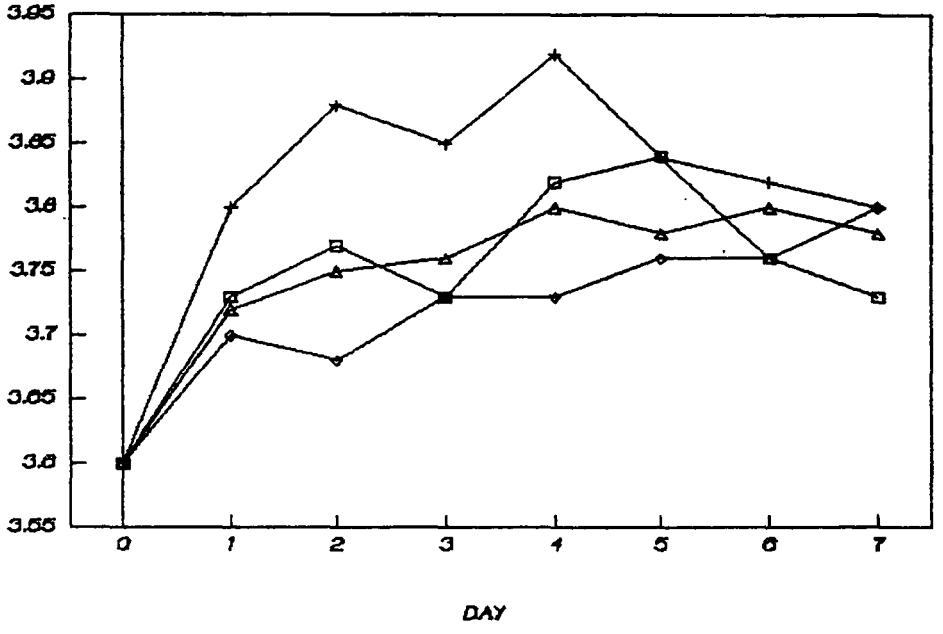
รูปที่ 4.2 : ผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ของผลิตภัณฑ์สับปะรด เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน

1) สับปะรดเคลือบวุ้นที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ

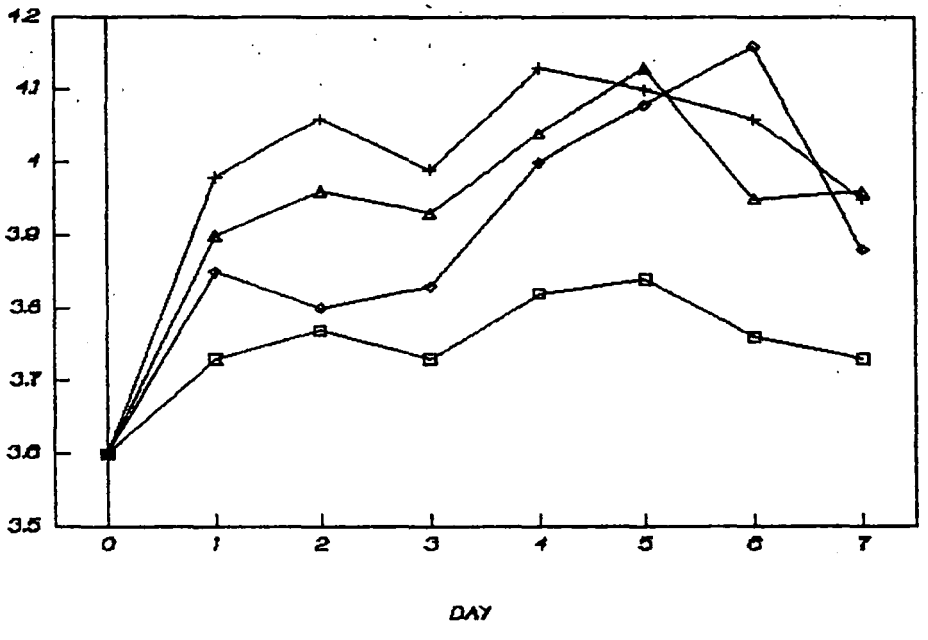
2) สับปะรดเคลือบเจลาตินที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ

pH

1) AGAR



2) GELATIN



รูปที่ 4.3 : ผลการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดด่างของผลิตภัณฑ์สับปะรด อายุการเก็บรักษา 7 วัน

1) สับปะรดเคลือบวุ้นที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ

2) สับปะรดเคลือบเจลาตินที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ

4.1.1.4 ปริมาณความเป็นกรด (Acidity)

ผลการทดลองพบว่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ มีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย (รูปที่ 4.4) ปริมาณกรดโดยทั่วไปลดลงเมื่อผลไม้เริ่มสุก และลดลงเรื่อย ๆ หลังการเก็บเกี่ยว (สายชล, 2528) จากตารางที่ 4.1 พบว่าเปอร์เซ็นต์ความเป็นกรดของสับปะรดเคลือบวุ้น 0.5% ให้ผลดีที่สุด ขณะที่การเคลือบด้วยเจลาตินให้ผลไม่ดีเท่าที่ควร

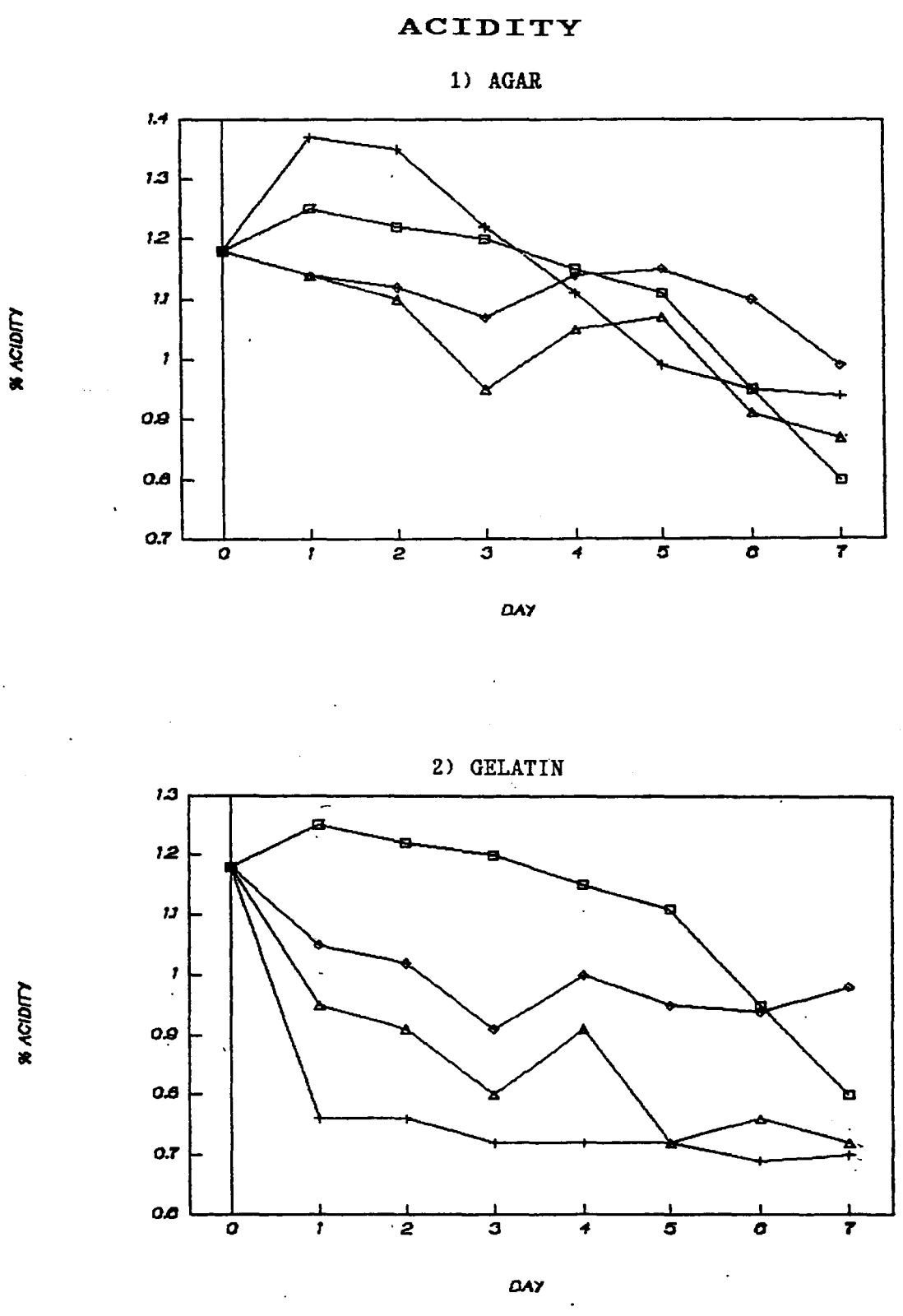
4.1.1.5 การเกิดสีน้ำตาล (Degree of browning)

ผลการทดลองพบว่า การเกิดสีน้ำตาลในชิ้นสับปะรดจะเพิ่มมากขึ้น เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น (รูปที่ 4.5) และจากตารางที่ 4.1 การเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์สับปะรดอายุการเก็บ 5 วัน ของระดับความเข้มข้นวุ้นและเจลาตินต่างๆกันไม่แตกต่างกันมากนัก ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แต่การเคลือบด้วยวุ้นที่ระดับความเข้มข้น 1% มีการเกิดน้ำตาลน้อยที่สุด

4.1.1.6 ปริมาณวิตามิน ซี หรือ กรดแอสคอร์บิค

ผลการทดลอง พบว่าปริมาณกรดแอสคอร์บิคลดลงเมื่อระยะเวลาเก็บรักษานานขึ้น (รูปที่ 4.6) เมื่อพิจารณาถึงความสัมพันธ์ของปริมาณกรดแอสคอร์บิคและการเกิดสีน้ำตาล เมื่ออายุการเก็บของผลิตภัณฑ์มากขึ้น ปริมาณกรดแอสคอร์บิคจะลดลง ขณะที่การเกิดสีน้ำตาลมากขึ้น สอดคล้องกับการทดลองของ Abdullarh และคณะ (1987) ซึ่งพบว่าผลสับปะรดที่เกิดอาการ browning จะมีปริมาณกรดแอสคอร์บิคลดลง เนื่องจากกรดแอสคอร์บิคเป็น reducing agent ซึ่งจะไปรีดิวซ์ สารควิโนน (quinone) จึงทำให้ผลสับปะรดไม่แสดงอาการ browning ออกมา จนกระทั่งปริมาณกรดแอสคอร์บิคลดลง สาร quinone ที่ได้จากการออกซิไดซ์ สารฟีนอล รวมตัวเป็นโมเลกุลใหญ่ และมีสีน้ำตาลเกิดขึ้น (Paull และ Rohrbach, 1985)

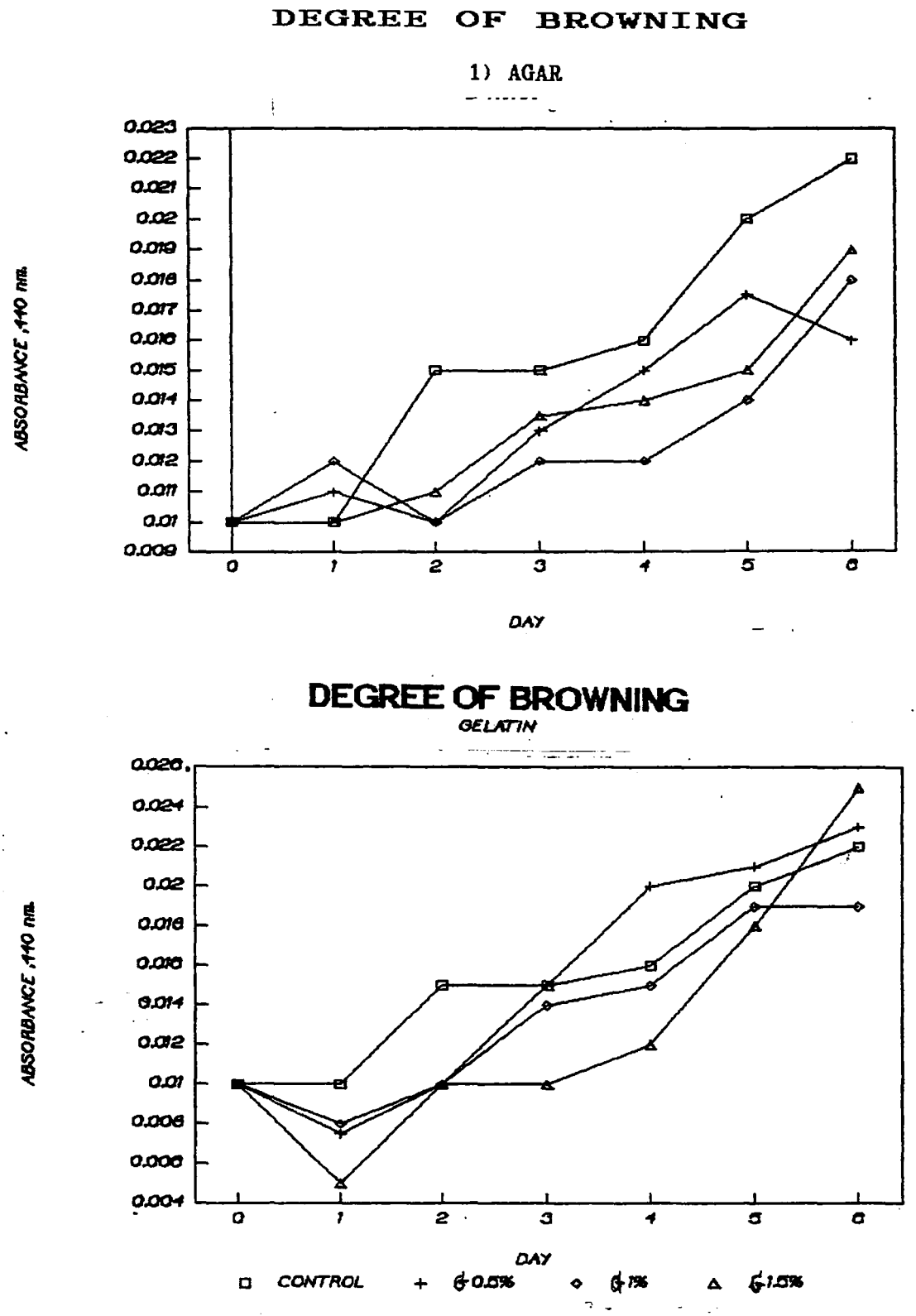
จากตารางที่ 4.1 ปริมาณกรดแอสคอร์บิคที่วัดได้จากสับปะรดอายุการเก็บ 5 วัน เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของสับปะรดที่เคลือบวุ้นและเจลาตินระดับความเข้มข้นต่างกัน พบว่า สับปะรดเคลือบวุ้น 1% มีปริมาณกรดแอสคอร์บิคคงอยู่มากที่สุด ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



รูปที่ 4.4 : ผลการเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์ความเป็นกรดของผลิตภัณฑ์สับปะรด อายุการเก็บรักษา 7 วัน

1) สับปะรดเคลือบวุ้นที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ

2) สับปะรดเคลือบเจลาตินที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ



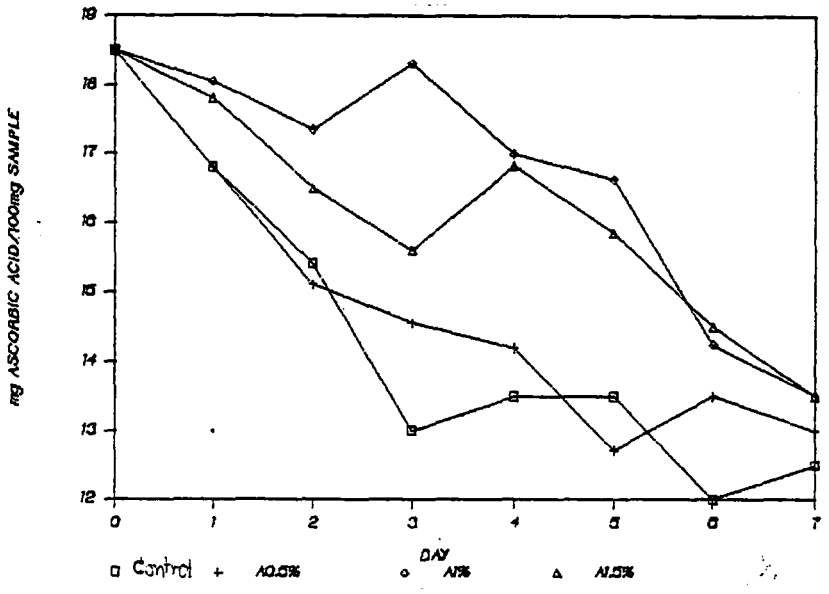
รูปที่ 4.5 : ผลการเปลี่ยนแปลงการเกิดสีน้ำตาลของสับปะรดอายุการเก็บรักษา 6 วัน

1) สับปะรดเคลือบวุ้นที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ

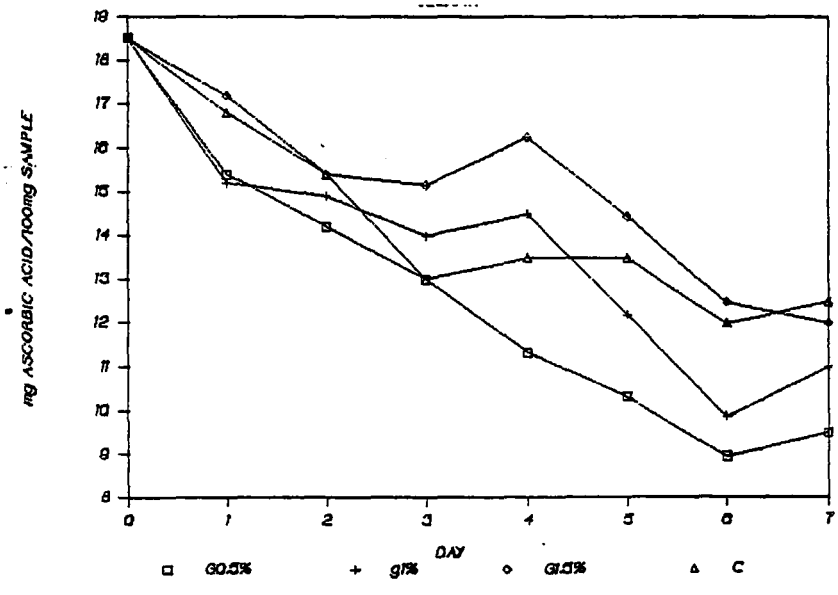
2) สับปะรดเคลือบเจลาตินที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ

ASCORBIC ACID

1) AGAR



2) GELATIN



รูปที่ 4.6 : ผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดแอสคอร์บิคของสับปะรด อายุการเก็บ 6 วัน

1) สับปะรดเคลือบวุ้นที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ

2) สับปะรดเคลือบเจลาตินที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ

ตารางที่ 4.1 : เปรียบเทียบความแตกต่างแต่ละความเข้มข้นของสารเคลือบวุ้นและเจลาติน เมื่อตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีและกายภาพของสับปะรด อายุการเก็บ 5 วัน

ชนิดผลิตภัณฑ์ สับปะรด	Firmness (gms)	TSS' (° Brix)	pH	Acidity (%)	Browning (Abs , 440 nm)	Ascorbic acid (mg/ 100ml,samp
ค่าเริ่มต้น	290	12.3	3.6	1.18	0.01	18.5
Control	200 ab	11.77 abc	3.95 bc	1.07 abc	0.0193 ab	14.8 abc
Agar 0.5%	227 a	12.13 a	3.79 ab	1.33 a	0.016 ab	10.19 d
Agar 1%	164.6 ab	12.13 a	3.75 a	1.33 ab	0.0142 a	15.72 ab
Agar 1.5%	152.5 b	11.97 ab	3.86 b	1.02 abc	0.0162 ab	13.0 ab
Gelatin 0.5%	219.6 ab	11.53 bcd	4.10 c	0.73 c	0.0213 b	13.47abc
Galatin 1%	185.4 ab	11.37 cd	4.08 c	0.96 bc	0.0177 ab	15.96 a
Galatin 1.5%	221.67ab	11.23 d	4.04 c	0.80 bc	0.0183 ab	13.47abc

คำนวณจากโปรแกรม SPSS ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4.1.2 ผลทดสอบทางประสาทสัมผัส

4.1.2.1 เนื้อสัมผัส

จากผลการทดลอง ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่ระดับความเข้มข้นของสารเคลือบวุ้นและเจลาตินต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4.1.2.2 ลักษณะปรากฏ

จากตารางที่ 4.2 สับปะรดเมื่อเก็บรักษา 5วันนั้น การเคลือบด้วยวุ้นให้ผลดีกว่าการไม่เคลือบและเคลือบด้วยเจลาติน และลักษณะปรากฏของวุ้นทั้ง3 ระดับความเข้มข้น ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

สับปะรดเมื่อเก็บรักษา 6 วัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติของแต่ละระดับความเข้มข้นของสารเคลือบ

สับปะรดเมื่อเก็บนาน 7 วัน การเคลือบด้วยวุ้น 1% ให้สับปะรดมีลักษณะปรากฏดีที่สุด

4.1.2.3 การยอมรับ

จากตารางที่ 4.3 สับปะรดเมื่อเก็บรักษา 5 วัน มีการยอมรับในผลิตภัณฑ์ของทุกระดับความเข้มข้น ที่ระดับยอมรับปานกลาง/มาก โดยมีไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

สับปะรดเมื่อเก็บนาน 6 วัน มีการยอมรับสับปะรดที่เคลือบด้วย วุ้น 0.5% และ 1% มากที่สุด ที่ระดับปานกลาง/มาก

สับปะรดเมื่อเก็บนาน 7 วัน มีการยอมรับเพียงระดับยอมรับเล็กน้อย โดยสับปะรดที่เคลือบวุ้น 1% ยอมรับมากที่สุด คือในระดับยอมรับเล็กน้อย/ปานกลาง ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4.1.2.4 การเกิดกลิ่นหมัก

จากตารางที่ 4.4 สับปะรดเมื่อเก็บรักษานาน 5 วัน มีการเกิดกลิ่นหมักในระดับเล็กน้อย/ปานกลาง ในทุกความเข้มข้น โดยไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

สับปะรดเก็บนาน 6 วัน มีการเกิดกลิ่นหมักระดับปานกลาง โดยสับปะรดที่เคลือบวุ้น 1% และ 1.5% เกิดกลิ่นหมักน้อยที่สุด คือ ระดับเล็กน้อย/ปานกลาง

สับปะรดเก็บนาน 7 วัน มีการเกิดกลิ่นหมักระดับมาก โดยสับปะรดที่เคลือบวุ้น 1% และ 1.5% เกิดกลิ่นหมักน้อยที่สุด คือ ระดับปานกลาง/มาก

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส และ การทดสอบทางกายภาพและเคมี พบว่า การใช้วุ้นเคลือบชิ้นสับปะรด มีผลให้การเปลี่ยนแปลงทางเคมีน้อยกว่าการเคลือบด้วยเจลาติน หรือไม่เคลือบ รวมทั้งผลิตภัณฑ์ได้รับการยอมรับและเสื่อมเสียช้ากว่าอีกด้วย ทั้งนี้อาจเป็นเพราะวุ้นมีคุณสมบัติในการเกิดเจลเคลือบผิวสับปะรด เพื่อป้องกันการทำลายจากจุลินทรีย์ และการสัมผัสกับอากาศ ทำให้เสื่อมเสียช้ากว่าเล็กน้อย ขณะที่การใช้เจลาตินไม่เหมาะสมกับสับปะรด เนื่องจากสับปะรดมีเอนไซม์บริมิลีน ซึ่งไม่เพียงแต่เปลี่ยนคอลลาเจนไปเป็นเจลาติน แล้วยังไฮโดรไลซ์โมเลกุลเจลาตินด้วย ทำให้สารละลายเจลาตินไม่สร้างเจล รวมทั้งเจลาตินยังสลายตัวได้ง่าย ถ้า pH ต่ำกว่า 6 ขณะที่วุ้นยังคงอยู่ในสภาพเดิม

จากผลการทดลองโดยรวมความเข้มข้นของวุ้นที่เหมาะสมที่สุดคือ 1 เปอร์เซ็นต์

4.2 การหาอายุการเก็บรักษา

ผลการทดลองหาอายุการเก็บรักษา โดยการทดสอบทางประสาทสัมผัส ได้ผลดังตารางที่ 4.3 ซึ่งพบว่า สับปะรดที่ไม่ได้เคลือบด้วยวุ้นหรือเจลาติน คุณภาพทางการยอมรับ, ลักษณะปรากฏและกลิ่นของวันที่ 6 และ 7 ต่างไปจากวันที่ 5 ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าผู้บริโภคไม่ยอมรับเมื่อเก็บนานเกิน 5 วัน ขณะที่สับปะรดที่เคลือบด้วยวุ้น 1 เปอร์เซ็นต์ คุณภาพด้านการยอมรับ, ลักษณะปรากฏ และกลิ่น เมื่อเก็บนาน 5 และ 6 วัน ยังคงไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อเก็บถึง 7 วันจึงจะต่างไป ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าอายุการเก็บรักษาของสับปะรดเคลือบด้วยวุ้น 1 เปอร์เซ็นต์ คือ 6 วัน ขณะที่สับปะรดไม่เคลือบ มีอายุการเก็บรักษาเพียง 5 วัน

ตารางที่ 4.2 :ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส เรื่องความแตกต่างทางลักษณะปรากฏ ของสับปะรด เมื่อเทียบกับตัวควบคุม (สับปะรดสด)

ตัวอย่าง	อายุการเก็บรักษา		
	5 วัน	6 วัน	7 วัน
สับปะรดไม่เคลือบ	2.75 bc	3.125 ns	5.125 b
Agar 0.5%	1.5 a	4.125 ns	3.375 ab
Agar 1%	1.375 a	3.25 ns	3.05 a
Agar 1.5%	1.5 a	2.75 ns	3.375 ab
Gelatin 0.5%	1.725 ab	3.625 ns	3.75 ab
Gelatin 1%	3.0 bc	3.0 ns	4.75 ab
Gelatin 1.5%	3.5 c	2.875 ns	5.125 b

ตารางที่ 4.3 : ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส เรื่องการเกิดกลิ่นหมักในสับปะรด

ตัวอย่าง	อายุการเก็บรักษา		
	5 วัน	6 วัน	7 วัน
สับปะรดไม่เคลือบ	2.875 ns	3.875 bc	5.625 b
Agar 0.5%	2.375 ns	2.75 ab	4.625 ab
Agar 1%	2.625 ns	2.5 a	4.375 a
Agar 1.5%	2.125 ns	2.125 a	4.5 a
Gelatin 0.5%	2.875 ns	2.75 ab	4.875 ab
Gelatin 1%	2.5 ns	2.875 abc	5.125 a
Gelatin 1.5%	2.5 ns	3.625 bc	4.6 bab

ตารางที่ 4.4:ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส เรื่องการยอมรับในผลิตภัณฑ์สับปะรดตัวอย่าง

ตัวอย่าง	อายุการเก็บรักษา		
	5 วัน	6 วัน	7 วัน
สับปะรดไม่เคลือบ	4.5 ns	2.375 b	1.125 b
Agar 0.5%	5.625 ns	4.125 a	2.0 ab
Agar 1%	5.25 ns	4.25 a	2.75 a
Agar 1.5%	5.0 ns	3.125 ab	1.375 b
Gelatin 0.5%	4.625 ns	3.125 ab	1.25 b
Gelatin 1%	4.75 ns	3.00 ab	1.375 b
Gelatin 1.5%	5.0 ns	3.875 ab	2.625 b

ตารางที่ 4.5 :ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส เพื่อหาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์
เปรียบเทียบระหว่างสับปะรดไม่เคลือบ กับ สับปะรดเคลือบวุ้น 1 เปอร์เซ็นต์

ตัวอย่าง	ระยะเวลาการเก็บ(วัน)	การยอมรับ	ลักษณะปรากฏ	กลิ่นหมัก	เนื้อสัมผัส
สับปะรดไม่เคลือบ	5	4.5 a	2.75 a	2.875 a	2.625 ns
	6	2.375 b	3.125 ab	3.875 b	3.25 ns
	7	1.125 b	5.125 ab	5.625 b	3.5 ns
เคลือบวุ้น 1%	5	5.25 a	3.0 a	2.625 a	3.0 ns
	6	4.25 a	4.125 ab	2.75 a	2.876 ns
	7	2.75 b	4.75 b	4.375 b	3.875 ns

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมีของผลิตภัณฑ์สับปะรดกึ่งสำเร็จรูป ตามระยะเวลาการเก็บ แสดงผลถึงการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ได้ สรุปได้ดังนี้

1) การสลายตัวของเปคติน (pectins) และสารโพลีแซคคาไรล์อื่นๆ ทำให้ผลไม้นิ่ม เป็นสาเหตุให้เนื้อสัมผัส ชอกช้าได้ง่าย

2) การเปลี่ยนแปลงของกรดอินทรีย์ โปรตีน น้ำตาล ของแข็งที่ละลายน้ำมีอิทธิพลต่อคุณภาพและรสชาดของผลิตผลเปลี่ยนแปลงได้

3) การสูญเสียปริมาณวิตามิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งวิตามินซี หรือกรดแอสคอร์บิค ทำให้คุณค่าทางอาหารเสื่อมลง รวมทั้งทำให้ผลิตภัณฑ์เสื่อมเสียเนื่องจากการเกิดสีน้ำตาล (browning) กับชิ้นสับปะรดมากขึ้น

5.1.2 สารเคลือบที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์สับปะรดกึ่งแปรรูปนี้ คือ วุ้น (Agar) และความเข้มข้นของสารละลายวุ้นที่เหมาะสม คือ 1 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสับปะรดที่เคลือบด้วยวุ้น 1 เปอร์เซ็นต์นี้ ทำให้อายุการเก็บรักษานานถึง 6 วัน โดยการยอมรับจากผู้บริโภค ขณะที่สับปะรดที่ไม่ได้เคลือบ เก็บได้นานเพียง 5 วัน

สับปะรดที่เคลือบด้วยเจลาตินให้ผลทางการทดสอบทางประสาทสัมผัส ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับสับปะรดที่ไม่เคลือบ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังนั้นการใช้เจลาตินเคลือบผิวชิ้นสับปะรด จึงไม่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์ชนิดนี้ ซึ่งเป็นผลเนื่องจาก

1) ในสับปะรดมีเอนไซม์บรอมิเลนที่มีคุณสมบัติย่อยสลายพวกสารโปรตีนได้ และเจลาตินเป็นคอลลาเจนซึ่งเป็นโปรตีนชนิดหนึ่ง

2) เจลาตินมีคุณสมบัติไม่เกิดเจลที่ pH ต่ำกว่า 6 การทดลองกับสับปะรด ซึ่งมี pH ประมาณ 3.5-4 ทำให้เจลาตินไม่สามารถเกิดเป็นเจลได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องอุณหภูมิที่เหมาะสม ในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์สับปะรดสดกึ่งแปรรูป โดยเปรียบเทียบผลของอุณหภูมิต่อผลิตภัณฑ์ ณ อุณหภูมิตู้เย็น (4°C) , อุณหภูมิตู้แช่ระหว่างการขนส่ง (7-8°C) , อุณหภูมิตู้แช่ในซูเปอร์มาร์เก็ต (12-15°C) เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้เก็บรักษาได้นานขึ้น

5.2.2 ภาชนะบรรจุหีบห่อ มีผลต่ออายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ ดังนั้นควรมีการศึกษาเปรียบเทียบการบรรจุผลิตภัณฑ์ในหลายลักษณะ เช่น การบรรจุลงถาดโฟมห่อฟิล์มพลาสติก, การบรรจุแบบสูญญากาศ (vacuum pack), การบรรจุกระป๋อง เป็นต้น บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมที่สุดจะทำให้อายุเก็บรักษาและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ดีขึ้น

เอกสารอ้างอิง

1. กองทะเบียนการวิจัย. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการพลังงาน. การวิจัยเกี่ยวกับวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวไม้ผล พืชผัก ไม้ดอก ไม่ประดับ. 2530.

2. กัลปพฤกษ์ ลีละวัฒน์. 2534. ผลกระทบของการใช้สารเคมี การลดอุณหภูมิ และการใช้ฟิล์มพลาสติกห่อผลที่มีคุณภาพและอายุการเก็บรักษาผลลิ้นจี่. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชสวน ภาควิชาพืชสวน บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

3. กัลยา วงศ์สินอุดม. 2520. การแยกและการศึกษาคุณสมบัติของเอนไซม์บรอมิเลนจากสับปะรดที่สามารถย่อยโปรตีนได. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

4. เกสิณี ระมิงค์วงศ์. 2528. ไม้ผลเมืองร้อน. เชียงใหม่ : ภาควิชา พืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 230 หน้า.

5. จารุพันธุ์ ทองถม. 2526. สับปะรดและอุตสาหกรรมสับปะรดในประเทศไทย. กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 125 หน้า.

6. ณัฐิณี ชำนาญค้า. 2537. การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางชีวเคมี-กายภาพ ของสับปะรด. ปริญญานิพนธ์ ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์-ประยุกต์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

7. บุษกร ปาละกุล. 2535. การปรับสภาพบรรยากาศในการเก็บรักษาผักและผลไม้สด อุตสาหกรรมเกษตร. 3 (2) : 25-30.

8. เพ็ญขวัญ ชมปรีดา. 2536. การประเมินคุณภาพทางประสาท. ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 123 หน้า.

9. วลัย วราโห. 2525. การสกัดวุ้นจากสาหร่ายทะเลสกุลกราซิลาเรีย. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

10. ศิริลักษณ์ สินธวาลัย. 2522. ทฤษฎีอาหาร เล่มที่ 3. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์บำรุงนุกูลกิจ. 375 หน้า.

11. สัมฤทธิ์ เฟื่องจันทร์,ดร. 2530. ปฏิบัติการพืชสวน. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 245 หน้า.

12. สายชล เกตุษา. 2528. สรีระวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. นครปฐม:โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. 147 หน้า.

13. อรวินทร์ วงศ์มีเกียรติ. 2527. การผลิตเอนไซม์บรอมิเลนจากส่วนเหลือทิ้งของสับปะรด. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 92 หน้า.

14. AOAC. 1975. Association of Official Analifical Chemists, 12 th ed. Washington, D.C. Association of Official Chemist, Inc.

15. Balls, A.K., Thompson, R.R., and Kies, H.W. 1941. Bromelain Properties and Commercial Production. Industrial and Engineering Chemistry. 33 : 950.

16. Glazer, A.N., and Smith, E.L. 1971. Papain and Other Plant Sulfhydryl Proteolytic. Enzyme. In Boyer, P.D. (ed). The Enzymes. New York : Academic Press.

17. Inagmi, T., and Murachi, T. 1963. Kinetic Studies of Bromelain Catalysis. Biochem. 2 : 439.

18. Liener, I.E. 1974. The Sulfhydryl Protease In Whitaker, J.R. (ed.). Food Related Enzymes. Washington, DC. : American chem. Society.

19. Mapson, L.W. 1970. Vitamin in Fruits. In Hulne, A.C. (ed.). The Biochemistry of Fruits and Their Products. Vol 1. London : Academic Press.

20. McGregor, K. 1994. MAP Activates Exports. Packaging New. Nov. 18-19.

21. Ota, S., T. Fu, and Hirobata, R. 1961. Studies on Bromelain II Its Activation and Fractionation. J. of Biochem. 99 : 532.

22. Pantastico, Er.B. 1975. Preharvest Factors Effecting Quality and hysiology After Harvest. In Pantastice, Er.B.(ed.). Postharvest Physiology , Handling and Utilization of Tropical Fruits and Vegetables. Westport, Connecticut: The AVI. Publishing Co.,Inc. 25-40.

23. Paull, R.E. 1993. Biochemical of Fruit Ripening . London : Chapman & Hall. 275.

24. Paull, R.E., and Rohrbach, K.G. 1982. Incidence and Serverity of Chilling Induced Internal Browning of Waxed "Smooth Canyone" Pineapple. J. Amer, Soc. Hort Sci. 107 (93) : 453-457.

25. Ranganna, S., PhD. 1977. Manual of Analysis of Fruit and Vegetable Product. New Delhi : Tata McGraw-Hall Publishing Company Limited. 418p.

26. Reed, G. 1986. Enzymes in Food Processing. New York : Academic Press.

27. Singletion, V.L., and Rossi, I.A. 1965. Colorimetry of Total Phenolic with Phosphomolybdic - Phosphotungstic Acid Reagents. Amer.J. Enol. & Vitic. 16 (3) : 144-157.

28. Solunkhe,D.K., and Desai, B.B. 1984. Postharvest Biotechnology of Fruits Vol II. Florida : CRC Press Inc. 147.

29. Su, Y.C., Chu, C.Y., Lai, Y.T., and Lai, K.S. 1975. Studies on The Production of Stem Bromelain from Pineapple Waste. J. Chinese Agr. Chem. Soc. Spc. TSS. 105.

30. Van Lelyveld, L.J., and De Bruyn, I.A. 1976. Sugars and Oranic Acids Associated with Balck Heart in Canyene Pineapple Fruints. Agrochemophysica 8 : 65-68.

31. Van Leiyveld, L.J.,and De Bruyn,J.A. 1977. Polypheno, Ascorbic Acid and Related Enzyme Activities Associated with Black Hear in Canyene Pineapple Fruit.Agrochemophysica. 9 : 1-6.

32. Vickery, L.M., Brian, M., and Brian, V. 1981. Secondary Plant Metabolism. London : The Mecmillan Press, Ltd. 335.

33. Zagony, D.,and Kader, A.A. 1988. Modified Atmosphere Packaging for Fresh Produce. Food Technol. 42 (9) : 70.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

วิธีการเตรียมสารและวิธีการทดลอง

ก.1) การวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์ความเป็นกรด โดยวิธีของ AOAC. (1985)

1.1 การเตรียมเอกสาร

1.1.1 สารเคมี

1) Sodium hydroxide

2) Potassium phthalate

3) Phenolpthalein : เตรียมจาก ละลายสาร 1 กรัม ใน neutral 95% alcohol จนละลายหมด แล้วทำให้ปริมาตรเป็น 100 ml.

1.1.2 การหานอร์มอลิตี้ของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Normality NaOH)

1) เตรียมสายละลาย NaOH 0.1 N (โดยประมาณ) ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ 50 กรัมในกระจกนาฬิกา ละลายสารด้วยน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตรใน บีกเกอร์ 50 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้สักครู่ พร้อมกับปิดปากบีกเกอร์ด้วยกระจกนาฬิกา

2) ดูดสารละลายส่วนที่ใสในบีกเกอร์ประมาณ 5.5 มิลลิลิตรลง ในขวดวัดปริมาตรขนาด 1 ลิตร เติมน้ำกลั่นจนถึงขีดปริมาตร ปิดจุดเขย่าให้สารละลายผสม กันด้วยดี

3) ชั่งโพแทสเซียม พาทาเลต ที่อบแห้งที่ 120°C นาน 2 ชั่วโมงและทำให้เย็นในดิสซิเคเตอร์ แล้วชั่งด้วยตาชั่งละเอียด 0.6000 - 0.7000 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น 50 -75 มิลลิลิตร

4) หยดสารละลายฟีนอล์ฟธาลีน 1เปอร์เซ็นต์ ลงในสารละลาย พาทาเลต จำนวน 2 หยด

5) นำสารละลายพาทาเลต ไปไตเตรทกับสายละลายด่างที่บรรจุอยู่ในบิวเรต จนสารละลาย phthalate เปลี่ยนจากไม่มีสีเป็นสีชมพูอ่อน และสีชมพูยังคงไม่เปลี่ยนภายในเวลา 1 นาที (หากสีชมพูเปลี่ยนเป็นสีขาวให้หยดสารละลายด่างลงไปอีกจนได้สีชมพูอ่อน)

6) ทำการทดลองซ้ำโดยใช้สารละลายด่างในขวดที่เตรียมไว้อีก 2 ครั้งบันทึกปริมาตร (มิลลิลิตร) ของสารละลายที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา

$$\text{Normality NaOH} = \frac{\text{น้ำหนัก (กรัม) } KHC_8H_4O_4 \times 1000}{\text{มิลลิลิตร NaOH} \times 204.229}$$

1.2 วิธีวิเคราะห์

1) ปิเปตน้ำสับปะรดตัวอย่างที่ได้จากการคั้นสับปะรด 25 กรัม มา 15 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดรูปชมพู่

2) หยดฟินอล์ฟธาลีน 2-3 หยด

3) ไทรเทรตด้วยสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ ขณะไทเทรตให้เขย่าขวดรูปชมพู่ตลอดเวลาจนถึงจุดยุติ (End point) สีจะเปลี่ยนจากไม่มีสีเป็นสีชมพูอ่อน

4) คำนวณปริมาณกรดในตัวอย่าง ในรูปของกรดซิตริก (Citric Acid)

1.3 การคำนวณ

$$\text{เปอร์เซ็นต์กรดในตัวอย่าง} = \frac{192 \times N \times V \times 100}{1000 \times X}$$

เมื่อ N = Normality ของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์

V = ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไทรเทรตเป็นมิลลิลิตร

X = ปริมาตรของน้ำสับปะรดตัวอย่างที่ใช้

ก.2) การวัดค่า Degree of browning โดยวิธีของ Coseteng และ Lee (1987)

2.1 สารเคมี

1) 95% ethanol

2.2 วิธีวิเคราะห์

1) ชั่งสับปะรด 50 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ แล้วเติมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

2) จากนั้นจึงนำไปโฮโมจีไนซ์ ในเครื่องปั่น(blender) 1 นาที แล้วเทใส่บีกเกอร์แล้วปิดด้วยอลูมิเนียม ฟอยล์ ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 1 ชั่วโมง

3) เมื่อถึงเวลาที่กำหนด นำไปเซนตริฟิวซ์ ที่ความเร็ว 7800รอบ/วินาที นาน10 นาที (25°C)

4) จากนั้นเติม 15 มิลลิลิตร 95%เอทานอล ลงใน 10 มิลลิลิตร ของ supernatant ที่ได้จากการเซนตริฟิวซ์ และทำการเซนตริฟิวซ์อีกครั้งที่ความเร็ว 7800 รอบ/วินาที,15 นาที (25°C)

5) นำส่วนที่ใสที่ได้มาวัดค่า degree of browning โดยการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 440 nm โดยใช้เครื่อง Spectrophotometer (CECIL 292)

ก.3) การวิเคราะห์หาปริมาณวิตามินซีหรือกรดแอสคอร์บิค

โดยวิธี Direct Colorimetric Determination วิธีนี้อาศัยหลักการเปรียบเทียบความสามารถของกรดแอสคอร์บิคในตัวอย่างและกรดแอสคอร์บิคมาตรฐานในการเปลี่ยนสีสารละลาย 2,6-dichlorophenol - indophenol เป็นวิธีที่ต้องใช้ความรวดเร็ว ทั้งนี้เพราะสารที่ปะปนในสารละลาย (interferring substances) สามารถที่จะรีดิวซ์สารละลายนี้ได้อย่างช้า ๆ ดังนั้นจำเป็นจะต้องวัดความเข้มของสารละลายที่เกิดขึ้นจากปฏิกริยาที่ 518 นาโนเมตรอย่างรวดเร็ว จึงจะทำให้การทดลองมีความถูกต้อง

3.1 การเตรียมสาร

3.1.1 สารเคมี

1) 2% Metaphosphoric acid (HPO_3)

2) 2,6-dichlorophenol - indophenol dye

3) Sodium bicarbonate

4) Ascorbic acid

3.1.2 การเตรียม Dye solution

ละลาย 2,6-dichlorophenol -indophenol dye 100 มิลลิกรัม และ Sodium bicarbonate 84 มิลลิกรัม ในน้ำกลั่นร้อน (85-95°C) ทำให้เย็น แล้วทำให้ปริมาตรรวมเป็น 100 มิลลิลิตร กรอง ดูดเอาส่วนที่ใสมา 25 มิลลิลิตร และทำให้เจือจาง ด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 500 มิลลิลิตร

3.1.3 การเตรียมสารละลายกรดแอสคอร์บิคมาตรฐาน

ชั่งสารโดยละเอียดประมาณ 100 มิลลิกรัม ละลายในสารละลาย 2% HPO_3 จนได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ดูดสารละลายนี้มา 4 มิลลิลิตร เจือจางด้วยสารละลาย 2% HPO_3 จนได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

(1 มิลลิลิตร = 40 ไมโครกรัม กรดแอสคอร์บิค)

3.2 การเตรียมตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์

ดูดน้ำสับปะรด ปริมาตร 10-20 มิลลิลิตร เจือจางด้วยสารละลาย 2% HPO_3 จนปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร กรองหรือนำไปเหวี่ยงแยกเอาส่วนใส

3.3 การทำกราฟมาตรฐาน

1) ดูดสารละลายกรดแอสคอร์บิคมาตรฐาน 1 มิลลิลิตร ลงในหลอดแก้วสะอาด

2) เติมสารละลาย 2% HPO_3 จนได้ปริมาตรของสารละลายในหลอดเป็น 5 มิลลิลิตร

3) เติมสารละลาย dye 10 มิลลิลิตรอย่างรวดเร็ว เขย่าหลอดแล้วรีบนำสารละลายสีแดงที่เกิดขึ้นจากปฏิกริยาไปอ่านค่าการดูดกลืนแสง ที่ 518 นาโนเมตร ภายในเวลา15-20 วินาที โดยปรับให้เครื่อง spectrophotometer อ่านค่า 100% T เมื่อวัดสารละลายblank ที่เตรียมได้จากสารละลาย 2% HPO_3 5มิลลิลิตรในน้ำกลั่น 10มิลลิลิตร

4) ทำการทดลองซ้ำเหมือนในข้อ 1 ถึง 3 แต่ใช้สารละลายกรดแอสคอร์บิคมาตรฐาน 2, 2.5, 3, 4, และ 5 มิลลิลิตร ตามลำดับ

5) Plot ค่าการดูดกลืนแสง กับค่าความเข้มข้นของกรดแอสคอร์บิค

3.4 การวิเคราะห์ปริมาณ และการคำนวณ

1) ดูดสารละลายตัวอย่างที่เตรียมได้ จำนวน 5 มิลลิลิตร (หรือน้อยกว่า 5 มิลลิลิตร แล้วเติมสารละลาย 2% HPO_3 จนได้ปริมาตรรวม 5 มิลลิลิตร) เติมสารละลาย dye 10 มิลลิลิตร เขย่าสารละลายแล้ววัดค่าการดูดกลืนแสง เช่นเดียวกับของสารละลายมาตรฐาน

2) อ่านค่าความเข้มข้นของกรดแอสคอร์บิคในหลอดตัวอย่าง จากกราฟมาตรฐาน

3) คำนวณปริมาณกรดแอสคอร์บิค ในตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ได้จากสมการข้างล่างนี้

$$\text{มิลลิลิตร กรดแอสคอร์บิคต่อตัวอย่าง 100 กรัม หรือ มิลลิลิตร} = \frac{\text{ปริมาณ กรดแอสคอร์บิคในหลอดตัวอย่าง}}{\text{มิลลิลิตรของสารละลายตัวอย่างที่ใช้}} * \frac{\text{ปริมาตรของสารละลายตัวอย่าง}}{\text{น้ำหนักหรือปริมาตรของตัวอย่าง}} * \frac{100}{1000}$$

ภาคผนวก ข

วิธีการทดสอบทางประสาทสัมผัสและแบบทดสอบ

ข.1) วิธีเปรียบเทียบความแตกต่างจากตัวอย่างควบคุม

(Difference from Control Test)

1.1 ขอบเขตการใช้

วิธีนี้มีความเหมาะสมในการใช้ในกรณีที่มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อจัดความแตกต่างของตัวอย่างเมื่อเปรียบเทียบกับตัวควบคุมและ 2) เพื่อต้องการทราบขนาดของความแตกต่าง โดยทั่วไปจะกำหนดตัวอย่างควบคุมหรือตัวอย่างมาตรฐาน ส่วนตัวอย่างอื่นใช้เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมวิธีนี้จะมีประโยชน์มาก เมื่อต้องการทราบขนาดของความแตกต่างโดยเฉพาะในงานการประกันและควบคุมคุณภาพ และในการศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์

1.2 ผู้ทดสอบ

โดยทั่วไปใช้ผู้ทดสอบประมาณ 10-20 คน ผู้ทดสอบอาจจะได้รับการฝึกฝนหรือไม่ก็ได้ แต่ผู้ทดสอบควรจะได้รับการแนะนำในเรื่องวิธีการทดสอบ ความหมายของสเกลที่ใช้ในการทดสอบ

1.3 หลักและวิธีการทดสอบ

เสนอตัวอย่างแก่ผู้ทดสอบโดยมีตัวอย่างควบคุมซึ่งมีเครื่องหมาย "C" และตัวอย่างที่มีรหัสเลข 3 ตัว ให้ผู้ทดสอบบอกขนาดของความแตกต่างระหว่างตัวอย่างกับตัวอย่างควบคุม โดยใช้สเกลดังนี้

คำพูด	ตัวเลข
ไม่แตกต่าง	0
แตกต่างเล็กน้อย	1
แตกต่างเล็กน้อยถึงปานกลาง	2
แตกต่างปานกลาง	3
แตกต่างปานกลางถึงมาก	4
แตกต่างมาก	5
แตกต่างมาก/มากที่สุด	6
แตกต่างมากที่สุด	7

1.4 การวิเคราะห์ และแปลผลการทดสอบ

รวมผลการทดสอบ แล้วนำไปคำนวณค่าเฉลี่ยของความแตกต่างของตัวอย่างและจากตัวอย่างควบคุม แล้ววิเคราะห์หาค่า t (ในกรณีที่ใช้ตัวอย่างมากกว่า 1 ตัวอย่างให้วิเคราะห์โดยหาค่า F) ถ้าค่า t หรือ F ที่คำนวณได้มากกว่าค่า t หรือ F ในตาราง ให้สรุปว่าตัวอย่างมีความแตกต่างจากตัวควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% หรือ 99% ในที่นี้ให้โปรแกรม SPSS ในการและผลการทดสอบ

ข.2) แบบรายงานผลทดสอบ

2.1 หาความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารเคลือบ

ชุดที่ 1

แบบรายงานผลทดสอบ

วิธีเปรียบเทียบความแตกต่างจากตัวควบคุม

ชื่อผู้ทดสอบ_____

วันที่_____

ผลิตภัณฑ์ สับปะรดกึ่งแปรรูป

คำแนะนำ

กรุณาทดสอบตัวอย่างควบคุม "C" ก่อน แล้วทดสอบตัวอย่างที่มีเลขรหัส 3 ตัว แล้วบอกขนาดของความแตกต่าง เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่าง "C" ตามสเกลข้างล่าง

0 = ไม่แตกต่าง	4 = แตกต่างปานกลาง/มาก
1 = แตกต่างเล็กน้อย	5 = แตกต่างมาก
2 = แตกต่างเล็กน้อย/ปานกลาง	6 = แตกต่างมาก/มากที่สุด
3 = แตกต่างปานกลาง	7 = แตกต่างมากที่สุด

ตัวอย่าง	ลักษณะปรากฏ	เนื้อสัมผัส	กลิ่นหมัก
846	_____	_____	_____
165	_____	_____	_____
591	_____	_____	_____
497	_____	_____	_____
784	_____	_____	_____
916	_____	_____	_____
045	_____	_____	_____

วิจารณ์ : _____

_____

ชุดที่ 2

แบบรายงานผลทดสอบ

วิธีเปรียบเทียบความแตกต่างหลายตัวอย่างการให้คะแนน

ชื่อผู้ทดสอบ _____

วันที่_____

ผลิตภัณฑ์ สับปะรดกึ่งสำเร็จรูป

คำแนะนำ

กรุณทดสอบตัวอย่างจากซ้ายไปขวา และให้คะแนน ความชอบ-การยอมรับในผลิตภัณฑ์ ตามสเกลที่ให้มให้ตรงกับรหัสตัวอย่าง

0 = ไม่ยอมรับ	4 = ยอมรับปานกลาง/มาก
1 = ยอมรับเล็กน้อย	5 = ยอมรับมาก
2 = ยอมรับเล็กน้อย/ปานกลาง	6 = ยอมรับมาก/มากที่สุด
3 = ยอมรับปานกลาง	7 = ยอมรับมากที่สุด

รหัสตัวอย่าง

	846	165	591	497	784	916	045
คะแนน	____	____	____	____	____	____	____

วิจารณ์ : _____

_____

_____

2.2 หาอายุการเก็บรักษา

ตัวอย่างสับปะรดเก็บนาน 5, 6 และ 7 วัน

ชุดที่ 3

แบบรายงานผลการทดสอบ

วิธีเปรียบเทียบความแตกต่างจากตัวควบคุม

ชื่อผู้ทดสอบ_____

วันที่_____

ผลิตภัณฑ์ สับปะรดกึ่งแปรรูป

คำแนะนำ

กรุณาทดสอบตัวอย่างควบคุม "C" ก่อน แล้วทดสอบตัวอย่างที่มีเลขรหัส 3 ตัว แล้วบอกขนาดของความแตกต่าง เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่าง "C" ตามสเกลข้างล่าง

0 = ไม่แตกต่าง	4 = แตกต่างปานกลาง/มาก
1 = แตกต่างเล็กน้อย	5 = แตกต่างมาก
2 = แตกต่างเล็กน้อย/ปานกลาง	6 = แตกต่างมาก/มากที่สุด
3 = แตกต่างปานกลาง	7 = แตกต่างมากที่สุด

ตัวอย่าง	ลักษณะปรากฏ	เนื้อสัมผัส	กลิ่นหมัก
369	_____	_____	_____
184	_____	_____	_____
597	_____	_____	_____

วิจารณ์ : _____

_____

ชุดที่ 4

แบบรายงานผลทดสอบ

วิธีเปรียบเทียบความแตกต่างหลายตัวอย่างการให้คะแนน

ชื่อผู้ทดสอบ _____

วันที่_____

ผลิตภัณฑ์ สับปะรดกึ่งสำเร็จรูป

คำแนะนำ

กรุณทดสอบตัวอย่างจากซ้ายไปขวา และให้คะแนน ความชอบ-การยอมรับในผลิตภัณฑ์ ตามสเกลที่ให้มให้ตรงกับรหัสตัวอย่าง

0 = ไม่ยอมรับ	4 = ยอมรับปานกลาง/มาก
1 = ยอมรับเล็กน้อย	5 = ยอมรับมาก
2 = ยอมรับเล็กน้อย/ปานกลาง	6 = ยอมรับมาก/มากที่สุด
3 = ยอมรับปานกลาง	7 = ยอมรับมากที่สุด

รหัสตัวอย่าง

	369	497	916
คะแนน	____	____	____

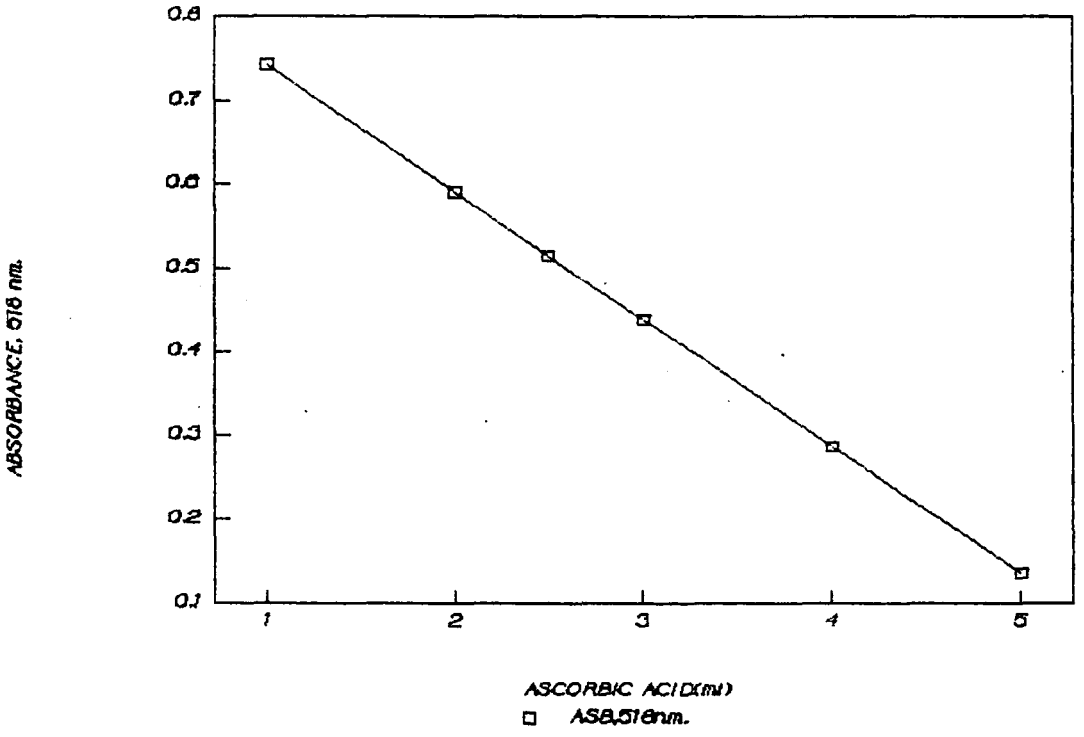
วิจารณ์ : _____

_____

_____

ภาคผนวก ค

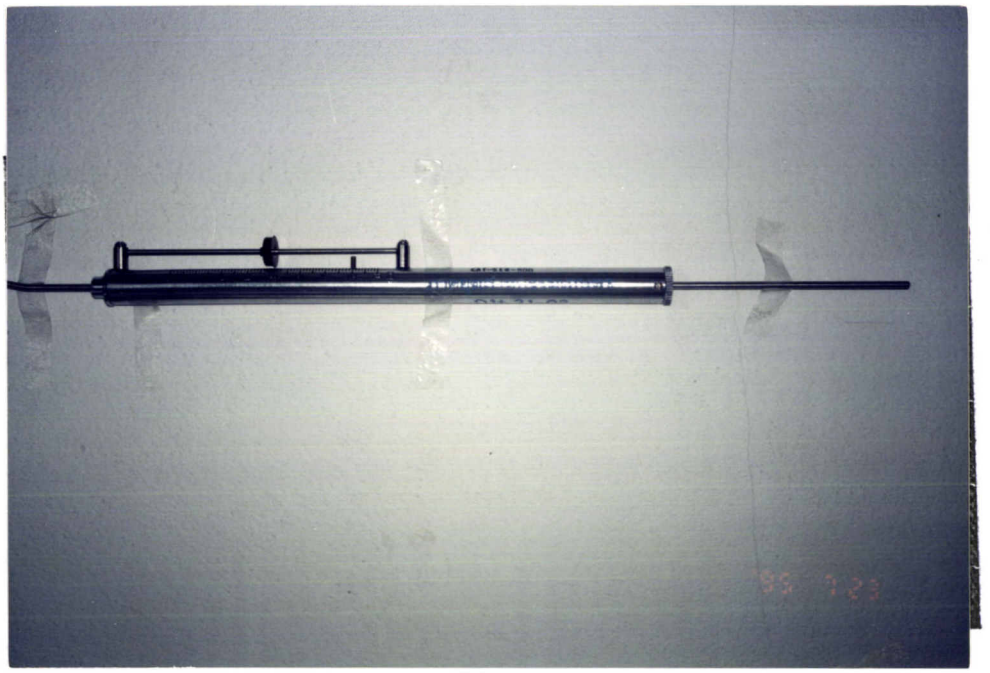
Standard Ascorbic Acid Curve



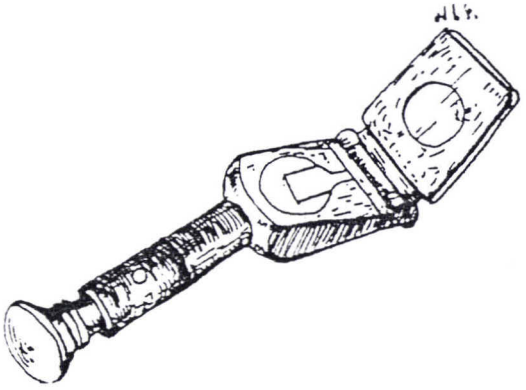
รูป ค.1 กราฟมาตรฐานกรดแอสคอร์บิค

ภาคผนวก ง

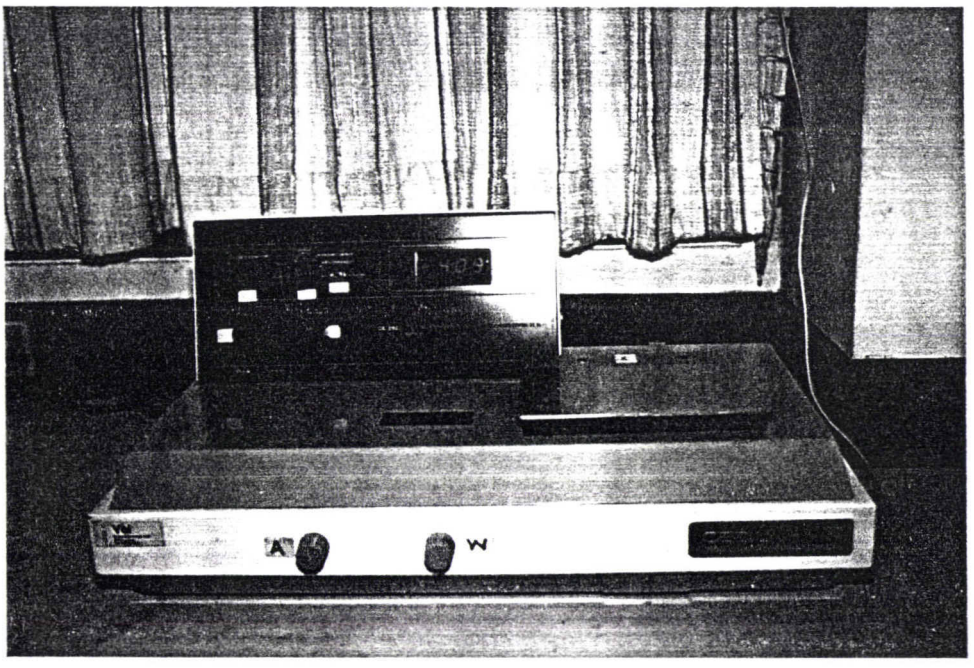
รูปอุปกรณ์และการทดลอง



รูปที่ ง.1 เครื่องวัดความแน่นเนื้อ (pricision instrument)



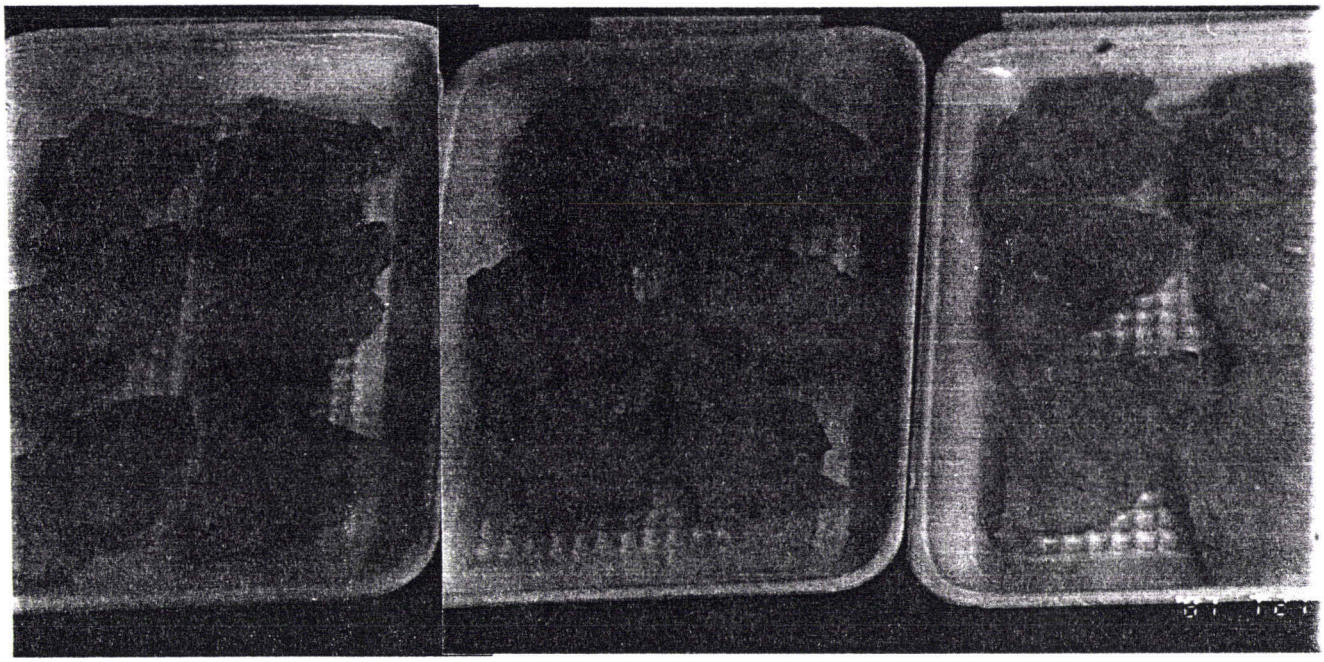
รูปที่ ง.2 เครื่อง hand-refractometer



รูปที่ ง.3 เครื่อง spectrophotometer

รูปที่ ง.4 ผลิตภัณฑ์สับปะรดสดกึ่งแปรรูป

รูปที่ ง.5 สับปะรดเคลือบวุ้น 1% (ซ้าย) และ เจลาติน 1% (ขวา)



รูปที่ ง.6 สับปะรดเคลือบวุ้น 1%, เจลาติน 1% และไม่เคลือบ
อายุการเก็บรักษา 5 วัน

ประวัติผู้เขียน

นางสาวสมวรรณ คล้ายทอง เกิดเมื่อวันที่ 15 ตุลาคม 2516 ณ จังหวัดเชียงใหม่ สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมปลายที่โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) กรุงเทพมหานคร ในปี 2534 ได้เข้าศึกษาต่อระดับปริญญาตรี ที่ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปีการศึกษา 2534