21050

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

สับปะรดออสโมซิสอบแห้ง

(Drying of Osmosis Pineapple)

T096828

นางสาวจุฑามาศ	ชยางศุ	รหัสนักศึกษา	45040136
นายภาคภูมิ	คูประเสริฐยิ่ง	รหัสนักศึกษา	45040153
นายวิโรจน์	ฤกษ์ขวัญยังมี	รหัสนักศึกษา	45040161

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการจัดตั้งคณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2548

ปพ.
จ628ส
2548

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 96828
วัน,เดือน,ปี.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หองสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

สับปะรดออสโมซิสอบแห้ง

(Drying of Osmosis Pineapple)

จัดทำโดย

นางสาวจุฑามาศ ชยางศุ รหัสนักศึกษา 45040136
นายภาคภูมิ คูประเสริฐยิ่ง รหัสนักศึกษา 45040153
นายวิโรจน์ ฤกษ์ขวัญยังมี รหัสนักศึกษา 45040161

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

....27../.....03...../...2549...

(อาจารย์พัสกร เจียตระกูล) วัน/เดือน/ปี

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุฑามาศ ชยางศุ, ภาคภูมิ คูประเสริฐยิ่ง และวิโรจน์ ฤกษ์ขวัญยังมี. 2548 : สับปะรดออสโมซิสอบแห้ง(Drying of Osmosis Pineapple) สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการจัดตั้งคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. อาจารย์ที่ปรึกษา : อาจารย์พัสกร เจียตระกูล

การอบแห้งสับปะรดออสโมซิสได้แบ่งการทดลองออกเป็น 3 ช่วงคือ ศึกษากระบวนการลดความชื้นเบื้องต้นโดยกระบวนการออสโมซิส ศึกษากระบวนการอบแห้งโดนใช้เครื่องอบแห้งแบบถาด และศึกษาอายุการเก็บรักษาออสโมซิสอบแห้ง ในกระบวนการออสโมซิสสามารถนำสับปะรดมาใช้ได้ทั้งผล เนื้อสับปะรดในส่วนต่าง ๆ ในสับปะรดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และยังเป็นการปรับค่าปริมารกรดและปริมาณในเนื้อสับปะรดให้มีความสม่ำเสมอเหมือนกันทั้งผล จากการทดลองนี้ระดับความเข้มข้นสารละลายน้ำเชื่อมแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 40 50 และ 60 องศาบริกซ์ อัตราส่วนเนื้อสับปะรดต่อน้ำเชื่อม 1 : 2 และ 1 : 4 สภาวะความสุกของสับปะรดแตกต่างกัน คือ สีเปลือกมี สีเขียว สีเขียวเหลือง และสีเหลือง ทดลองที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่า สภาวะที่เหมาะสมในกระบวนการออสโมซิส คือการใช้สับปะรดที่มีระดับความสุกสีเปลือกเป็นสีเขียวเหลือง ใช้สารละลายน้ำเชื่อมเข้มข้น 50 องศาบริกซ์ อัตราส่วนเนื้อสับปะรดต่อน้ำเชื่อม 1 : 2 และระยะเวลาในการออสโมซิสเป็นเวลา 4 ชั่วโมงครึ่ง ในสภาวะนี้สามารถลดความชื้นของสับปะรดจากความชื้นเริ่มต้น 80 เปอร์เซ็นต์ ลดลงเหลือ 60 ถึง 70 เปอร์เซ็นต์ ในกระบวนการอบแห้งสับปะรดที่ผ่านการออสโมซิสโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบถาดที่อุณหภูมิ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส พบว่าระยะเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการอบที่เหมาะสมอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 6 ชั่วโมงสามารถลดความชื้นจาก 68 เปอร์เซ็นต์เหลือ 25 เปอร์เซ็นต์ ลักษณะภายนอกและเนื้อสัมผัสเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และเมื่ออายุการเก็บรักษาสับปะรดออสโมซิส พบว่าสับปะรดออสโมซิสไม่สามารถเก็บรักษาไว้ได้นานถึง 1 เดือน

จุฑามาศ ชยางศุ
(จุฑามาศ ชยางศุ)
ลายมือชื่อนักศึกษา

(ภาคภูมิ คูประเสริฐยิ่ง)

วิโรจน์ ฤกษ์ขวัญยังมี
(วิโรจน์ ฤกษ์ขวัญยังมี)

พัสกร เจียตระกูล
(อาจารย์พัสกร เจียตระกูล)
อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

27 มีนาคม 2549
วัน/เดือน/ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การนำเสนอปัญหาพิเศษในหัวข้อเรื่องสับปะรดออสโมซิสออสโมซิสอบแห้งนี้สำเร็จด้วยดี ผู้จัดทำขอขอบพระคุณ อ. พัสกร เจียตระกูล ซึ่งเป็นที่ปรึกษาปัญหาพิเศษของกลุ่มข้าพเจ้า ที่สละเวลาอันมีค่าในการให้คำแนะนำ ดูแล และให้คำปรึกษาตลอดการทดลอง และยังช่วยแก้ไขปรับปรุงรายงานฉบับนี้ให้ถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้นซึ่งกลุ่มข้าพเจ้าซาบซึ้งและรู้สึกขอบคุณเป็นอย่างมาก

ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุก ๆ ท่านที่แนะนำสั่งสอนอบรม ให้ความรู้ตลอด 4 ปี จนทำให้กลุ่มข้าพเจ้ามีความรู้ความสามารถจนทำปัญหาพิเศษเล่มนี้สำเร็จโดยดี

ขอบคุณเจ้าหน้าที่แล็ปทุกๆห้องทั้ง คุณฉวี ยิ้มยล คุณ พันทิพา เกลี้ยงเกลา และเจ้าหน้าที่คนอื่นที่ไม่ได้กล่าวมาในที่นี้ที่ช่วยในการอำนวยความสะดวก และให้คำแนะนำเกี่ยวกับการเบิกอุปกรณ์และสารเคมี แนะนำการใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง

ขอบพระคุณคุณพ่อคุณแม่ของกลุ่มข้าพเจ้าทุก ๆ คนที่เป็นทั้งกำลังใจและกำลังทรัพย์ในการส่งกลุ่มข้าพเจ้ามาศึกษาเล่าหาความรู้จนได้มาทำปัญหาพิเศษเล่มนี้

ขอบคุณเพื่อน ๆ ที่คณะอุตสาหกรรมเกษตรทุกคนที่เป็นกำลังใจและให้ความช่วยเหลือซึ่งกันและกันตลอดมา

คณะผู้จัดทำ
จุฑามาศ ชยางศุ
ภาคภูมิ คูประเสริฐยิ่ง
วิโรจน์ ฤกษ์ขวัญยังมี
23 มีนาคม 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	ง
สารบัญรูปภาพ	ช
สารบัญภาคผนวก	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
บทที่ 3 วิธีการทดลอง	32
บทที่ 4 ผลการทดลอง	42
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	54
เอกสารอ้างอิง	55
ประวัติผู้เขียน	77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 ตารางเปรียบเทียบลักษณะที่สำคัญของพันธุ์สับปะรดในไทย 7

2.2 คุณค่าทางโภชนาการในเนื้อสับปะรด 100 กรัม 8

2.3 ปริมาณน้ำตาลอินเวอร์ทที่ใช้เตรียมน้ำเชื่อมความเข้มข้นต่างๆ สำหรับกระบวนการแช่อิ่ม 21

4.1 แสดงค่าทางเคมีและกายภาพต่าง ๆ ของสับปะรดส่วนหัว ส่วนกลาง และส่วนท้าย ก่อนผ่านกระบวนการออสโมซิส 43

4.2 แสดงค่าทางเคมีและกายภาพต่างๆของสับปะรดส่วนหัว ส่วนกลาง และส่วนท้าย หลังผ่านกระบวนการออสโมซิส 44

4.3 ตารางแสดงความชอบต่อสับปะรดที่ผ่านการออสโมซิสก่อนการอบ และไม่ผ่านการออสโมซิสก่อนการอบ 50

4.4 ตารางแสดงผลการทดสอบอายุการเก็บรักษาของสับปะรดอบแห้งด้วยวิธี Triangle Test 52

ตารางผนวกที่

ค.1 ตารางแสดง Probability in Preference Test 65

ค.2 ตารางแสดง Probability in triangular (Taste) Test 66

ง.1 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของความชื้นของสับปะรดก่อนการออสโมซิส 67

ง.2 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของเปอร์เซ็นต์กรดของสับปะรดหลังการออสโมซิส 67

ง.3 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติแยกความแตกต่างเป็นกลุ่มของเปอร์เซ็นต์กรดของสับปะรดส่วนหัว ส่วนกลางและส่วนท้ายก่อนการออสโมซิส 68

ง.4 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของสับปะรดส่วนหัว ส่วนกลางและส่วนท้ายก่อนการออสโมซิส 68

ง.5 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าสี L ของสับปะรดก่อนการออสโมซิส 69

ง.6 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าสี a ของสับปะรดก่อนการออสโมซิส 69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางผนวกที่ หน้า

ง.7 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าสี b ของสับปะรดก่อนการออสโมซิส 69

ง.8 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของความชื้นของสับปะรดหลังการออสโมซิส 70

ง.9 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของเปอร์เซ็นต์กรดของสับปะรดหลังการออสโมซิส 70

ง.10 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของสับปะรด ส่วนหัว ส่วนกลางและส่วนท้ายหลังการออสโมซิส 70

ง.11 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าสี L ของสับปะรดหลังการออสโมซิส 71

ง.12 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าสี b ของสับปะรดหลังการออสโมซิส 71

ง.13 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าสี b ของสับปะรดหลังการออสโมซิส 71

ง.14 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของความชื้นของสับปะรดเมื่อผ่านการออสโมซิส โดยใช้ระดับความสุก ความเข้มข้นน้ำเชื่อมและอัตราส่วนน้ำเชื่อมที่แตกต่างกัน 72

ง.15 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติแยกความแตกต่างเป็นกลุ่ม ของความชื้นของ สับปะรดเมื่อผ่านการออสโมซิสโดยใช้ระดับความสุกที่แตกต่างกัน 72

ง.16 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติแยกความแตกต่างเป็นกลุ่ม ของความชื้นของสับปะรด เมื่อผ่านการออสโมซิสโดยใช้ระดับความเข้มข้นน้ำเชื่อมที่แตกต่างกัน 73

ง.17 ผลการวิเคราะห์ความชื้นทางสถิติของสับปะรดเมื่อผ่านการออสโมซิส ที่ระดับความสุก ความเข้มข้นน้ำเชื่อมที่แตกต่างกัน อัตราส่วนเนื้อสับปะรดต่อน้ำเชื่อม 1:2 73

ง.18 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติการแยกความแตกต่างเป็นกลุ่ม ของความชื้น ของสับปะรดเมื่อผ่านการออสโมซิส โดยใช้ระดับความสุกที่แตกต่างกัน อัตราส่วนเนื้อสับปะรดต่อน้ำเชื่อม 1:2 74

ง.19 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติการแยกความแตกต่างเป็นกลุ่ม ของความชื้น ของสับปะรดเมื่อผ่านการออสโมซิสโดยใช้ระดับความเข้มข้นน้ำเชื่อม ที่แตกต่างกัน อัตราส่วนเนื้อสับปะรดต่อน้ำเชื่อม 1:2 74

ง.20 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของความชื้นของสับปะรดออสโมซิสอบแห้ง ที่อุณหภูมิแตกต่างกันเป็นเวลา 6 ชั่วโมง 75

ง.21 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติการแยกความแตกต่างเป็นกลุ่ม ของความชื้น ของสับปะรดออสโมซิสอบแห้งที่อุณหภูมิแตกต่างกันเป็นเวลา 6 ชั่วโมง 75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่		หน้า
ง.22	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของความชื้นของสับปะรดอบแห้งที่อุณหภูมิแตกต่างกันเป็นเวลา 11 ชั่วโมง	76
ง.23	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติการแยกความแตกต่างเป็นกลุ่มของความชื้นของสับปะรดอบแห้งที่อุณหภูมิแตกต่างกันเป็นเวลา 11 ชั่วโมง	76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	สับปะรดพันธุ์สิงคโปร์	5
2.2	สับปะรดพันธุ์สิงคโปร์-ปัตตาเวีย	5
2.3	แสดงการลำเลียงสารวิธีต่างๆ	11
2.4	แผนภูมิแสดงขั้นตอนของปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่อาศัยเอนไซม์	25
2.5	ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์ PPO	26
2.6	แสดงตัวอย่าง Phenolic compounds	27
2.7	แสดงตัวอย่าง Phenolic compounds	28
2.8	แสดงสมการการทำงานของเอนไซม์ครีโซเลส	29
2.9	แสดงตัวอย่างของปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์ PPO	30
2.10	สมการแสดงการทำงานของกรดแอสคอร์บิค	31
3.1	แสดงขั้นตอนการทดลองเพื่อหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการออสโมซิส และการทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ของสับปะรดส่วนหัว ส่วนกลางและส่วนท้าย	34
3.2	แสดงขั้นตอนการทดลองเพื่อหาระดับความเข้มข้นของน้ำเชื่อม อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของเนื้อสับปะรดกับน้ำเชื่อมที่ และระดับอายุของสับปะรดที่เหมาะสมในการนำมาทำสับปะรดเชื่อมอบแห้ง	35
3.3	แสดงขั้นตอนการทดลองหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบสับปะรดที่ผ่านการออสโมซิสจากขั้นตอนที่ 3.3.2	36
3.4	แสดงขั้นตอนการทดลองเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ทำสับปะรดอบแห้งที่ผ่านการออสโมซิสและไม่ผ่านการออสโมซิสโดยใช้อุณหภูมิที่เหมาะสมจากการทดลองขั้นที่ 3.3.3	38
3.5	แสดงขั้นตอนการทดลองเพื่อเปรียบเทียบความชอบระหว่างสับปะรดที่ผ่านและไม่ผ่านการออสโมซิสก่อนการอบแห้งโดยวิธี Preference Test	40
3.6	แสดงขั้นตอนการทดลองเพื่อหาอายุการเก็บรักษาของสับปะรดอบแห้ง	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.1	กราฟแสดงสมดุลของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในน้ำเชื่อมของสับปะรดส่วนหัว ส่วนกลางและส่วนท้าย	42
4.2	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับเวลาในการออสโมซิสสับปะรดผลสีเขียว โดยใช้น้ำเชื่อมความเข้มข้น 40, 50และ60 องศาบริกซ์ และอัตราส่วนเนื้อสับปะรดต่อน้ำเชื่อม 1: 2 และ 1:4	45
4.3	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับเวลาในการออสโมซิสสับปะรดผลสีเหลืองเขียวโดยใช้น้ำเชื่อมความเข้มข้น 40, 50และ60 องศาบริกซ์ และอัตราส่วนเนื้อสับปะรดต่อน้ำเชื่อม 1: 2 และ 1:4	46
4.4	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับเวลาในการออสโมซิสสับปะรดผลสีเหลืองโดยใช้น้ำเชื่อมความเข้มข้น 40, 50และ60 องศาบริกซ์ และอัตราส่วนเนื้อสับปะรดต่อน้ำเชื่อม 1: 2 และ 1:4	47
4.5	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับเวลาในการอบแห้งสับปะรดที่ผ่านการออสโมซิส และไม่ผ่านการออสโมซิส ณ อุณหภูมิต่างๆ	48
4.6	แสดงสับปะรดออสโมซิสอบแห้งที่อุณหภูมิต่างกัน	50
4.7	แสดงสับปะรดที่ผ่านการออสโมซิสและไม่ผ่านการออสโมซิสอบแห้ง	51
4.8	แสดงสับปะรดออสโมซิสอบแห้งที่เก็บรักษาไว้ที่เวลา 0 เดือนและ 1 เดือน	53

ภาพผนวกที่

ก.1	แสดงลักษณะและการใช้ Hand Refractometer	58
ก.2	แสดงลักษณะของเครื่องวัดสี Minolta รุ่น CR 300	59
ข.1	แสดงการคำนวณการทำสารละลายน้ำตาล	61
ค.1	ตัวอย่างแบบสอบถามสำหรับการทดสอบแบบ Triangle Test และ Preference Test	63
ค.2	ตัวอย่าง Master Sheet สำหรับการทดสอบด้วยวิธี Triangle Test	64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาคผนวก

ภาคผนวก	หน้า
ก. การวิเคราะห์และการวัดผล	58
ข. การเตรียมตัวอย่างและสารเคมี	60
ค. การทดสอบทางประสาทสัมผัส	63
ง. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ	67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมา

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมและเป็นประเทศเมืองร้อน ทำให้มีการเพาะปลูกผลไม้จำนวนมาก และสับปะรดเป็นผลไม้อันดับหนึ่งของประเทศไทย ทั้งในด้านการเพาะปลูก การจำหน่าย และการส่งออก ทั้งนี้เนื่องจากการเพาะปลูกเป็นจำนวนมาก รวมทั้งสับปะรดเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถเสื่อมเสียได้หลังจากเก็บเกี่ยว ทำให้ส่งผลถึงการดูแลรักษาระหว่างจัดจำหน่าย ซึ่งควรมีการจัดการเก็บรักษาที่ดีเพื่อให้สับปะรดเสื่อมเสียและเปลี่ยนแปลงน้อย และมีสภาพใกล้เคียงกับผลสดที่สุด นอกจากนี้ยังสามารถเก็บรักษาในรูปแบบของสับปะรดแปรรูปได้ เพื่อให้เกิดการเก็บรักษาที่ยาวนานกว่า มีขนาดที่เล็กลง ขนส่งสะดวก และปรับปรุงรสชาติให้เป็นที่ต้องการของผู้บริโภคได้ ซึ่งการแปรรูปสามารถทำได้หลายวิธีเช่น การอบแห้ง และการทำสับปะรดกระป๋อง เป็นต้น โดยการอบแห้งเป็นการนำน้ำที่มีอยู่ในสับปะรดออกบางส่วนเพื่อให้มีความชื้นลดเหลือน้อยลง และปริมาณน้ำที่น้อย ทำให้จุลินทรีย์สามารถเจริญได้น้อย ซึ่งช่วยให้เกิดการเสื่อมเสียเนื่องจาก จุลินทรีย์ได้ช้าลง การอบแห้งเป็นการใช้ลมร้อนพัดพาเอาความชื้นในชิ้นสับปะรดออกไปโดยตู้อบลมร้อน ซึ่งสูญเสียพลังงานเป็นจำนวนมาก ดังนั้นจึงพิจารณาถึงการลดปริมาณความชื้นของชิ้นสับปะรดก่อนการอบแห้งเพื่อให้มีการใช้พลังงานน้อยลง

ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการออสโมซิสจะมีน้ำตาลเคลือบอยู่ที่บริเวณรอบ ๆ ชิ้นสับปะรด มีผลให้ไม่สามารถใช้อุณหภูมิอบแห้งได้สูงมากนัก เนื่องจากอาจทำให้ผลิตภัณฑ์ไหม้จากปฏิกิริยาสีน้ำตาลของน้ำตาลที่เคลือบอยู่รอบชิ้นสับปะรด จึงมีการทดลองหาสภาวะอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะในการอบแห้งชิ้นสับปะรด เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่สวยงาม น่ารับประทาน เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และสามารถเก็บรักษาไว้ให้ยาวนานได้

ดังนั้นสับปะรดอบแห้งที่ผ่านกระบวนการออสโมซิสจะใช้พลังงานในการอบแห้งน้อย และยังช่วยปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้มีความสม่ำเสมอกัน เป็นที่ยอมรับและต้องการของผู้บริโภค สามารถเก็บรักษาสับปะรดได้ยาวนาน และช่วยลดการเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 ศึกษากระบวนการลดความชื้นเบื้องต้นในสับปะรดก่อนการอบแห้ง โดยกระบวนการออสโมซิส

1.2.2 ศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้งสับปะรดออสโมซิส โดยใช้เครื่องแห้งแบบถาด

1.2.3 ศึกษาระยะเวลาในการเก็บรักษาสับปะรดออสโมซิสอบแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 สับปะรด

ชื่อวิทยาศาสตร์ Ananas comosus (L.) Merr. วงศ์ Bromeliaceae

สับปะรดเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวจำพวกไม้เนื้ออ่อนที่มีอายุหลายปี สามารถทนต่อสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ได้ดี ชื่อท้องถิ่น สับปะรด (กลาง) ขนุนทอง ยานัด ย่านนัด (ใต้) บ่อนัด มะขะนัด มะนัด (เหนือ) บักนัด (อีสาน) มาเนื่อ (เขมร)ปลูกได้ในดินแทบทุกแห่งในประเทศไทย มีช่อดอกที่ส่วนยอดของลำต้น ซึ่งเมื่อเจริญเป็นผลแล้วจะเจริญต่อไปโดยตาที่ลำต้น จะเติบโตเป็นต้นใหม่ได้อีก

สับปะรดแบ่งออกตามลักษณะความเป็นอยู่ได้ 3 ประเภทใหญ่ ๆ คือ พวกที่มีระบบรากหาอาหารอยู่ในดิน หรือ เรียกว่าไม้ดิน พวกอาศัยอยู่ตามคาคบไม้หรือลำต้นไม้ใหญ่ ได้แก่ ไม้อากาศต่าง ๆ ที่ไม่แย่งอาหารจากต้นไม้ที่มันเกาะอาศัยอยู่ พวกนี้ส่วนใหญ่จะเป็นไม้ประดับและพวกที่เจริญ เติบโตบนผาหินหรือโขดหิน ส่วนสับปะรดที่เราใช้บริโภคจัดเป็นไม้ดิน แต่ยังมีลักษณะบางประการของไม้อากาศเอาไว้ คือ สามารถเก็บน้ำไว้ตามซอกใบได้เล็กน้อยมีเซลล์พิเศษสำหรับเก็บน้ำเอาไว้ในใบ ทำให้ทนทานในช่วงแล้ง

การจำแนกอนุกรมวิธานของสับปะรด

Kingdom	Plant kingdom
Sub-kingdom	Spermatophyta
Class	Angiospermae
Sub-class	Monocotyledones
Order	Farinosae
Family	Bromilaceae
Genera	Ananas and Pseudananas

2.1.1 แหล่งปลูก

แหล่งปลูกสับปะรดที่สำคัญของไทยอยู่ในบริเวณพื้นที่ที่อยู่ใกล้ทะเลได้แก่ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ เพชรบุรี ชลบุรี ระยอง ฉะเชิงเทรา จันทบุรี ตราด และจังหวัดต่าง ๆใน ภาคใต้ เช่นภูเก็ต พังงา ชุมพร ซึ่งนิยมปลูกในสวนยาง

ปัจจุบันมีการปลูกสับปะรดในจังหวัดต่าง ๆ ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ บริเวณริมแม่น้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โขง และอีกหลายจังหวัดในภาคเหนือ การปลูกสับปะรดในพื้นที่ที่อยู่ไกลทะเลนี้ จะต้องคำนึงถึงความชื้นในอากาศเป็นสำคัญ เพราะจะมีผลต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของผลสับปะรดดังนั้น ควรเลือกปลูกในบริเวณที่มีความชื้นในอากาศสูง เช่น ที่ราบระหว่างภูเขา ที่ลาดเชิงเขา บริเวณใกล้ป่าหรือแหล่งน้ำ

2.1.2 ประโยชน์ของสับปะรด

สับปะรดมีส่วนต่าง ๆ ที่ใช้ประโยชน์ได้กว้างขวาง ดังนี้

2.1.2.1 เนื้อ

ใช้รับประทานสดหรือแปรรูปเป็นสับปะรดแช่อิ่ม สับปะรดกวน สับปะรดแห้ง แยม-สับปะรด หรือ บรรจุกระป๋อง และคั้นทำน้ำสับปะรด ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือใช้เนื้อสับปะรดผสมกับปลาและเกลือหมักไว้ทำเป็นอาหารที่เรียกว่า "เค็มหมากนัด"

2.1.2.2 ผลพลอยได้จากเศษเหลือ

เศษเหลือของสับปะรดส่วนใหญ่จากอุตสาหกรรมบรรจุกระป๋อง สามารถนำมาแปรรูปทำอย่างอื่นได้ เช่น

- น้ำเชื่อม
- แอลกอฮอล์
- น้ำส้มสายชู และไวน์
- อาหารสำหรับเลี้ยงวัว
- กรดอินทรีย์ 3 ชนิด คือ กรดซิตริก กรดมาลิก และกรดแอสคอร์บิก

2.1.2.3 ใบ

2.1.2.4 เส้นใยจากใบสับปะรด นำมาทอเป็นผ้าใยสับปะรด ในฟิลิปปินส์เรียกว่า "ผ้าบารอง" ราคาแพง นิยมตัดเป็นชุดสากลประจำของชาติฟิลิปปินส์และไต้หวัน

2.1.2.5 เยื่อกระดาษจากใยสับปะรด จะได้กระดาษที่มีคุณสมบัติพิเศษ คือ ความบางมาก มีผิวนุ่มเนียน สามารถบิดงอหรือเปลี่ยนรูปร่างได้ง่าย โดยไม่เสียหาย ในหลายประเทศใช้เป็นกระดาษสำหรับพิมพ์ธนบัตร

2.1.2.6 เปลือก

ใช้ในการเลี้ยงวัว เศษเหลือทิ้งจากโรงงานสับปะรด คือ เปลือกและแกนกลางซึ่งจะมีน้ำอยู่สูงถึงร้อยละ 90 เมื่อคิดต่อน้ำหนักสดส่วนเหลือทิ้งจะมีโปรตีนและโภชนะย่อยได้ทั้งหมดประมาณร้อยละ 0.7 และ 7 เมื่อคิดต่อน้ำหนักแห้งจะมีค่าโปรตีนและโภชนะย่อยได้สูงถึงร้อยละ 7 และ 70 ตามลำดับ ปกติวัวชอบกินเปลือกสับปะรด ยิ่งเปลือกที่ทิ้งไว้ 2-3 วัน สีออกเป็นน้ำตาลเทา ๆ มีกลิ่นเหม็นเล็กน้อย วัวจะชอบกินมากกว่าเปลือกสด ดังนั้น หากเลี้ยงวัวในแหล่งที่มีโรงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สับปะรด จึงใช้เปลือกสับปะรดเป็นอาหารเลี้ยงวัวได้ทั้งฝูง และวัวขุน โดยนำเปลือกมากองทิ้งไว้อย่างน้อย 24 ชั่วโมง จึงใช้เป็นอาหารเลี้ยงวัวได้

2.1.3 พันธุ์ที่ปลูกมากในประเทศไทย

พันธุ์ที่ปลูกในประเทศไทยแบ่งออกได้เป็น 5 พันธุ์ โดยถือตามลักษณะของต้นที่ได้ขนาดโตเต็มที่ และแข็งแรงสมบูรณ์เป็นบรรทัดฐานดังนี้คือ

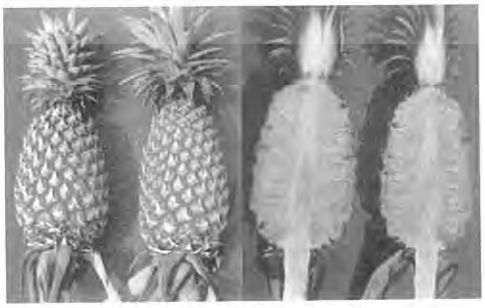
2.1.3.1 พันธุ์ปัตตาเวีย

พันธุ์นี้รู้จักแพร่หลายในนามสับปะรดศรีราชา และชื่ออื่น ๆ เช่น ปราณบุรี, สามร้อยยอด ปลูกกันมากเพื่อโรงงานอุตสาหกรรม แหล่งปลูกที่สำคัญคือประจวบคีรีขันธ์ ชลบุรี เพชรบุรี ลำปาง และการปลูกกันทั่ว ๆ ไป เพื่อขายผลสด เพราะมีรสหวานฉ่ำมีน้ำมาก

ลักษณะทั่ว ๆ ไป

คือ มีใบสีเขียวเข้ม และเป็นร่องตรงกลางผิวใบด้านบนเป็นมันเงา ส่วนใต้ใบจะมีสีออกเทาเงิน ตรงบริเวณกลางใบมักมีสีแดงอมน้ำตาล ขอบใบเรียบมีหนามเล็กน้อยบริเวณปลายใบ กลีบดอกสีม่วงอมน้ำเงิน ผลมีขนาดและรูปทรงต่างกันไป มีน้ำหนักผลอยู่ระหว่าง 2-6 กิโลกรัม แต่โดยปกติทั่วไปประมาณ 2.5 กิโลกรัม เปลือกผลเมื่อดิบสีเขียวคล้ำ เมื่อแก่จัดจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอมส้มทางด้านล่างของผลประมาณครึ่งผล ก้านผลสั้นมีไส้ใหญ่เนื้อเหลืองอ่อนแต่จะเปลี่ยนเป็นสีเข้มในฤดูร้อน รสชาติดี

ภาพที่ 2.1 สับปะรดพันธุ์สิงคโปร์



ภาพที่ 2.2 สับปะรดพันธุ์สิงคโปร์-ปัตตาเวีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3.2 พันธุ์อินทรชิต

เป็นพันธุ์พื้นเมืองที่เก่าแก่ที่สุดในประเทศไทย ปลูกกันกระจัดกระจายทั่วไป แหล่งปลูกที่สำคัญได้แก่จังหวัดฉะเชิงเทรา

ลักษณะทั่ว ๆ ไป

ขอบใบจะมีหนามแหลมร่างโค้งงอสีน้ำตาลอมแดง ใบสีเขียวอ่อนไม่เป็นมัน ขอบใบทั้ง 2 ข้างมีแถบสีแดงอมน้ำตาลตามแนวยาว ใต้ใบจะมีสีเขียวออกขาวและมีวาวออกสีน้ำเงินกลีบดอกสีม่วงเข้ม ผลมีขนาดเล็กกว่าพันธุ์ปัตตาเวีย รสหวานอ่อน มีตะเกียงติดอยู่ ที่ก้านผล เปลือกผลเหนียวแน่นทนทานต่อการขนส่ง เหมาะสำหรับบริโภคสด

2.1.3.3 พันธุ์ขาว

เป็นพันธุ์พื้นเมือง เกษตรนิยมปลูกพันธุ์นี้ร่วมกับพันธุ์อินทรชิต เข้าใจว่าจะกลายพันธุ์มาจากพันธุ์อินทรชิต แหล่งปลูกที่สำคัญคือ ฉะเชิงเทรา

ลักษณะทั่ว ๆ

มีใบสีเขียวอมเหลืองหรือเขียวใบไม้ ทรงพุ่มเตี้ยใบแคบและสั้นกว่าพันธุ์อินทรชิต ขอบใบมีหนามโค้งงอเข้าสู่ปลายใบ โคนกลีบดอกสีม่วงอ่อน ปลายกลีบสีม่วงอมชมพู เนื้อผลสีเหลืองทอง รสหวานอ่อน ผลมักมีหลายจุก คุณภาพของเนื้อไม่ค่อยดีนัก ผลมีขนาดปานกลาง น้ำหนักเฉลี่ย 0.85 กิโลกรัม มีลักษณะเป็นทรงกระบอก มีตาลึกทำให้ผลฟ่ามง่าย

2.1.3.4 พันธุ์ภูเก็ตหรือสวี

ปลูกกันมากในสวนยางจังหวัดภูเก็ต ชุมพร นครศรีธรรมราช และตราด โดยปลูกระหว่างแถวยางรุ่นที่ยังมีอายุน้อยเพื่อเก็บผลขายก่อนกรีดยาง มีชื่ออื่น ๆ อีกเช่น พันธุ์ชุมพร พันธุ์ สวี พันธุ์ตราดสีทอง

ลักษณะทั่ว ๆ ไป

ใบสีเขียวอ่อนและมีแถบสีแดงในตอนกลางและปลายในขอบใบมีหนามสีแดงแคบและยาวกว่าพันธุ์อินทรชิตและ พันธุ์ขาวกลีบดอก สีม่วงอ่อน ผลมีขนาดเล็กกว่าทุกพันธุ์ที่กล่าวมาตาลึกเปลือกหนา เนื้อหวานกรอบสีเหลืองเข้ม เยื่อใยน้อย มีกลิ่นหอม เหมาะสำหรับบริโภคสด เป็นที่นิยมมากในภาคใต้

2.1.3.5 พันธุ์นางแลหรือน้ำผึ้ง

ปลูกมากในจังหวัดเชียงราย

ลักษณะทั่ว ๆ ไป

คล้ายคลึงกับพันธุ์ปัตตาเวีย แต่มีรูปร่างของผลทรงกลมกว่าพันธุ์ปัตตาเวีย ตานูน เปลือก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บางกว่าและรสหวานจัดกว่าพันธุ์ปัตตาเวีย ผลแก่มีเนื้อในสีเหลืองเข้ม มีเยื่อใยน้อยเหมาะสำหรับบริโภคสด เป็นที่นิยมมากในภาคเหนือ ผลมีเปลือกบางมาก ขนส่งทางไกลไม่ดีนัก

ตารางที่ 2.1 ตารางเปรียบเทียบลักษณะที่สำคัญของพันธุ์สับปะรดในไทย

ลักษณะที่ดี	ลักษณะที่ไม่ดี
1. พันธุ์ปัตตาเวีย	
คุณสมบัติในการบรรจุกระป๋อง นับว่าดี	ไม่พบตะเกียง ไม่ทนต่อโรคมาก
ทนทานต่อความแห้งแล้ง และขาดน้ำได้ดี	และต้นเน่าไม่ทนต่อโรคผลแกน
กว่าพันธุ์อื่นๆ ขอบใบเรียบ เนื้อในสีเหลือง	รูปทรงของผลขนาดใหญ่ไม่ดี
เนื้อฉ่ำ รสหวาน	
2. พันธุ์ภูเก็ต	
รูปร่างทรงกระบอกสม่ำเสมอดี รสชาติดี	ผลดีขนาดเล็ก ตาลึก
เนื้อหวานกรอบ มีกลิ่นหอม เนื้อสีเหลือง	เนื้อมีช่องว่างเป็นโพรง ในมีหนามมาก
จัด ตอบสนองสารเร่งดอกได้ดี	หน่อมากเกินไปจนเป็นกอ
การบรรจุกระป๋องไม่ค่อยดีนัก	
3. พันธุ์นางแล	
ผลมีเปลือกบางมาก รสหวานแหลม	ผลมีขนาดเล็ก ทรงกลม
เนื้อมีเยื่อใยน้อยสีเหลืองจัด	ผลย่อยนูนพอง ขนส่งทางไกลไม่ค่อยดี
ขอบใบมักเรียบ	
4. พันธุ์อินทรชิต	
ทนต่อดินเหนียวและการระบายน้ำเลว	ไม่ค่อยทนแล้ง ผลขนาดเล็ก ตาเล็ก
ทนต่อโรคเน่า เปลือกผลหนา	ตาลึกใบหนามาก เนื้อมีเยื่อใยมาก
ทนต่อการขนส่ง เนื้อสีเหลือง	มีหลายจุก
ตอบสนองต่อสารเร่งดอกได้ดี	

การคัดสับปะรดอาจทำการแบ่งออกเป็นเบอร์ต่างๆ โดยดูจากสีของตาได้ดังนี้

No.0 - ตาทุกตาสีเขียวไม่มีเหลือง

No.1 – ตาเหลืองไม่เกิน 20 %

No.2 – ตาเหลืองไม่น้อยกว่า 20 % แต่ไม่เกิน 40%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

No.3 – ตาเหลืองไม่น้อยกว่า 40 % แต่ไม่เกิน 55%

No.4 – ตาเหลืองไม่น้อยกว่า 55 % แต่ไม่เกิน 90%

No.5 – ตาเหลืองไม่น้อยกว่า 90 % แต่ไม่เกิน 90% กว่า 20% ของตาจะมีสีส้ม

No.6 – 20 % -100% ของตาจะมีสีน้ำตาลอมแดง

No.7 – เปลือกสีน้ำตาลอมแดงและแสดงอาการเน่า

คุณค่าทางโภชนาการ

ตารางที่ 2.2 คุณค่าทางโภชนาการในเนื้อสับปะรด 100 กรัม

องค์ประกอบ	**ปริมาณ**	
ความชื้น	84.90	กรัม
พลังงาน	54.0	แคลอรี
ไขมัน	0.30	กรัม
คาร์โบไฮเดรท	14.0	กรัม
เยื่อใย	0.50	กรัม
โปรตีน	0.40	กรัม
ฟอสฟอรัส	8.0	มิลลิกรัม
เหล็ก	0.40	มิลลิกรัม
แคลเซียม	22.0	มิลลิกรัม
ไวตามินเอ	15.0	หน่วยสากล
ไวตามินบี-หนึ่ง	0.09	มิลลิกรัม
ไวตามินบี-สอง	0.04	มิลลิกรัม
ไวตามินซี	17.0	มิลลิกรัม
ไนอะซิน	0.20	มิลลิกรัม

ที่มา : กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์

สมบัติสำคัญที่สุดประการหนึ่งของเซลล์สิ่งมีชีวิต คือ "สามารถควบคุมหรือคัดเลือกสาร" ผ่านเข้าออกเยื่อหุ้มเซลล์ เซลล์สิ่งมีชีวิตจึงดำรงอยู่ได้ โดยมีองค์ประกอบเคมีภายในเซลล์แตกต่างจากสิ่งแวดล้อมภายนอกทั้งชนิดและปริมาณสารเคมี รักษาสภาพเซลล์ให้คงสมบูรณ์อยู่และให้เหมาะสม ต่อการเกิดปฏิกิริยาชีวเคมีต่างๆของเซลล์ซึ่งต้องการสารวัตถุดิบจากภายนอกและมีของเสียเกิดขึ้นที่กำจัดทิ้ง ตลอดจนอาจมีผลผลิตเกิดขึ้นที่จะต้องส่งออกไปนอกเซลล์ เซลล์มีการแลกเปลี่ยนสารกับสิ่งแวด ล้อมแบบคัดเลือกได้เช่นนี้เพราะเยื่อหุ้มเซลล์มีสมบัติเป็นเยื่อเลือกผ่าน (Semi permeable membrane)

2.2.1 ประเภทของการลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์

การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ จำแนกออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

2.2.1.1 การลำเลียงสารโดยผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ แบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ

2.2.1.1.1 การลำเลียงสารผ่านเยื่อหุ้มเซลล์โดยไม่ใช้พลังงานจากเซลล์ (Passive transport) ได้แก่

- การแพร่ (Diffusion) คือ การเคลื่อนที่ของโมเลกุล หรืออิออนของสารโดยอาศัยพลังงานจลน์ในโมเลกุลหรืออิออนของสารเอง ทิศทางการแพร่จะเกิดจากบริเวณที่มีความเข้มข้นสูงไปสู่บริเวณที่มี ความเข้มข้นต่ำเสมอจนในที่สุดบริเวณทั้งสองจะมีความเข้มข้นเท่ากัน ซึ่งเรียกว่า จุดสมดุลของการแพร่ ณ จุดนี้ อัตราการแพร่ไปและกลับมีค่าเท่ากัน จึงมีลักษณะเป็น สมดุลจลน์ (Dynamicequilibrium) การแพร่แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ

- การแพร่ธรรมดา (Simple diffusion) คือ การเคลื่อนที่ของโมเลกุล หรืออิออนของสารเนื่องจากผลต่างความเข้มข้น โดยในการเคลื่อนที่จะอาศัยพลังงานจลน์ในโมเลกุลหรืออิออนของมันเองไม่จำเป็นต้องใช้พลังงานจากเซลล์และไม่อาศัยตัวพาใดๆ ตัวอย่าง เช่น การเคลื่อนที่ของสารละลายชนิดหนึ่งซึ่งอยู่ภายนอกเซลล์โดยมีเยื่อหุ้มเซลล์กั้นขวาง

- การแพร่โดยอาศัยตัวพา (Facilitated diffusion) คือ การแพร่ของโมเลกุลหรืออิออน ของสารโดยอาศัยตัวพา (Carrier) ซึ่งเป็นสารจำพวกโปรตีนที่อยู่ภายในเยื่อหุ้มเซลล์เป็นตัวนำไปโดยไม่ต้องใช้พลังงานจากเซลล

- การออสโมซิส (Osmosis) คือ การเคลื่อนที่ของน้ำผ่านเยื่อเลือกผ่านโดยทิศทางเคลื่อนที่คือน้ำจะเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีความหนาแน่นของน้ำมาก (สารละลายเจือจาง) ไปยังบริเวณที่มีความหนาแน่นของน้ำน้อย(สารละลายเข้มข้น) จนกระทั่งถึงจุดสมดุลเมื่ออัตราการเคลื่อนที่ของน้ำ ผ่านเยื่อเลือกผ่านไปและกลับมีค่าเท่า ๆ กัน ซึ่งการออสโมซิสอาจถือได้ว่า เป็นการแพร่อย่างหนึ่งออสโมมิเตอร์ (Osmometer) คือ เครื่องมือที่ใช้แสดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเกิดออสโมซิส และสามารถใช้วัดแรงดันที่เกิดจากกระบวนการออสโมซิสได้อีกด้วย แรงดันออสโมติก (Osmotic pressure) คือ แรงดันที่ทำให้เกิดออสโมซิสของน้ำแรงดันออสโมซิสของสารละลาย ต่างชนิดกันจะมีค่าแตกต่างกัน เนื่องจากสาเหตุสำคัญคือ ความเข้มข้นของสารละลายนั้นไม่เท่ากัน เพราะจำนวนโมเลกุลหรืออิออนในสารละลายนั้นมีปริมาณไม่เท่ากันนั่นเอง ซึ่งสรุปได้ว่า

1. น้ำบริสุทธิ์มีแรงดันออสโมติกต่ำสุด เนื่องจากไม่มีตัวถูกละลายใดๆ เจือปน

2. สารละลายที่มีความเข้มข้นสูง (ตัวถูกละลายมีจำนวนมาก) จะมีแรงดันออสโมติกสูง ส่วนสารละลายที่มีความเข้มข้นต่ำ (ตัวถูกละลายมีจำนวนน้อย) จะมีแรงดันออสโมติกต่ำ

3. น้ำจะแพร่จากบริเวณที่มีแรงดันออสโมติกต่ำ ไปยังบริเวณที่มีแรงดันออสโมติกสูงเสมอ

แรงดันเต่ง (Turgor pressure) คือ แรงดันที่เกิดขึ้นภายในอันเนื่องมาจากน้ำแพร่เข้าไปซึ่งแรงดันเต่งสูงสุดจะมีค่าเท่ากับแรงดันออสโมติกของสารละลาย นั่นคือ ที่จุดสมดุลของการแพร่

แรงดันเต่งมีค่าสูงสุด = แรงดันออสโมติก

แรงดันเต่งมีความสำคัญมากในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต เพราะทำให้เซลล์สามารถรักษารูปร่างได้ เช่น การรักษารูปร่างลักษณะของเซลล์สัตว์หรือในพืช การที่ใบการเต็มที่ ยอดตั้งตรงดี ใบผักกรอบเนื่องจากภายในเซลล์มีแรงดันเต่งมากนั่นเอง

<u>ประเภทของสารละลายที่เกี่ยวข้องกับการออสโมซิส</u> แบ่งเป็น 3 ประเภท คือ

1. สารละลายไฮเปอร์โทนิก (Hypertonic Solution) คือ สารละลายที่มีความเข้มสูงเมื่อเทียบกับความเข้มข้นของสารละลายภายในเซลล์ ดังนั้น ถ้าเซลล์อยู่ในภาวะที่มีสารละลายไฮเปอร์โทนิก อยู่ล้อมรอบ เยื่อหุ้มเซลล์จะหดตัวและเหี่ยวแฟบลงเนื่องจากมีการสูญเสียน้ำจากเซลล์ เราเรียกกระบวนการแพร่ของน้ำออกมาจากไซโทพลาสซึมและมีผลทำให้เซลล์มีปริมาณเล็กลงนี้ว่า "พลาสโมไลซิส (Plasmolysis)"

2. สารละลายไฮโปโทนิก (Hypotonic Solution) คือ สารละลายที่มีความเข้มข้นต่ำเมื่อเทียบกับความเข้มข้นของสารละลายในเซลล์ ดังนั้นถ้าเซลล์อยู่ในภาวะที่มีสารละลายไฮโปโทนิกล้อมรอบเซลล์จะขยายขนาดหรือมีปริมาตรเพิ่มขึ้น เนื่องจากเกิดการแพร่ของน้ำ จากสารละลายภายนอกเข้าสู่ภายในเซลล์ และทำให้เซลล์เกิดแรงดันเพิ่มขึ้น ดันให้เซลล์ยืดขยายออกไปเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า พลาสมอบไทซิส(Plasmoptysis)

3. สารละลายไอโซโทนิก (Isotonic solution) คือ สารละลายที่มีความเข้มข้นเท่ากับความเข้มข้นของสารละลายภายในเซลล์ ดังนั้นเซลล์ที่อยู่ในภาวะที่มีสารละลายไอโซโทนิกล้อมรอบ จึงไม่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นซึ่งมีความสำคัญมากในสิ่งมีชีวิต โดยเฉพาะการคงรูปร่างของเซลล์สัตว์การที่เม็ดเลือดแดงไหลเวียนอยู่ในน้ำเลือดโดยไม่เหี่ยวแฟบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือพองโตจนแตก เนื่องจากความเข้มข้น ของสารละลายน้ำเลือดเป็นไอโซโทนิกต่อสารละลายภายในเม็ดเลือดแดง นั่นเอง

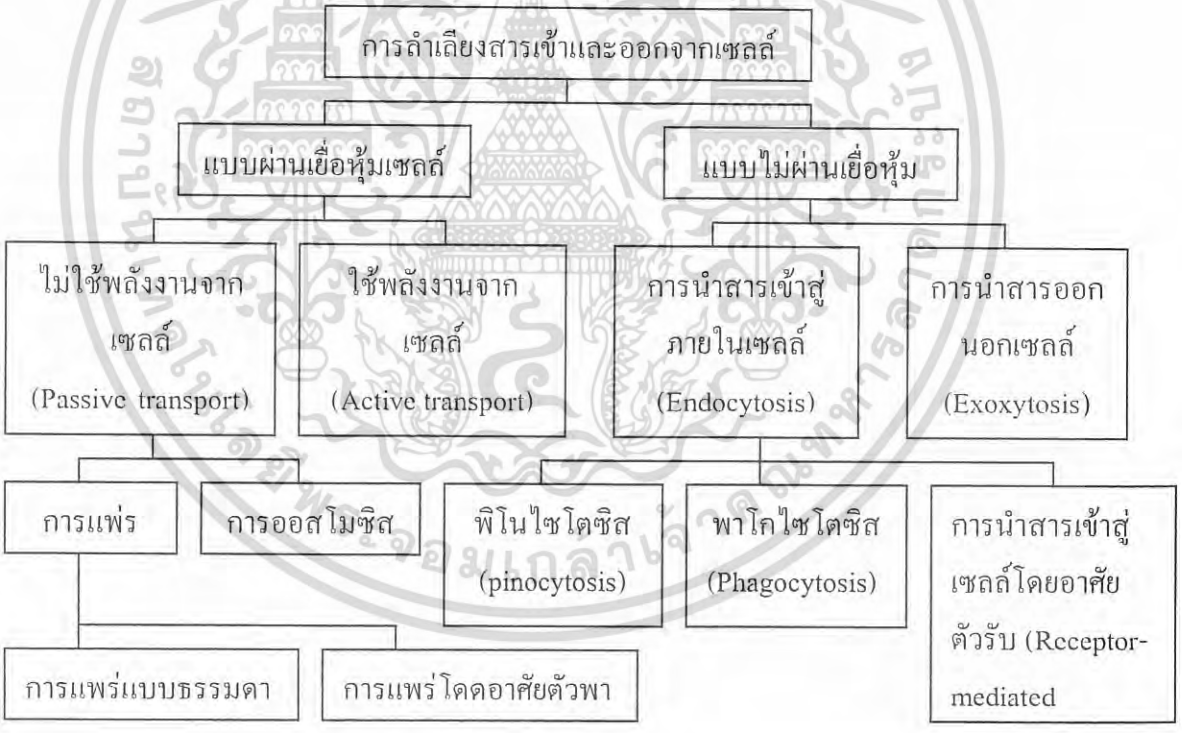
2.2.1.2 การลำเลียงสารผ่านเยื่อหุ้มเซลล์โดยใช้พลังงานจากเซลล์ (Active transport)

2.2.2 การลำเลียงสารไม่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ โดยการสร้างถุงจากเยื่อหุ้มเซลล์ มี 2 ลักษณะ คือ

2.2.2.1 การนำสารเข้าสู่ภายใน (Endocytosis) มี 3 วิธี คือ

- ฟิโนไซโตซิส (Pinocytosis)
- ฟาโกไซโตซิส (Phygocytosis)
- การนำสารเข้าสู่เซลล์โดยอาศัยตัวรับ (Receptor-mediated endocytosis)

2.2.2.2 การนำสารออกนอกเซลล์ (Exocytosis)



ภาพที่ 2.3 แสดงการลำเลียงสารวิธีต่างๆ

2.3 การทำแห้งผลไม้ด้วยวิธีออสโมซิส (Osmotic dehydration)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำแห้งผลไม้ด้วยวิธีออสโมซิสคือกระบวนการแยกน้ำออกจากผลไม้ โดยอาศัยหลักการออสโมซิส ซึ่งเป็นการเคลื่อนย้ายโมเลกุลของน้ำจากสารละลายเจือจางไปยังสารละลายที่เข้มข้นกว่า โดยโมเลกุลของน้ำจะผ่านเยื่อบาง ๆ ที่เรียกว่า เยื่อเลือกผ่าน

2.3.1 การใช้น้ำตาลในระบวนการออสโมซิส

ในกระบวนการทำแห้งผลไม้ด้วยวิธีออสโมซิส นิยมใช้น้ำตาลเป็น osmotic agent ซึ่งน้ำตาลที่ใช้มีหลายชนิด แต่ที่นิยมใช้น้ำตาลซูโครสมากที่สุด เนื่องจากทำให้ผลิตภัณฑ์ผลไม้แช่อิ่มอบแห้งที่มีคุณภาพดี นอกจากนี้น้ำตาลซูโครสยังให้รสหวาน ใช้งานสะดวก ทำให้ผลิตภัณฑ์มีน้ำหนักมากขึ้น หาได้ง่าย และมีราคาถูกกว่าน้ำตาลชนิดอื่น (วันวิสาข์, 2535) นอกจากนี้การใช้น้ำตาลซูโครสในการออสโมซิส ยังสามารถเป็นตัวยับยั้งที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเอนไซม์และช่วยป้องกันการสูญเสียส่วนประกอบของคลิ่นรสที่ระเหยได้ระหว่างการทำแห้งอีกด้วย (Ponting, 1973) การใช้น้ำตาลในกระบวนการออสโมซิสสามารถใช้ได้ใน 2 ลักษณะคือ การใช้น้ำตาลเม็ด (dry sugar) และการใช้สารละลายน้ำตาล (syrup)

การใช้น้ำตาลเม็ดในการทำแห้งผลไม้ด้วยวิธีออสโมซิส ทำได้โดยการโรยน้ำตาลทรายสลับกับผลได้เป็นชั้น ๆ โดยอัตราส่วนระหว่างผลไม้กับน้ำตาลทรายเป็น 1: 1 อาจมีการกวนหรือคลุกเคล้าชิ้นผลไม้กับน้ำตาลเม็ดในระหว่างการออสโมซิสหรือไม่ก็ได้ ซึ่งการคลุกเคล้าชิ้นผลไม้กับน้ำตาลทรายจะทำให้อัตราการออสโมซิสเพิ่มมากขึ้น แต่อาจทำให้ผลไม้เกิดการแตกช้ำได้ถ้าหากการทำการกวนหรือคลุกเคล้ารงเกินไป นอกจากนี้อาจทำการออสโมซิสโดยใช้น้ำตาลเม็ดร่วมกับการให้ความร้อนแก่ฟลูอิดไดส์เบด (fluidized bed) ซึ่งวิธีการนี้จะมีการทำแห้งด้วยขณะที่เกิดการออสโมซิส โดยจะพ่นลมร้อนผ่านทางด้านล่างของอนุภาคของน้ำตาลละผลไม้ ทำให้สามารถลดความชื้นได้อย่างรวดเร็ว และทำเป็นระบบต่อเนื่อง (continuous) ได้ แต่วิธีนี้จะมีค่าใช้จ่ายสูง และเกิดการจับตัวกันเป็นก้อน (caking) ของน้ำตาลรอบ ๆ ชิ้นผลไม้ จึงไม่เป็นที่นิยม เนื่องจากการทำแห้งแบบออสโมซิสโดยใช้น้ำตาลเม็ด มักจะทำให้เกิดรอยบอบช้ำที่ผิวของผลิตภัณฑ์ เพราะถูกน้ำตาลกดทับ ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ผลไม้แช่อิ่มอบแห้งที่มีคุณภาพไม่ดี ดังนั้นจึงนิยมใช้สารละลายน้ำตาลมากกว่า เนื่องจากใช้งานสะดวก สามารถแยกน้ำเชื่อมจากชิ้นผลไม้ได้ง่าย และสามารถนำสารละลายน้ำตาลนี้กลับมาใช้ใหม่ได้อีก (Ponting และคณะ, 1966 ; Torrey , 1974)

การใช้สารละลายน้ำตาลในการออสโมซิส สามารถทำได้โดยการแช่ผลไม้ลงในสารละลายน้ำตาล จนกระทั่งผลไม้มีความหวานตามความต้องการ อาจมีการกวนเพื่อให้สารละลายน้ำตาลมีการเคลื่อนที่ร่วมด้วยหรือไม่ก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การมีใช้น้ำตาลซูโครสในผลิตภัณฑ์ทำให้อัตราส่วนน้ำตาลต่อกรดสูงขึ้น ช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัสและทำให้รงค์วัตถุ (pigment) คงตัวระว่างการอบแห้งและการเก็บรักษา จึงช่วยลดปริมาณการใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ลง (Raoult-Wack และคณะ, 1995)

2.3.2 การถ่ายเทมวลสาร

การทำแห้งแบบออสโมซิสโดยใช้สารละลาย จะทำการแช่ผักผลไม้ลงในสารละลายที่เป็น hypertonic solution (Lerici และคณะ, 1985) เช่น น้ำตาล เกลือ ซอร์บิทอล หรือกลีเซอรอล แต่ผลไม้ส่วนใหญ่จะแช่สารละลายน้ำตาล ทำให้เกิดความแตกต่างของแรกดันออสโมซิส (osmotic pressure) ระหว่างภายในเซลล์ของผักผลไม้และสารละลายภายนอก เกิดเป็นแรงขับ (driving force) ให้มีการถ่ายเทมวลสารระหว่างผักผลไม้และสารละลายภายนอก ดังแสดงในภาพที่ 1 (Torreggiani, 1993) โดยการถ่ายเทมวลสารนี้จะเคลื่อนที่แบบสวนทาง (countercurrent mass transfer) ผ่านเยื่อเลือกผ่าน สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท กล่าวคือ น้ำภายในเซลล์ผลไม้จะแพร่กระจายสู่สารละลายน้ำตาลภายนอก ขณะที่ตัวถูกละลาย (solute) (อ่อนรวี, 2533 ; Raoult-Wack, 1994) แต่เซลล์ของผลไม้ที่แช่ในสารละลายน้ำตาลที่ทำหน้าที่เป็นเยื่อเลือกผ่าน จะยอมให้น้ำซึมผ่านมากกว่าน้ำตาล ดังนั้นน้ำจะแพร่กระจายออกจากเซลล์ได้มากกว่าการแพร่กระจายของน้ำตลเข้าไปในผลไม้ (Islam และ Flink, 1982 ; Lenart และ Flink, 1984 ; Biswal และคณะ, 1991 ; Rahman และ Lamb, 1991 ; Torreggini, 1993) Nanjundaswamy และคณะ (1978) ทดลองการออสโมซิสสับปะรด มะละกอ และแอปเปิ้ล พบว่าภายหลังการออสโมซิส ปริมาณความชื้น ค่าความเป็นกรด (acidity) ของผลไม้จะลดลง ในขณะที่ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของผลไม้จะเพิ่มขึ้น

การถ่ายเทมวลสารระหว่างน้ำตาลนี้ จะดำเนินไปจนกระทั่งถึงจุดสมดุลซึ่งอัตราการถ่ายเทมวลสารระหว่างน้ำและน้ำตาลจะมีค่าคงที่ เป็นผลให้ปริมาณน้ำและน้ำตาลในชิ้นผลไม้และในสารละลายน้ำตาลมีค่าคงที่ด้วย การทำแห้งโดยวิธีออสโมซิสจะทำให้ปริมาณน้ำในชิ้นผลไม้ลดลง เป็นผลให้น้ำหนักของผลิตภัณฑ์ลดลง แต่ปริมาณของแข็งในชิ้นผลไม้จะเพิ่มขึ้น เนื่องจากน้ำตาลแพร่เข้าไปในชิ้นผลไม้ อัตราการถ่ายเทมวลสารระหว่างการออสโมซิสจะขึ้นกับเวลาที่ใช้ในการแช่ผลไม้ในสารละลายน้ำตาล โดยอัตราการถ่ายเทมวลสารจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วใน 2 ชั่วโมงแรกของการออสโมซิส และจะค่อยๆลดลงเรื่อย ๆ จนกระทั่งคงที่เมื่อถึงจุดสมดุล (Torreggiani และคณะ, 1987; Raoult-Wack, 1994) การทำแห้งผลไม้ด้วยวิธารออสโมซิสนี้ นิยมทำเพื่อดึงน้ำออกจากชิ้นผลไม้ประมาณร้อยละ 50 ของน้ำหนักเริ่มต้นเท่านั้น แล้วจึงนำไปอบแห้งด้วยวิธีอื่นต่อไป เพราะถ้าต้องการดึงน้ำออกจากชิ้นผลไม้ในปริมาณมากกว่านี้ จะต้องใช้เวลานานมากจึงไม่เป็นที่นิยม (Moy และคณะ, 1978)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำแห้งด้วยวิธีออสโมซิสมีข้อดีหลายประการ กล่าวคือ ช่วยลดเวลาในการอบแห้งซึ่งเป็นขั้นตอนที่ใช้อุณหภูมิสูง ทำให้ลดการเปลี่ยนแปลงของสี กลิ่นรส และเนื้อสัมผัสของผลไม้เนื่องจากความร้อน จึงเหมาะกับผลไม้ที่ไม่ทนความร้อนเป็นเวลานานในระหว่างการทำแห้งการใช้สารละลายน้ำตาลเป็น osmotic medium จะช่วยให้ผลไม้มีการสูญเสียกลิ่นรสตามธรรมชาติน้อยกว่าการทำแห้งด้วยวิธีอื่น ๆ และความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลรอบชิ้นผลไม้ที่สูงนี้ จะช่วยป้องกันการเกิดสีน้ำตาลของผลไม้ เนื่องจากการทำงานของเอนไซม์ (enzymatic oxidation browning) (Conway และคณะ, 1983 ; Collignan และคณะ, 1992) Bailon (1990) รายงานว่าการใช้วิธีออสโมซิสเป็น pretreatment ก่อนการทำแห้งด้วยวิธีอื่น จะช่วยปรับปรุงคุณภาพของเนื้อสัมผัสของมะม่วงอบแห้งให้ดีขึ้น การทำแห้งแบบออสโมซิสก่อนการทำแห้งแบบระเหิด จะช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัสของแอปเปิ้ล เนื่องจากช่วยป้องกันการเสียหายของเซลล์ในระหว่างการแช่แข็ง (Lee และคณะ, 1967) ในระหว่างการออสโมซิสกรดในผลไม้บางส่วนจะถูกกำจัดออกไปด้วยเป็นผลให้ปริมาณกรดในผลไม้ลดลง ซึ่งเมื่อรวมกับน้ำตาลที่ซึมเข้าไปในเนื้อผลไม้ จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีรสชาติหวานและกลมกล่อมกว่าผลไม้อบแห้งธรรมดา (Islam และ Flink, 1982) ดังนั้นการออสโมซิสจึงมีบทบาทสำคัญในการช่วยปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้ดีขึ้น (Yang และ Manqure, 1992) นอกจากนี้การทำแห้งแบบออสโมซิสยังช่วยลดพลังงานในการทำแห้งผลไม้ลงเนื่องจากมีการดึงน้ำออกจากชิ้นผลไม้ (Beristain และคณะ, 1990 ; Bolin และ Huxsoll, 1993 ; Torregiain, 1993 ; Raoult-Wack, 1994)

2.3.3 ขั้นตอนการทำแห้งผลไม้ด้วยวิธีออสโมซิส

ในขั้นแรกจะเริ่มจากการนำผลไม้ที่มีคุณภาพดีและมีความแก่อ่อนเหมาะสมตามชนิดของผลไม้ กล่าวคือ ถ้าผลดิบเกินไปจะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้ไม่สวย แต่ถ้าสุกเกินไปผลิตภัณฑ์จะมีเนื้อเละ สำหรับสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งนิยมใช้สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียที่เกือบจะสุก เพราะจะให้ผลิตภัณฑ์ที่มีสีเหลืองสวย สามารถหั่นเป็นแว่นได้ง่ายกว่าสับปะรดที่สุกแล้ว (สุรพล, 2532) หลังจากนั้นจึงล้างสิ่งสกปรกที่ติดมากับผิวของผลไม้ด้วยน้ำสะอาด แล้วจึงปอกเปลือกและหั่นผลไม้เป็นชิ้น ขึ้นอยู่กับชนิดของผลไม้ และความต้องการของตลาด นำชิ้นผลไม้ที่ได้ไปลวก (blanching) โดยใช้น้ำร้อนหรือไอน้ำหรือสารละลายอื่น ๆ เช่นสารละลายน้ำตาลหรือสารละลายกรด ขึ้นอยู่กับชนิดของผลไม้ภายในระยะเวลาและอุณหภูมิที่เหมาะสม การลวกเป็นการให้ความร้อนในเวลาสั้น ๆ แก่ผลไม้ เพื่อยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ peroxidase หรือ polyphenol oxidase ที่ทำให้เกิดสีน้ำตาลขึ้นในผลิตภัณฑ์ ภายหลังการลวกแล้วจะต้องทำให้ผลไม้เย็นลงทันทีเพื่อป้องกันการเปลี่ยนแปลงของกลิ่นเนื่องจากความร้อน (Levi และคณะ, 1983)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำชิ้นผลไม้ที่ผ่านการลวกแล้ว มาแช่ในสารละลายน้ำตาลที่มีความเข้มข้นเหมาะสมกับชนิดของผลไม้ ถ้าใช้สารละลายน้ำตาลที่มีความเข้มข้นเริ่มต้นสูงในการแช่อิ่มผลไม้ จะทำให้ผลไม้มีลักษณะเหี่ยวย่นไม่สวยงาม จึงค่อย ๆ เพิ่มความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาล เพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำเร็วเกินไป ซึ่งจะเป็นผลให้ผิวของผลิตภัณฑ์เหี่ยวย่น (เหมาภรณ์, 2530) การแช่ผลไม้ในสารละลายน้ำตาลนี้ จะทำให้เกิดกระบวนการออสโมซิสขึ้น น้ำหนักหรือความชื้นของผลไม้จะลดลงประมาณร้อยละ 50 ของน้ำหนักเริ่มต้น และทำให้ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นรสที่ชวนบริโภค ลังจากการออสโมซิสนี้ผลไม้ยังมีความชื้นสูง ทำให้ไม่สามารถเก็บผลิตภัณฑ์ไว้เป็นเวลานานได้ เนื่องจากจุลินทรีย์ยังสามารถเจริญเติบโตได้ดี จึงจำเป็นต้องลดความชื้นของผลไม้ให้เหลือประมาณร้อยละ 15 – 20 โดยการอบแห้งด้วยวิธีอื่นต่อไป (บุญมา, 2528; อ่อนรวี, 2533 ; Nanjundaswamy และคณะ, 1976 ; Raoult-Wack, 1994) การอบแห้งนี้ยังสามารถทำได้หลายวิธี โดยวิธีที่นิยมกันมากคือการอบแห้งด้วยลมร้อน (hot air drying) (กรุณา, 2535 ; ดุลย์จิรา, 2538 ; Lenart และ Flink, 1984 ; Uddin และคณะ, 1990) นอกจากนี้ยังมีการอบแห้งในสภาพสุญญากาศ (vaccum drying) (Dixon และ Jen, 1977 ; Ramamurthy และคณะ, 1978 ; Lerici และคณะ, 1985) และการอบแห้งแบบระเหิด (freeze drying) (Ponting, 1973 ; Hawkes และ Flink, 1978)

2.3.4 การอบแห้งหลังการออสโมซิสด้วยลมร้อน (Hot air drying)

ภายหลังการออสโมซิสแล้ว ความชื้นของสับปะรดยังไม่ต่ำเพียงพอที่จะทำให้สามารถเก็บผลิตภัณฑ์ไว้นาน ๆ จึงจำเป็นต้องนำสับปะรดที่ผ่านการออสโมซิสนี้ไปอบแห้งด้วยความร้อนต่อ เพื่อปริมาณน้ำให้ต่ำลงถึงระดับที่จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญได้ โดยจะลดความชื้นลงให้เหลือประมาณร้อยละ 15 หรือมีค่า Aw ประมาณ 0.65 ซึ่งค่า Aw หรือ water activity นี้สัมพันธ์กับปริมาณความชื้นที่จุลินทรีย์สามารถใช้ในการเจริญเติบโตได้ ซึ่งจุลินทรีย์แต่ละชนิดจะเจริญเติบโตได้ในอาหารที่มีระดับ Aw แตกต่างกัน ดังนั้นค่า Aw จึงเป็นราเมเตอร์ที่สำคัญที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมความชื้นในอาหาร เพื่อให้อาหารมีความคงตัวในด้านความปลอดภัยจากจุลินทรีย์ (Fennema, 1985)

ค่า Aw คืออัตราส่วนของความดันไอของน้ำในอาหารต่อความดันไอของน้ำบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิเดียวกัน ซึ่งสามารถขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$Aw = P/P_0$$

เมื่อ P คือความดันไอของน้ำในอาหาร

P_0 คือความดันไอของน้ำบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิเดียวกันกับ P

นอกจากนี้ Aw ยังสามารถหาได้จากความชื้นสัมพัทธ์สมดุล (Equilibrium Relative Humidity ; ERH) ซึ่งเป็นความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศรอบ ๆ อาหาร เมื่อความดันไอของน้ำใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อากาศเท่ากับความดันไอของน้ำในอาหาร หรือเมื่อเกิดสภาวะสมดุล (Clarke, 1995) ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$Aw = (\text{Equilibrium Relative Humidity ; ERH}) / 100$$

อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง ผลไม้แต่ละชนิดจะแตกต่างกันไป ขึ้นกับขนาดและรูปร่างของชิ้นผลไม้ ปริมาณน้ำ ความไวต่อความร้อนและปฏิกิริยาต่าง ๆ

ในระหว่างการทำแห้ง น้ำที่อยู่ภายในเนื้อผลไม้จะเคลื่อนที่ออกมาสู่ผิวแล้วระเหยออกไป การเคลื่อนที่ของน้ำออกมาสู่ทีผิว อาจอยู่ในรูปของเหลว หรือในรูปของไอน้ำก็ได้ การเคลื่อนที่ของน้ำในรูปของเหลว จะพาเอาของแข็งที่ละลายน้ำได้ เช่น น้ำตาล และกรดอะมิโนมาสู่ที่ผิวด้วย เมื่อการทำแห้งดำเนินต่อไป ความเข้มข้นของสารดังกล่าวที่ผิวของผลไม้จะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ทำให้ปฏิกิริยาเคมีระหว่างน้ำตาลและกรดอะมิโนเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว และให้สีน้ำตาลที่เรียกว่า Maillard reaction ซึ่งปฏิกิริยานี้จะเกิดขึ้นเร็วที่อุณหภูมิสูง

2.3.5 ปัจจัยที่มีผลต่อการทำแห้งผลไม้ด้วยวิธีออสโมซิส

2.3.5.1 การลวกผลไม้ก่อนการแช่อิ่ม

การลวกผลไม้ก่อนการแช่อิ่มมีผลต่อการถ่ายเทมวลสาร เนื่องจากความร้อนระหว่างการลวก จะทำให้โครงสร้างของเซลล์ผลไม้ที่มีส่วนต้านทานการถ่ายเทมวล โดยทำหน้าที่เป็นเยื่อเลือกผ่าน เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพ คืออ่อนตัวลง สูญเสียคุณสมบัติการเป็นเยื่อเลือกผ่านไป จึงทำให้อัตราการถ่ายเทมวลสารของน้ำในผลไม้และน้ำตาลในสารละลายภายนอกสูงขึ้น จึงสามารถลดเวลาในการออสโมซิสลง (Levi และคณะ, 1983) ระยะเวลาและอุณหภูมิในการลวก ขึ้นอยู่กับชนิดและขนาดของผลไม้ ซึ่งแนะนำว่าควรทำการลวกผลไม้ด้วยไอน้ำที่ 100 องศาเซลเซียส นาน 2 – 5 นาที ขึ้นกับขนาดชิ้นของผลไม้ (Ponting, 1973) สามารถป้องกันการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ polyphenol oxidase ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของการสูญเสียคุณภาพ เช่น มีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีทำให้เกิดกลิ่นรสที่ไม่ต้องการ การสูญเสียคุณค่าทางอาหาร และการเกิดเม็ดสี นอกจากนี้การลวกที่เหมาะสมยังช่วยปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัส เพื่อเพิ่มอัตราการแพร่ของน้ำตาลเข้าสู่เนื้อสับปะรดในระหว่างกระบวนการแช่อิ่มด้วย (รุ่งนภา, 2538; Ponting, 1973) ดังนั้นการลวกที่สั้นหรือนานเกินไปจะมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เช่น ทำให้เกิดสีผิดปกติ หรือทำให้เนื้อสัมผัสนิ่มเละ การลวกจะช่วยรักษาสีของผลไม้ให้คงที่ตามต้องการ ส่วนใหญ่จะนยมใช้น้ำร้อนหรือไอน้ำร้อน นอกจากนี้ยังสามารถทำการลวกในสารละลายื่น ๆ เช่น สารละลายแอสคอร์บิค (Bolin และ Hxsoll, 1993) หรือสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (Sodium Metabisulpite) (Ramamurthy และคณะ, 1978) หรือลวกด้วยสารละลายน้ำเชื่อม ซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การลวกผลไม้ด้วยวีต่าง ๆ กันนี้ จะมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในด้านปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ความชื้น วิตามิน และกลิ่นรส

2.3.5.2 การเคลื่อนที่ของสารละลายน้ำตาล

ในการออสโมซิส ถ้าหากสารละลายมีการเลื่อนที่ด้วยการกวน (string) หรือการใช้ปั๊ม (pump) จะเป็นผลให้อัตราการออสโมซิสสูงขึ้น ทำให้อัตราการสูญเสียน้ำของชั้นเนื้อผลไม้เพิ่มขึ้น การกวนเป็นผลให้สัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลสาร (mass transfer coefficient) มีค่าเพิ่มขึ้น (Hawkws และ Flink, 1978) เนื่องจากขณะที่ทำการออสโมซิส น้ำที่มีอยู่ในชิ้นผลไม้จะไหลออกมายังบริเวณสายละลายภายนอก ทำให้บริเวณรอบ ๆ ชิ้นผลไม้มีความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลเจือจางกว่าบริเวณอื่น การกวนจะทำให้สารลายน้ำตาลเกิดการเคลื่อนที่ เกิดการกระจายความเข้มข้นของสารละลายนอกรอบชิ้นผลไม้ให้มีความสม่ำเสมอกัน ทำให้ชิ้นผลไม้ได้สัมผัสกับความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลที่สูงตลอดเวลา เป็นผลให้อัตราการเกิดออสโมซิสเร็วกว่าในสารละลายที่ไม่มีการเคลื่อนที่ (Ponting, 1973 ; Baldy และคณะ, 1976 ; Moy และคณะ, 1978; Bolin และคณะ, 1983 ; Bolin และ Huxsoll, 1993 ; Sarel และคณะ, 1994) การกวนสารละลายน้ำตาลให้เคลื่อนที่นี้ควรทำเบา ๆ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหายหรือบอบช้ำ

2.3.5.3 อัตราส่วนระหว่างผลไม้และสารละลายน้ำตาล

การใช้อัตราส่วนระหว่าผลไม้และสารละลายน้ำตาลเพิ่มขึ้น จะมีผลให้อัตราการสูญเสียน้ำและอัตราการเพิ่มขึ้นของน้ำตาลมากขึ้นด้วย Lenart และ Flink (1984) ทดลองใช้อัตราส่วนระหว่างผลไม้และสารละลายน้ำตาลความเข้มข้น 60.6 บริกซ์ ตั้งแต่ 1 : 1 จนถึง 1 : 10 (น้ำหนัก / น้ำหนัก) ในการออสโมซิสที่ 21 องศาเซลเซียส นาน 20 ชั่วโมง พบว่าเมื่ออัตราส่วนระหว่างผลไม้ละสารละลายน้ำตาลเพิ่มขึ้น อัตราการสูญเสียน้ำ จะเพิ่มขึ้นจากร้อยละ (โดยน้ำหนัก) 13.0 เป็น 16.9 เนื่องจากเมื่ออัตราส่วยระหว่างผลไม้และสารละลายน้ำตาลเพิ่มขึ้น น้ำที่ซึมออกจากชิ้นผลไม้มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารละลายเพียงเล็กน้อย เพราะมีสารละลายน้ำตาลปริมาณมาก ดังนั้นความแตกต่างระหว่างปริมาณน้ำในเซลล์ผลไม้ และสารละลายภายนอกจึงมีค่าสูงอยู่ตลอกเวลา ทำให้เกิดการถ่ายเทมวลมาก อัตราการออสโมซิสจึงเร็วกว่าการใช้สารละลายน้ำตาลปริมาณเล็กน้อย (Bongirwar และ Sreeivasan, 1977) อัตราส่วนระหว่างผลไม้และสารละลายน้ำตาลที่นิยมใช้จะแตกต่างกันไปตามชนิดของผลไม้ อย่างไรก็ตามการใช้สารละลายน้ำตาลปริมาณมากจะทำให้ค่าใช้จ่ายสูง และยังมีปัญหาเรื่องการจัดการกับสารละลายภายหลังการออสโมซิสอีกด้วย ดังนั้นถ้าสามารถลดอัตราส่วนระหว่างผลไม้และสารละลายน้ำตาลให้น้อยลง ก็จะทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายน้อยลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

96828

2.3.5.4 ความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาล

การเลือกใช้ความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลจะมีความสำคัญมาก เนื่องจากมีผลต่อการสูญเสียน้ำของผลิตภัณฑ์ โดยจะมีต่อค่า water activity ความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลซูโครสที่ใช้ส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วงตั้งแต่ 30 – 70 บริกซ์ แตกต่างกันตามชนิดของผลไม้ (Bailon, 1990) ถ้าความเข้มข้นของสารละลายยิ่งมากขึ้น อัตราการสูญเสียน้ำจะมาก เป็นผลให้อัตราการออสโมซิสเร็วขึ้นด้วย Beristain และคณะ (1990) ทดลองเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลจาก 50 เป็น 60 และ 70 บริกซ์ที่ 30 องศาเซลเซียส พบว่าเวลาสับปะรดที่สูญเสียน้ำ (Water loss) ไปร้อยละ 2 คือ 170 130 และ 110 นาทีตามลำดับ สอดคล้องกบผลการทดลองของจิราภรณ์ (2536) ที่รายงานว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลให้สูงขึ้น ทำให้อัตราการถ่ายเทมวลสารระหว่างน้ำในสับปะรดกับน้ำตาลในสารละลายภายนอกสูงขึ้นด้วย นอกจากนี้ยังมีการทดลองเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลในการออสโมซิสแอปเปิ้ล (Contreras และ Smyrl, 1981) มะม่วง (Baldry และคณะ, 1976) ผลกีวี่ (Robbers และคณะ, 1997) และขนุน (Christian, 1991) ซึ่งแสดงว่าผลไม้มีการสูญเสียน้ำมากขึ้น เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาล เนื่องจากสารละลายน้ำตาลซูโครสที่มีความเข้มข้นสูง จะทำให้เกิดแรงดันออสโมซิกสูงกว่าสารละลายน้ำตาลที่มีความเข้มข้นต่ำ (Ravindran, 1989 ; Saurel และคณะ, 1994) แต่ไม่ควรใช้สารละลายน้ำตาลที่มีความเข้มข้นมากกว่า 70 องศาบริกซ์ เนื่องจากสารละลายจะมีความหนืดสูงเกินไป ทำให้การถ่ายเทมวลสารละลงและทำให้ไม่สะดวกในระหว่างการแช่อิ่ม (Farkas และ Lazar, 1969 ; Bongirwar และ Sreenivansan, 1977)

2.3.5.5 อุณหภูมิของสารละลาย

ส่วนอุณหภูมิของสารละลายมีผลต่อการออสโมซิส กล่าวคือ เมื่ออุณหภูมิของสารละลายเพิ่มขึ้นจาก 30 เป็น 40 และ 50 องศาเซลเซียส จะทำให้เวลาในการออสโมซิสจนถึงจุดสมดุลของสับปะรดลดลงจาก 350 เป็น 210 และ 120 นาที ตามลำดับ (Beristain และคณะ, 1990) ดุลย์จิรา (2538) ทดลองทำการเพิ่มอุณหภูมิของสารละลายน้ำตาลที่ใช้ออสโมซิสสับปะรดจาก 50 เป็น 60 และ 70 องศาเซลเซียส พบว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น อัตราการสูญเสียน้ำจะเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 35.75 เป็น 39.46 แบะ 40.58 ตามลำดับ และอัตราการเพิ่มขึ้นของน้ำตาลในสับปะรดจะเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 15.39 เป็น 18.70 และ 21.35 ตามลำดับ เช่นเดียวกับการทดลองของจิราภรณ์ (2536) ในการออสโมซิสสับปะรดที่ 30 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส พบว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นสัมประสิทธิ์การแพร่จะเพิ่มขึ้น ทำให้อัตราการแพร่ของน้ำและน้ำตาลเพิ่มขึ้นด้วย สุธีรา (2540) ทดลองเพิ่มอุณหภูมิของสารละลายน้ำตาล ร่วมกับการทำให้สารละลายน้ำตาลเคลื่อนที่แบบจังหวะทุก ๆ 30 นาทีพบว่าการเพิ่มอุณหภูมิของสารละลายน้ำตาลเป็น 60 องศา-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซลเซียส สามารถลดเวลาในการออสโมซิสให้เหลืองเพียง 5 ชั่วโมง ในขณะที่ถ้าทำการออสโมซิสโดยทำให้น้ำตาลเคลื่อนที่แบบจังหวะทุก ๆ 30 นาที ในอุณหภูมิห้อง จะใช้เวลาในการออสโมซิส 15 ชั่วโมง ส่วนผลการทดลองของ Rahman และ Lamb (1990) พบว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิของสารละลายน้ำตาลในการออสโมซิสสับปะรดเพิ่มขึ้น อัตราการสูญเสียน้ำของสับปะรดจะเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังมีการทดลองในแอปเปิ้ลของ Contreras และ Smyrl (1981) และ Conway และคณะ (1983) ในมะม่วงของ Baldry และคณะ (1976) ในผลกีวีของ Robbers และคณะ (1997) และในขนุนของ Christian (1991) ทดลองเพิ่มอุณหภูมิของสารละลายน้ำตาลร่วมกับการทำให้สารละลายน้ำตาลเคลื่อนที่แบบจังหวะทุกๆ 30 นาที พบว่าการเพิ่มอุณหภูมิของสารละลายน้ำตาลเป็น 60 องศาเซลเซียส สามารถลดเวลาในการออสโมซิสให้เหลือเพียง 5 ชั่วโมง ในขณะที่ทำการออสโมซิสโดยทำให้น้ำตาลเคลื่อนที่แบบจังหวะทุกๆ 30 นาที ในอุณหภูมิห้อง จะใช้เวลาในการออสโมซิส 15 ชั่วโมง ส่วนผลการทดลองของ Rahman และ Lamb (1990) พบว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิของสารละลายน้ำตาลในการออสโมซิสสับปะรดเพิ่มขึ้น อัตราการสูญเสียน้ำของสับปะรดจะเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังมีการทดลองในแอปเปิ้ลของ Contreras และ Smyrl (1981) และ Conway และคณะ (1983) ในมะม่วงของ Blaldry และคณะ (1976) ในผลกีวีของ Robbers และคณะ 1997) และในขนุนของ Christain (1991) ซึ่งให้ผลการทดลองสอดคล้องกัน เนื่องจากสารละลายน้ำตาลที่มีอุณหภูมิสูงจะทำให้โครงสร้างของผลไม้บางส่วนเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพไป กล่าวคือ ทำให้เซลล์เมมเบรนอ่อนตัวลง คุณสมบัติการเป็นเยื่อเลือกผ่านจึงเสียไป ทำให้อัตราการแพร่กระจายของน้ำและน้ำตาลเร็วกว่าการใช้อุณหภูมิต่ำ ทำให้ถึงจุดสมดุลเร็วขึ้น นอกจากนี้การเพิ่มอุณหภูมิจะลดความหนืดของสารละลายลดลง ทำให้การเคลื่อนที่ของน้ำและน้ำตาลสะดวกขึ้น จึงเกิดการออสโมซิสได้ดี (Bongirwar และ Sreenivanas, 1977) แต่การเพิ่มอุณหภูมิของสารละลายน้ำตาลจะมีข้อจำกัดเนื่องจากมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ Ponting และคณะ (1996) รายงานว่าไม่ควรใช้สารละลายน้ำตาลซูโครสที่อุณหภูมิสูงกว่า 49 องศาเซลเซียส เพราะจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีและกลิ่นรสในแอปเปิ้ลขึ้น ในขณะที่ Videv และคณะ (1990) รายงานว่าไม่ควรใช้สารละลายน้ำตาลซูโครสที่อุณหภูมิสูงกว่า 50 องศาเซลเซียสในการแช่อิ่มแอปเปิ้ล ส่วน Farkas และ Lazar (1969) รายงานว่าควรใช้สารละลายน้ำตาล 70 บริกซ์ ทีอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส สำหรับการแช่อิ่มแอปเปิ้ลจะเหมาะสมที่สุด

2.3.5.6 รูปร่างและขนาดของผลไม้

รูปร่างและขนาดของผลไม้มีผลต่อการถ่ายเทมวลสารเช่นกัน เนื่องจากมีผลต่ออัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวสัมผัสต่อปริมาตร ถ้าอัตราส่วนนี้มีค่าสูง จะทำให้น้ำในชิ้นผลไม้แพร่ออกมาสู่สารละลายน้ำตาลภายนอกได้เร็วและมาก แต่ถ้าอัตราส่วนของพื้นที่ผิวสัมผัสต่อปริมาตรมีค่าน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะทำให้อัตราการสูญเสียน้ำเกิดได้น้อย (อ่อนรวี, 2533) จิราภรณ์ (2536) ทดลองออสโมซิสสับปะรดที่มีรูปร่างและขนาดต่างกัน คือเป็นแว่นหนา 1.2 เซนติเมตร และรูปสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ขนาด 1.5 เซนติเมตร x 1.5 เซนติเมตร x 1.5 เซนติเมตร พบว่าการสูญเสียน้ำและการเพิ่มขึ้นของน้ำตาลในชิ้นสับปะรดจะแตกต่างกัน Giangiocomo และคณะ(1987) รายงานว่าพืชที่หั่นเป็นชิ้นหนาประมาณ 2 เซนติเมตร จะมีอัตราการเปลี่ยนแปลงของอัตราการถ่ายเทมวลสารมากกว่าเชอร์รี่ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยประมาณ 1.8 เซนติเมตร เนื่องจากพืชมีอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวสัมผัสต่อปริมาตรมากกว่า Lerici และคณะ(1985) รายงานว่าแอปเปิ้ลที่เป็นรูปแว่น (ring) จะมีอัตราการสูญเสียน้ำ (water loss) มากที่สุดในขณะที่รูปร่างสี่เหลี่ยมลูกเต๋า (cube) จะมีอัตราการเพิ่มขึ้นของน้ำตาล (solid gain) มากที่สุด Contreras และ Smyrl (1981) รายงานว่าแอปเปิ้ลที่หั่นเป็นแว่นหนา 0.5 เซนติเมตร จะมีการลดลงของน้ำหนัก (weight reduction) มากกว่าชิ้นที่มีความหนา 1 เซนติเมตร เพราะในชิ้นที่บางกว่าจะมีระยะทางที่น้ำจะเคลื่อนที่ออกจากจุดศูนย์กลางไปยังพื้นผิวหน้าของผลไม้สั้นกว่า ส่วนการทำมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งพบว่าการหั่นเป็นชิ้น (slice) ทำให้อัตราการสูญเสียน้ำของชิ้นมะม่วง (water loss) สูงที่สุด รองลงมาคือแบบสี่เหลี่ยมลูกเต๋า (cube) และชิ้นแบบครึ่งผล (halves) ตามลำดับ (Bailon, 1990)

2.3.5.7 ชนิด พันธุ์และความสุกของผลไม้

ชนิดของผลไม้ พันธุ์ และความสุกมีผลต่อการถ่ายเทมวลสาร เนื่องจากการถ่ายเทมวลสารระหว่างน้ำและน้ำตาล จะขึ้นกับองค์ประกอบทางเคมีและโครงสร้างของผนังเซลล์ (cell wall) และเซลล์เมมเบรน (cell membrane) ของผลไม้ ผลไม้บางชนิดจึงใช้เวลาสั้นแต่บางชนิดจะใช้เวลานาน สับปะรดสามารถทำการแช่อิ่มได้เร็วกว่ามะละกอและมะม่วง ผลไม้ชนิดเดียวกันแต่ต่างพันธุ์ จะมีอัตราการสูญเสียน้ำหนักระหว่างออสโมซิสต่างกัน (Nanjundaswamy และคณะ, 1976) และทำให้ผลิตภัณฑ์ผลไม้แช่อิ่มอบแห้งที่ได้มีคุณภาพแตกต่างกันด้วย (Torregiani และคณะ, 1987) บุญมา (2528) รายงานว่ามะม่วงแก้วมีความเหมาะสมกับการแช่อิ่มอบแห้งมากกว่ามะม่วงพิมเสนเพราะมะม่วงพิมเสนมีเนื้อสัมผัสนุ่มเกินไป ทำให้ผู้บริโภคชอบน้อยกว่าการใช้มะม่วงแก้ว นอกจากนี้ความแก่อ่อนของผลไม้ก็มีผลต่อการถ่ายเทมวลสาร โดยผลไม้ที่สุกหรือแก่จะมีอัตราการถ่ายเทมวลสารเร็วกว่าผลไม้ที่อ่อน แต่ถ้าผลไม้ที่แก่เกินไปจะทำให้เนื้อสัมผัสเละมาก ไม่น่ารับประทาน (อ่อนรวี, 2533)

2.4 สารให้ความหวาน

สารให้ความหวานเป็นวัตถุเจือปนอาหารที่สำคัญชนิดหนึ่งในผลิตภัณฑ์ผลไม้ โดยสารให้ความหวานในผลิตภัณฑ์ผลไม้แช่อิ่มอบแห้งที่สำคัญมี 3 ชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

21050

2.4.1 น้ำตาลทรายหรือน้ำตาลซูโครส

น้ำตาลทรายเป็นสารให้ความหวานที่สำคัญที่ผลิตได้จากอ้อยหรือหัวบีท สารละลายของน้ำตาลทรายจะมีจุดอิ่มตัวที่ประมาณ 68% ถ้ามีการใช้น้ำตาลทรายชนิดเดียวจะไม่สามารถเพิ่มความเข้มข้นของน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ให้สูงกว่า 68% ได้ซึ่งที่ความเข้มข้นของน้ำตาลระดับนี้ ยังไม่สามารถ ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ ดังนั้นในกระบวนการแช่อิ่ม จึงจำเป็นต้องมีการป้องกันการตกผลึกของน้ำตาลเพราะต้องใช้น้ำตาลมากถึง 70% ซึ่งทำได้โดยการเติมสารเคมีที่เรียกว่า "ดอกเตอร์" เช่นกรดน้ำส้ม(น้ำส้มสายชู) , กรดซิตริก(กรดมะนาว) และกรดทาร์ทาริกเป็นต้น หรืออาจมีการใช้สารให้รสหวานชนิดอื่นเพิ่ม ไปกับการใช้น้ำตาลทราย โดยที่นิยมใช้น้ำตาลอินเวอร์ทและน้ำเชื่อมซูโครส สำหรับการใช้กรดเพื่อป้องกันการตกผลึกของน้ำตาลซูโครสอาจได้ผลไม่แน่นอน เพราะไม่สามารถควบคุมปริมาณน้ำตาลอินเวอร์ท ที่เกิดขึ้นได้แน่นอน อัตราการเปลี่ยนน้ำตาลซูโครสเป็นน้ำตาลอินเวอร์ทจะขึ้นกับความเป็นกรดด่างและอุณหภูมิ โดยอัตราเร็วจะเพิ่มขึ้นประมาณ 25% เมื่อความเป็นกรดด่างลดลง 0.1 และอัตราเร็วจะเพิ่มเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

2.4.2 น้ำตาลอินเวอร์ท (Invert Sugar)

น้ำตาลอินเวอร์ทเป็นของผสมซึ่งได้จากการนำน้ำตาลทรายมาทำให้แตกตัวด้วยกรดประกอบด้วยกลูโคสและฟรุคโตส นิยมนำมาใช้เตรียมน้ำเชื่อมรวมกับน้ำตาลทราย เพื่อเพิ่มความเข้มข้นของน้ำเชื่อมให้สูงกว่า 68% โดยไม่เกิดผลึก ปริมาณน้ำตาลอินเวอร์ทที่จะใช้ขึ้นกับความเข้มข้นของน้ำเชื่อมที่ต้องการเตรียม คือถ้าต้องการเตรียมน้ำเชื่อมที่มีความเข้มข้นน้ำเชื่อมเพิ่มขึ้นจะต้องใช้ปริมาณน้ำตาลอินเวอร์ทเพิ่มขึ้นด้วย ปริมาณน้ำตาลอินเวอร์ทที่นิยมใช้เตรียมน้ำเชื่อมความเข้มข้นต่างๆสำหรับกระบวนการแช่อิ่ม แสดงในตารางดังนี้

ตารางที่ 2.3 ปริมาณน้ำตาลอินเวอร์ทที่ใช้เตรียมน้ำเชื่อมความเข้มข้นต่างๆสำหรับกระบวนการแช่อิ่ม

ความเข้มข้นของน้ำเชื่อม(%)	ปริมาณน้ำตาลอินเวอร์ท(%)
65	3-43
68	11-38
70	20-36
72	28-34

ที่มา : กิตติพงษ์ (2535)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
ทองสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
จุฬาลงกรณ์เทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

นอกจากการช่วยป้องกันการตกผลึกแล้วน้ำตาลอินเวอร์ทยังช่วยให้เนื้อสัมผัสของผลไม้ไม่แห้ง เหนียวหรือแข็งจนเกินไปอีกด้วย

2.4.3 น้ำเชื่อมกลูโคส (glucose syrup)

เป็นของเหลวข้นที่ประกอบด้วยกลูโคส มอลโตสและเด็กซ์ตริน ผลิตจากแป้งโดยการสลายตัวด้วยกรดหรือเอนไซม์แต่ส่วนประกอบที่แท้จริงจะเป็นอะไรนั้นขึ้นอยู่กับเวลา อุณหภูมิ pH และเอนไซม์ที่ใช้

หน้าที่ของน้ำเชื่อมกลูโคส คือป้องกันการตกผลึกของซูโครส โดยปริมาณที่ใช้คือ 35-50 % ของปริมาณน้ำตาลซูโครส โดยมีข้อดีคือผลิตภัณฑ์จะมีความหวานมากว่าการใช้น้ำตาลซูโครส และยังช่วยให้ลักษณะผิวของผักหรือผลไม้แช่อิ่มแห้งดีกว่าการใช้น้ำตาลอินเวอร์ทแต่ถ้าใช้มากเกินไปผิวของผลิตภัณฑ์จะเหนียวเหนอะหนะแฉะและไม่น่ารับประทาน

2.5 การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล

อาหารและผลิตภัณฑ์อาหารมากมายหลายชนิดมีปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์ (enzymatic browning reaction) และปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่มีเอนไซม์ (nonenzymatic browning reaction) ที่เกิดขึ้นในระหว่างแปรรูปและเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลมีทั้งผลดีและผลเสียต่อคุณภาพของอาหาร

ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลในอาหารเป็นปฏิกิริยาทางเคมีที่สลับซับซ้อน เพราะไม่ได้เป็นปฏิกิริยาปฐมภูมิ (primary reaction) แต่เป็นปฏิกิริยาทุติยภูมิ (secondary reaction) หลาย ๆ ปฏิกิริยา ที่เกิดขึ้นร่วมกันและให้สารสีน้ำตาลที่แปรผันไปตามชนิดของอาหาร ถึงแม้จะเป็นอาหารชนิดเดียวกันก็ตาม ตัวอย่างเช่น การปอกมันฝรั่งจะเกิดปฏิกิริยาที่เร่งด้วยเอนไซม์ทำให้เกิดเป็นสีแดง น้ำตาล หรือดำก็ได้ หรือเห็ดจะเกิดปฏิกิริยาที่เร่งด้วยเอนไซม์เปลี่ยนเป็นสีชมพูน้ำตาล เทา ม่วง หรือดำก็ได้เช่นกัน ปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงเป็นสีน้ำตาลนี้ยังอาจเกิดขึ้นได้ในวัตถุดิบที่มีการเติมวิตามินซีหรือกรดแอสคอร์บิค ซึ่งจะถูกออกซิไดส์ไปเป็น กรดดีไฮโดรแอสคอร์บิคแล้วทำปฏิกิริยาต่อกับกรดอะมิโน แล้วทำให้เกิดสีน้ำตาลได้ โดยอาศัยปฏิกิริยาที่ไม่มีเอนไซม์เป็นตัวเร่ง เรียกว่า ปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction)

การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล สามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิดคือ

2.5.1 ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่อาศัยเอนไซม์ (Nonenzymatic browning reaction) สามารถจำแนกได้เป็น 2 แบบคือ

2.5.1.1 การเกิดปฏิกิริยาคาราเมลไลเซชัน (Caramelization)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นการใช้ความร้อนสูงสลายโมเลกุลของน้ำตาลให้แยกออก (thermolysis) และเกิดพอลิเมอร์ไลเซชันของสารประกอบคาร์บอน ได้เป็นสารสีน้ำตาล ปฏิกิริยานี้สารเริ่มต้นจะเป็นน้ำตาลเท่านั้น เช่นการเผาไหม้น้ำตาลซูโครสที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส น้ำจะถูกกำจัดออกไปจากโมเลกุลของน้ำตาลซูโครสโดยปฏิกิริยาดีไฮเดรชัน สารประกอบที่เกิดขึ้นใหม่จะมีพันธะคู่ และเป็นวงแหวน (anhydro ring) มีความหนืดข้น รสขม และมีสีเข้มขึ้น ซึ่งจะผันแปรตามระยะเวลาและระดับอุณหภูมิที่ใช้

เมื่อน้ำตาลอยู่ในรูปสาละลายน้ำ การเกิดปฏิกิริยานี้จะขึ้นกับความเข้มข้นของน้ำตาล พีเอช และอุณหภูมิ เมื่อสารละลายมีความเข้มข้นสูงขึ้น หรือสารละลายมีค่าพีเอชต่ำ จะเริ่มต้นการเปลี่ยนแปลงโดยเกิดสารประกอบประเภทน้ำตาลแอนไฮไดรด์ (sugar abhydrides) เช่น 1,6-แอนไฮโดร-บีตา-กลูโคสหรือ ลีโวกลูโคแซน (levoglucosan)

2.5.1.2 การเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction)

เมื่อน้ำตาลแอลโดสหรือคีโตส ซึ่งเป็นน้ำตาลรีดิวซิงได้รับความร้อนในภาวะที่มีน้ำ (Aw > 0.2) กับเอมีน จะทำให้เกิดสารประกอบต่าง ๆ มากมายหลายชนิดซึ่งมีผลต่อสี กลิ่น และรสชาติของอาหาร และอาจเป็นที่พึงประสงค์หรือไม่พึงประสงค์ก็ได้ ปฏิกิริยาเหล่านี้จะเกิดขึ้นขณะทอด อบ ปิ้ง ย่าง หรือระหว่างเก็บรักษาอาหาร น้ำตาลรีดิวซ์จะทำปฏิกิริยากับหมู่อะมิโนในโมเลกุลของแอมโมเนีย กรดอะมิโนและโปรตีน ได้เป็นไกลโควิลเอมีน และจะเกิดปฏิกิริยาต่อเนื่องจนได้สารสีน้ำตาล

ออกซิเจนไม่มีผลต่อปฏิกิริยาเมลลาร์ด นอกเสียจากออกซิเจนจะช่วยออกซิไดส์สารอื่นให้เป็นรูปที่ไวต่อปฏิกิริยา ดังนั้นการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลจึงเกิดได้ในภาวะที่ไม่มีออกซิเจน ส่วนแร่ธาตุที่มีผลต่อปฏิกิริยาเมลลาร์ดได้แก่ ไอออนทองแดง เหล็ก และสังกะสี

อย่างไรก็ตามถึงแม้ปฏิกิริยาเมลลาร์ดนี้ไม่พึงประสงค์ให้เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์อาหารบางชนิด เพราะทำให้คุณค่าทางอาหารต่ำลง แต่ก็มีผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิดที่ต้องการให้เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดนี้ เพื่อให้อาหารนั้นมีสี กลิ่นและรสชาดดี เช่น ผลิตภัณฑ์ขนมอบต่างๆ อาหารขบเคี้ยว นัท เนื้ออบ และบาร์บีคิว

2.5.1.3 การควบคุมปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่ใช้เอนไซม์ สามารถทำได้โดยใช้วิธีการต่างๆดังนี้

1. การกำจัดซับสเตรตของปฏิกิริยา ซึ่งน้ำตาลกลูโคสเกิดปฏิกิริยาได้ค่อนข้างช้ากว่าน้ำตาลชนิดอื่น และสามารถกำจัดน้ำตาลกลูโคสได้โดยออกซิไดส์ให้เป็นกรดกลูโคนิกด้วยเอนไซม์กลูโคออกซิเดส การเก็บรักษามันฝรั่งไว้ระยะเวลาหนึ่งจะช่วยให้ลดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ลงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การล้างช่วยลดปริมาณน้ำตาลและกรดอะมิโนออกไปจากผิวนอกได้

3. รักษาสภาวะการแปรรูปอาหารให้มีอุณหภูมิต่ำที่สุด

4. ควบคุม Aw คือลดปริมาณน้ำในอาหารให้น้อยลงหรือเพิ่มปริมาณน้ำให้มากจนทำให้ ซับสเตรตเจือจาง

5. การควบคุมพีเอช

6. ใช้ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ซึ่งจะไปทำปฏิกิริยากับ degradation product ของอะมิโนซูการ์ ป้องกันไม่ให้เกิดพอลิเมอร์ไรเซชันเป็นเมลานอยดิน

7. การใช้สารเคมีช่วยยับยั้งการทำหน้าที่ของหมู่คาร์บอนิลอิสระ เช่น ใช้สารประกอบ ซัลไฟต์ คือ โซเดียมและโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ ซึ่งจะไปยับยั้งการรวมตัวกันของสารประกอบ คาร์บอนิลกับเอมีน

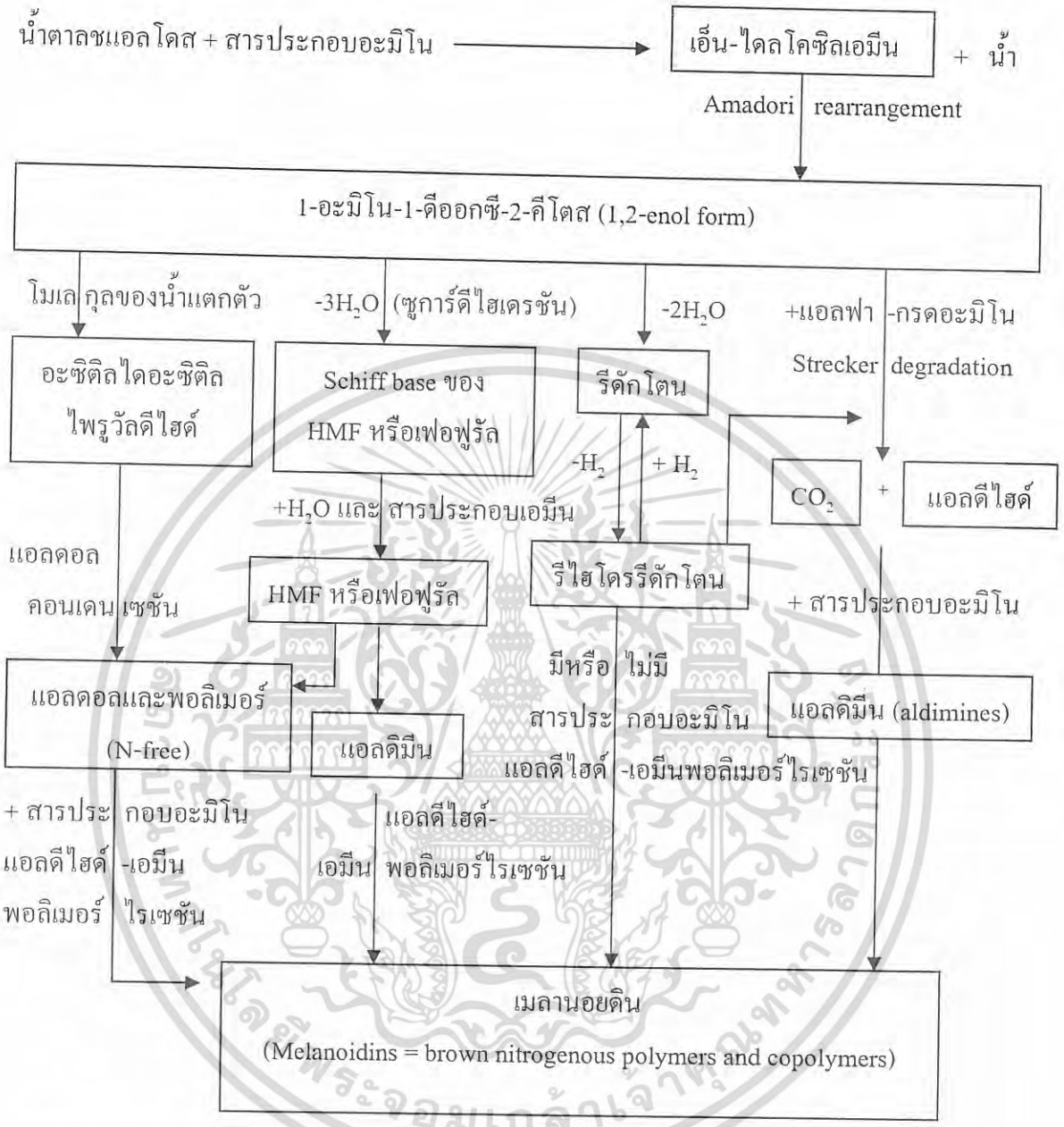
8. หากสารประกอบคาร์บอนิลเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของลิพิด การยับยั้งอาจทำได้โดยใช้สารต้านออกซิเดชัน อาจใช้กรดแอสคอร์บิกได้ แต่ถ้าใช้ในปริมาณที่สูงอาจทำให้เกิดปฏิกิริยาเร็วขึ้น

ในปัจจุบันยังไม่พบว่าสารเคมีใดมีประสิทธิภาพในการยับยั้งปฏิกิริยาได้ดีเทียบเท่ากับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ขั้นตอนของปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่อาศัยเอนไซม์สรุปได้ดังภาพที่ 2.4

2.5.2 ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์ (Enzymatic browning reaction)

ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์ จะเกิดขึ้นกับเนื้อเยื่อพืชเมื่อเซลล์ถูกทำลายทางกล เช่นการปอกเปลือก การหั่น ทำให้เกิดปฏิกิริยาของสารประกอบโมโนฟีนอล (Monophenol) ที่อยู่ในเซลล์พืชสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ และมีเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (PPO) ทำให้เกิดปฏิกิริยาไฮดรอกซิเลชัน (Hydroxylation) ได้เป็น *ออร์โท*-ไดฟีนอล (*o*-diphenol) สารนี้จะถูกออกซิไดส์ต่อให้เป็น *ออร์โท*-ควิโนน (*o*-quinone) เอนไซม์ PPO อาจมีชื่อเรียกว่า โพลีฟีนอลเลส (Polyphenolase) ฟีนอลเลส (Phenolase) ไทโรซิเนส (Tyrosinase) *ออร์โท*-ไดฟีนอลออกซิเดส (o-diphenol oxidase) หรือแคทีคอลออกซิเดส (catechol oxidase) ควิโนนที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาที่เร่งด้วยเอนไซม์นี้ จะรวมตัวกันและเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดกับสารประกอบฟีนอลอื่น ๆ หรือกับกรดอะมิโนได้เป็นสารประกอบเชิงซ้อนสีน้ำตาลดังแสดงในรูปที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



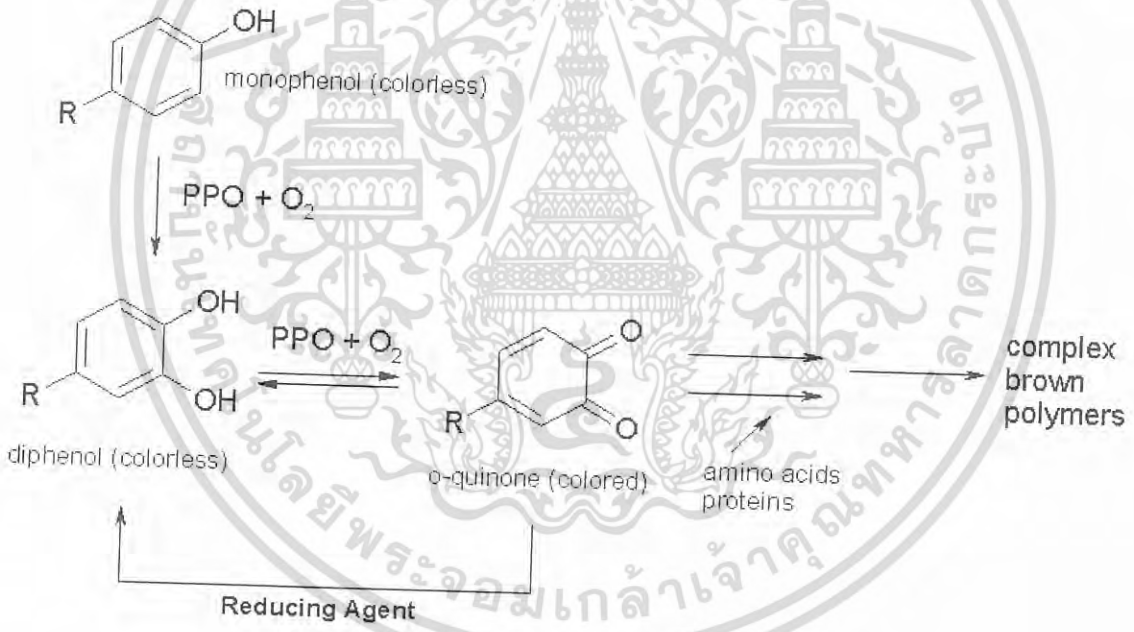
ภาพที่ 2.4 แผนภูมิแสดงขั้นตอนของปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่อาศัยเอนไซม์

ที่มา : Saper S. G. M., 1993

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์ เป็นปัญหาสำคัญในการแปรรูปผักและผลไม้หลายชนิด ได้แก่ แอปเปิล ท้อ สาลี กล้วย องุ่น มันฝรั่ง เห็ด มะเขือ ผักสลัด ใบชา และเม็ดกาแฟ รวมทั้งอาหารทะเลบางชนิด เช่น กุ้ง ปู และกุ้งมังกร เมื่ออาหารเกิดสีน้ำตาลจะทำให้อายุการเก็บและการวางจำหน่ายสั้นลง และปฏิกิริยานี้ยังอาจทำให้เกิดปัญหากับผักและผลไม้ที่ผ่านกระบวนการอบแห้งและแช่เยือกแข็งอีกด้วย

ข้อดีของปฏิกิริยานี้คือ ทำให้ผลิตภัณฑ์บางชนิดมีสี กลิ่นและรสชาติดีขึ้น เช่นการอบแห้งลูกเกด ลูกพรุน การคั่วเมล็ดกาแฟ และการหมักใบชา ซึ่งต้องการให้เกิดสีน้ำตาล การควบคุมการเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์ไม่ให้เกิดขึ้นในผักและผลไม้บางชนิดทำได้โดยการลวก เพื่อยับยั้งเอนไซม์ PPO แต่วัตถุดิบบางชนิดหากนำไปลวกจะมีผลกระทบต่อกลิ่นรสชาด และลักษณะเนื้อสัมผัส เช่นผลไม้และหัวหอม



ภาพที่ 2.5 ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์ PPO

ที่มา : Marshall, M R. *et al* ., 2000

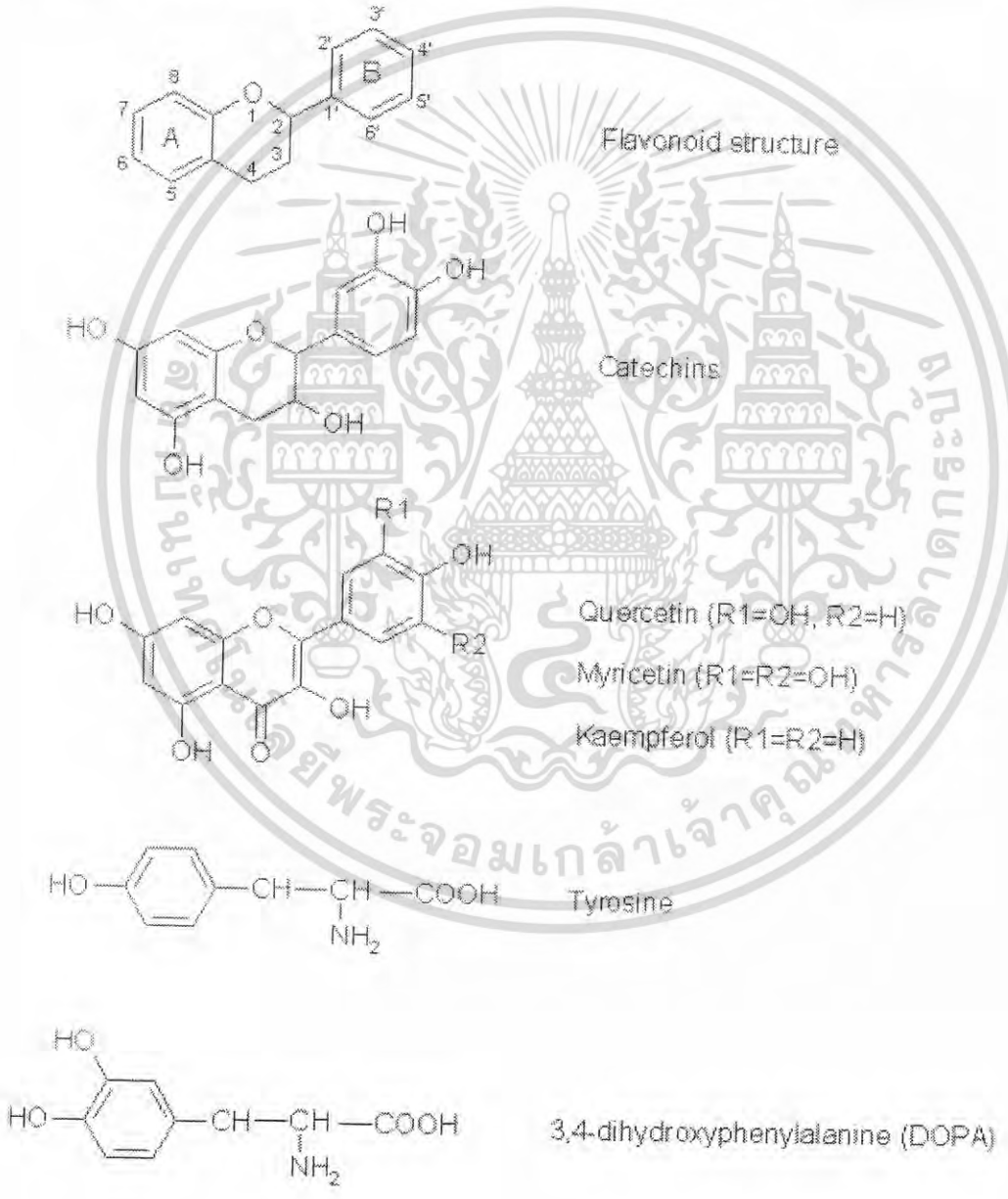
2.5.2.1 สารตั้งต้น (Substate)

ซับสเตรตที่ถูกออกซิไดส์ด้วยเอนไซม์ PPO นี้ได้แก่ สารประกอบฟีนอล (phenolic compounds) ที่มีอยู่ในพืชซึ่งเป็นสารฟลาโวนอยด์ (flavonoids) เช่นแอนโทไซยานิดิน, ลูโคแอนโทไซยานิดิน, ฟลาโวนอลแคตีคอล, กรดคาแฟอิก, กรดคลอโรจินิก, แคซีติน เอสเทอร์ของกรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซินนามิก(cinnamic acid ester),ไทโรซีน, 3,4 ไดไฮดรอกซีนิลอะลานิน(3,4-dihydroxyphenylalanine หรือ DOPA), คาเทชิน (catechins) เป็นต้น

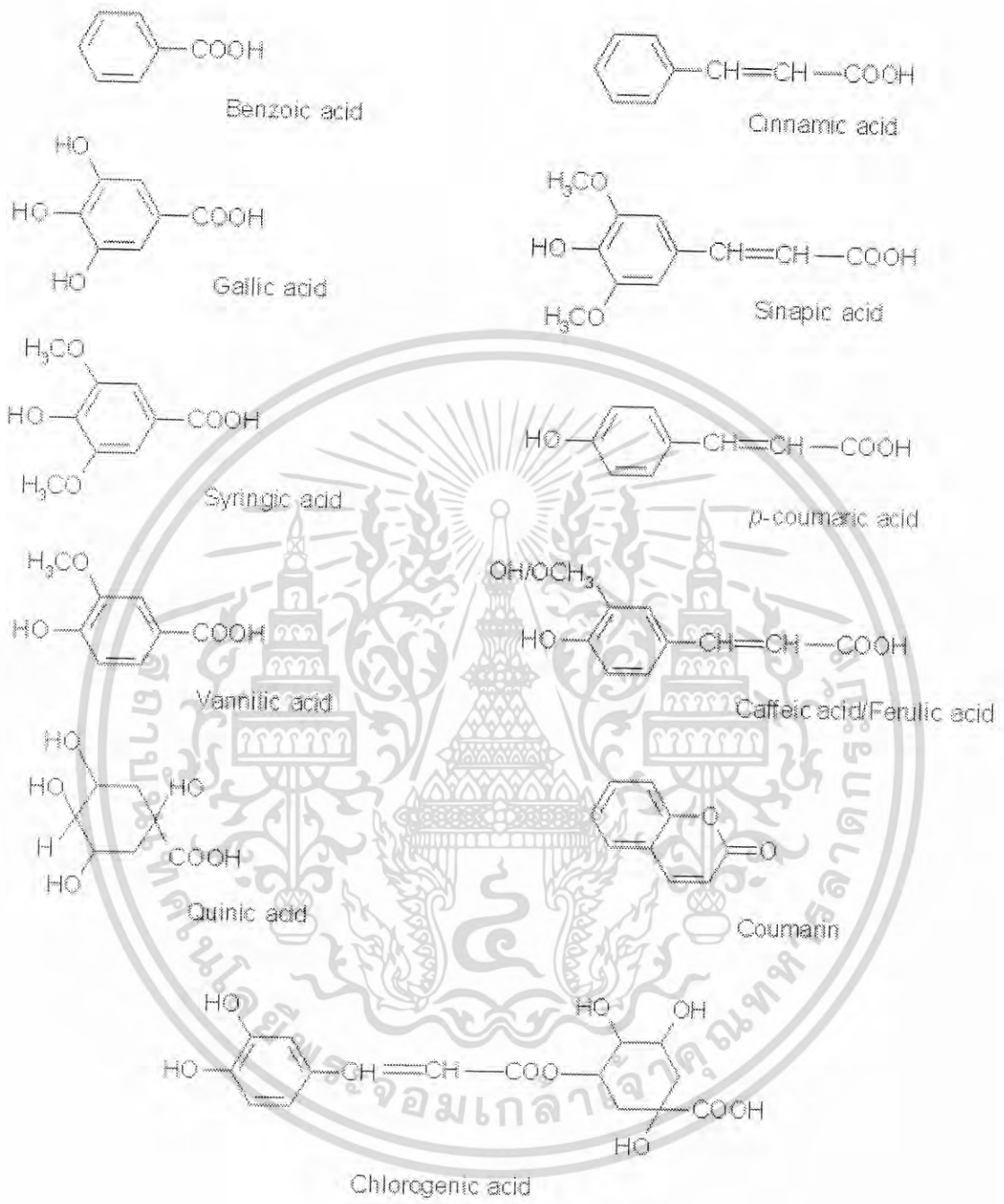
สารตั้งต้นประเภท Phenolic compounds ในสับปะรดได้แก่ Tyrosine, serotonin, dimethylhydroxylfuranone, dimethylhydroxylfuranone b-glucoside, tryptophan, S-sinapyl-L-cysteine, N-g-L-glutamyl-S-sinapyl-L-cysteine, S-synapyl glutathione และ *p*-coumaric acid-like phenolic compound.



ภาพที่ 2.6 แสดงตัวอย่าง Phenolic compounds

ที่มา : Marshall, M R. *et al*., 2000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.7 แสดงตัวอย่าง Phenolic compounds

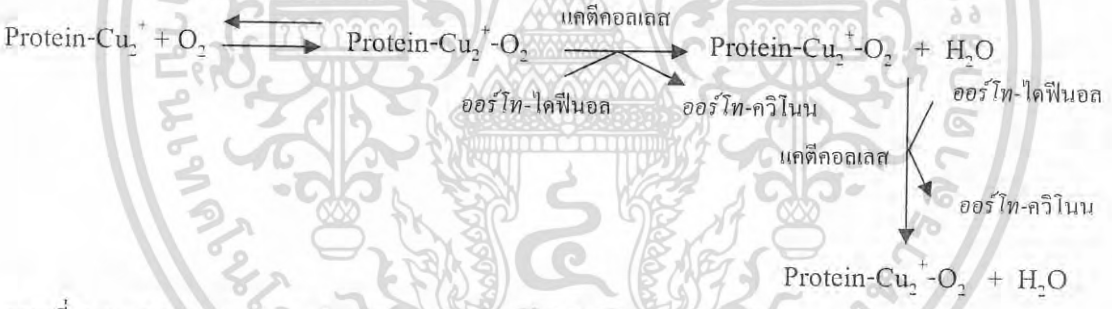
ที่มา : Marshall, M R. *et al*., 2000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2.2 โพลีฟีนอลออกซิเดส (Polyphenol oxidase, PPO)

เอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสค้นพบครั้งแรกโดย Bertrand G. ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการที่เห็ดเปลี่ยนเป็นสีดำ เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไทโรซีน ซึ่งเป็นกรดอะมิโนชนิดฟีนอลิก ต่อมา Kubowitz F. ได้สกัดเอนไซม์ฟีนอลเลสออกมาจากมันฝรั่งและทำให้บริสุทธิ์ได้ และพบว่ามีทองแดงเป็นแร่ธาตุที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของเอนไซม์ ทำให้ทราบถึงหน้าที่ของทองแดงในเนื้อเยื่อพืชและสัตว์ พืชที่มีเอนไซม์นี้มากได้แก่ ส้ม รากพืช กล้วย พลัม ท้อ สาลี่ แอปเปิล อโวกาโด มันเทศ มันฝรั่ง เห็ด มะเขือ แตง ข้าวสาลี ผักโขม มะเขือเทศ มะละกอฝรั่ง และใบชา

การทำงานของเอนไซม์ครีโซเลสมี 3 ขั้นตอนคือ เอนไซม์ซึ่งเป็นโปรตีนต่ออยู่กับคิวปรัส 2 อะตอม (protein $^{+}$–Cu_2) ทำปฏิกิริยากับออกซิเจน 1 อะตอม ได้เป็นสารประกอบเชิงซ้อน protein copper-oxygen หลังจากนั้นจะไปทำปฏิกิริยาต่อกับโมโนฟีนอล ได้เป็น *ออร์โท*-ควิโนน ส่วนเอนไซม์แคตีคอลเลส จะออกซิไดส์ 2 โมเลกุลของ *ออร์โท*-ไดฟีนอลเป็น 2 โมเลกุลของ *ออร์โท*-ฟีนอล และได้ 2 โมเลกุลน้ำออกมาด้วย ดังสมการที่ 1

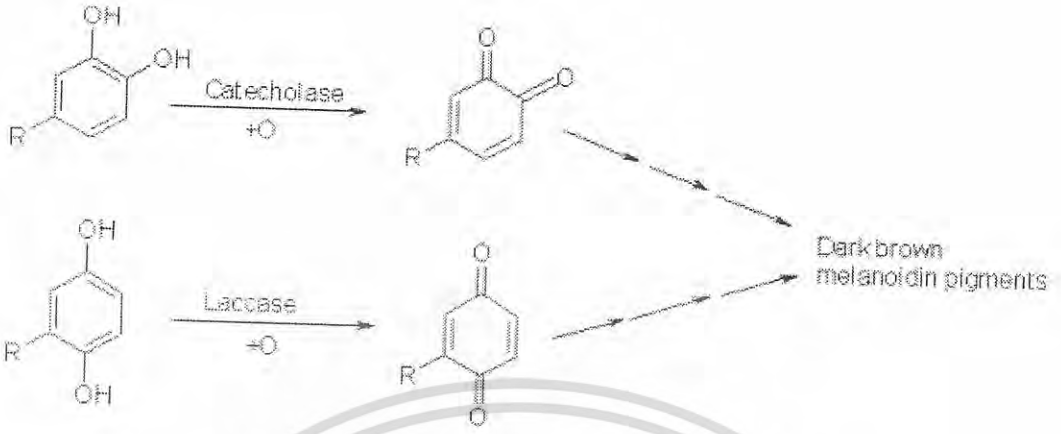


ภาพที่ 2.8 แสดงสมการการทำงานของเอนไซม์ครีโซเลส
ที่มา : นิธิยา รัตนาปนนท์ , 2545

เอนไซม์ PPO ได้แบ่งเป็น 2 ชนิดด้วยกัน (โดย Internaional Union of Biochemistry, IUB)

- โมโนฟีนอล โมโนออกซิจีเนส (monophenol monooxygense)(EC 1.14.18.1) ได้แก่ ไทโรซิเนส (tyrosinase), ฟีนอลเลส (phenolase) และฟีนอลเลส (phenolase)
- แคทีคอล ออกซิเดส (catechol oxidase) (EC 1.10.3.1) ได้แก่ ไดฟีนอลออกซิเดส (diphenol oxidase), *ออร์โท*-ไดฟีนอลเลส (*o*-diphenolase),ฟีนอลเลส (phenolase), ไทโรซิเนส (tyrosinase), โพลีฟีนอลออกซิเดส (Polyphenol oxidase)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.9 แสดงตัวอย่างของปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์ PPO
ที่มา : Marshall, M R. *et al*., 2000

เอนไซม์ฟีนอลเลสเป็น homogeneous enzyme ที่มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 128,000 ดาลตัน ซึ่งคำนวณได้จาก sedimentation constant หรือประมาณ 133,000 ดาลตัน เมื่อใช้ข้อมูลจาก light scattering ในโมเลกุลของเอนไซม์ฟีนอลเลสมีทองแดงเป็นองค์ประกอบอยู่ประมาณ 0.2 เปอร์เซ็นต์ โดย 1 โมเลกุลของเอนไซม์จะมีทองแดงอยู่ 4 อะตอม และอยู่ในรูปคิวปรัสไอออน และคิวปรัสจะเปลี่ยนเป็นคิวปริกโดยไม่มีการสูญเสียความสามารถในการทำงานของเอนไซม์ ทองแดงจะจับอยู่กับกรดอะมิโนฮิสทิดีน เอนไซม์ ฟีนอลเลสที่บริสุทธิ์ไม่มีสี และดูดกลืนแสงได้ทั้งช่วงที่มองเห็น (visible) และอัลตราไวโอเลตเหมือนโปรตีนทั่วๆไป

สารละลายเอนไซม์ฟีนอลเลสมีความคงตัวมากสุดที่ช่วงพีเอช 5 - 7 หรือช่วงพีเอชใกล้เป็นกลาง สารละลายที่เข้มข้นจะมีความคงตัวมากกว่าสารละลายที่เจือจาง เอนไซม์นี้ไม่ค่อยคงตัวเมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเพียงระยะเวลาสั้น ๆ หรือเขย่าสารละลายเอนไซม์อย่างรุนแรงในอากาศ จะทำให้เสียสภาพธรรมชาติได้แต่สารละลายเอนไซม์ฟีนอลเลสเข้มข้นในฟอสเฟตเข้มข้นที่ใกล้พีเอชเป็นกลาง สามารถเก็บรักษาได้ที่อุณหภูมิ 1 หรือ -25 องศาเซลเซียส นานหลายเดือน โดยไม่สูญเสียความสามารถในการทำงาน แต่การแช่เยือกแข็งเป็นเวลานาน ๆ จะทำให้ความสามารถในการทำงานของเอนไซม์น้อยลง และการสูญเสียนี้ทำให้กลับคืนไม่ได้ นอกจากนี้ เอนไซม์ฟีนอลเลสยังสามารถถูกยับยั้งด้วยกรดแฮไลด์ (halides) กรดฟีนอลิกซัลไฟต์ คีเลติงเอเจนต์ (chelating agents) และรีดิวซิงเอเจนต์ เช่นกรดแอสคอบิก และซีสเตอีน เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2.3 การควบคุมปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์ในอาหาร

การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในอาหารที่เร่งด้วยเอนไซม์เมื่อเกิดขึ้นในอาหารมีสีเปลี่ยนไป และยังทำให้รสชาดของอาหารบางชนิดเปลี่ยนแปลงไปด้วย การควบคุมไม่ให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลนี้ทำได้หลายวิธี

1. การใช้สารเคมียับยั้งการทำงานของ PPO เช่น ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ แต่มีข้อเสียคือทำให้เกิดกลิ่น ถ้าใช้มากอาจเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค กรดซินนามิค และกรดเบนโซอิกซึ่งให้ผลดีมากเมื่อใช้ร่วมกับวิตามินซี โซเดียมคลอไรด์ ซิงค์คลอไรด์ สารที่ใช้ในการจับโลหะทองแดง เนื่องจากทองแดงเป็นโลหะที่จำเป็นต่อการทำงานของ PPO ที่ใช้กันมากคือ เอทีลีนไดอะมีน เตตระอะซิติก แอซิด (Ethylenediamine tetraacetic acid) เป็นต้น

2. เติมสารรีดิวซิงเอเจนต์ เช่น กรดแอสคอร์บิกความเข้มข้นประมาณ 0.1-0.3 เปอร์เซ็นต์ ให้ทำปฏิกิริยากับ*ออร์โท*-ควิโนน เพื่อเปลี่ยนกลับให้เป็น*ออร์โท*-ไดฟีนอลดังสมการที่ 2

4-เมทิล-*ออร์โท*-เบนโซควิโนน + กรดแอสคอร์บิก ⟶ 4-เมทิลแคตีคอล + กรดดีไฮโดรแอสคอร์บิก

ภาพที่ 2.10 สมการแสดงการทำงานของกรดแอสคอร์บิค
ที่มา : Route-Mayer, *et al.*, 1993

3. กำจัดออกซิเจนออก โดยใช้ภาชนะบรรจุที่อากาศผ่านเข้าไม่ได้ หรือลดความดันของอากาศให้ต่ำกว่า 380 ทอร์ (torr) หรือเก็บรักษาในบรรยากาศที่มีออกซิเจนต่ำมากๆ

4. ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของซับสเตรตที่มีอยู่ในธรรมชาติ

5. ใช้ความร้อนในการทำลาย PPO เช่น การลวกผักด้วยไอน้ำ ซึ่ง PPO เป็นเอนไซม์ชนิดหนึ่ง ซึ่งการทำงานของเอนไซม์จะต้องขึ้นกับปัจจัยต่างๆทั้ง ความเข้มข้นของซับสเตรต ความเข้มข้นของเอนไซม์ ค่าวอเตอร์ แอคทิวิตี้ (water activity) ค่าพีเอช (pH) และรวมถึงผลของอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการทดลอง

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

- เครื่องวัดสี ยี่ห้อ Minolta รุ่น CR 300 ญี่ปุ่น
- เครื่องวัด pH ยี่ห้อ Schott รุ่น CG 842 Schott
- ตู้อบลมร้อน ยี่ห้อ Scientific Promotion CO., LTD model ED 115/EZ
- ตู้อบแห้งแบบถาด (Tray Dry) ยี่ห้อ Super S.P.2 No.0312024
- เครื่องบรรจุสุญญากาศ (Vacuum seal) ยี่ห้อ Sammic SA. รุ่น Abcubiage AZPEITIA(Espana)
- เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ AND รุ่น HR-200
- Hand Refractometer ยี่ห้อ Atago รุ่น N1 Brix 0-32^{o} และ รุ่น N2 Brix 28-62^{o}
- บิวเรตขนาด 50 มิลลิลิตร ยี่ห้อ witeg diffico พร้อมขาตั้ง
- ปิเปตขนาด 5 มิลลิลิตร
- บีกเกอร์พลาสติกขนาด 250 มิลลิลิตร ยี่ห้อ NALGENE รุ่น 1201-0250
- ขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร
- แท่งแก้วขนาด 6 นิ้ว
- โถดูดความชื้น
- ลูกยางแดง
- ช้อนตักสาร
- ถาดอลูมิเนียม
- กระบอกน้ำกลั่น
- ลังถึง
- ถาดสำหรับอบแห้งในตู้อบแห้ง
- หม้อพร้อมทัพพี
- มีดและเขียง
- กรรไกร
- ฟอล์ย ยี่ห้อ Diamond
- กระดาษทิชชู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ถุงพลาสติก
- เตาแก๊ส
- อุปกรณ์ล้างเครื่องแก้ว

3.2 วัตถุดิบและสารเคมี

- สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย
- น้ำกลั่น
- น้ำตาลทรายยี่ห้อมิตรผล
- โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น 0.1 N
- ฟีนอล์ฟทาลีน 1 %
- บัฟเฟอร์ pH 4, pH 7

3.3 วิธีการทดลอง

3.3.1 การทดลองเพื่อหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการ Osmosis และการทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ของสับปะรดส่วนหัว, ส่วนกลางและส่วนท้าย

1. นำผลสับปะรดมาปอกเปลือก และแบ่งออกเป็นส่วนหัว กลางและท้าย

2. วัดค่าทางกายภาพได้แก่ สี และปริมาณความชื้น และค่าทางเคมี ได้แก่ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ และค่าความเป็นกรด (% TA) โดยวัดทั้งส่วนหัว ส่วนกลาง และท้าย

3. หั่นแต่ละส่วนเป็นรูปพัดหนาประมาณ 1 เซนติเมตร

4. นำไปนึ่งด้วยไอน้ำร้อนนาน 5 นาที และทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็ว

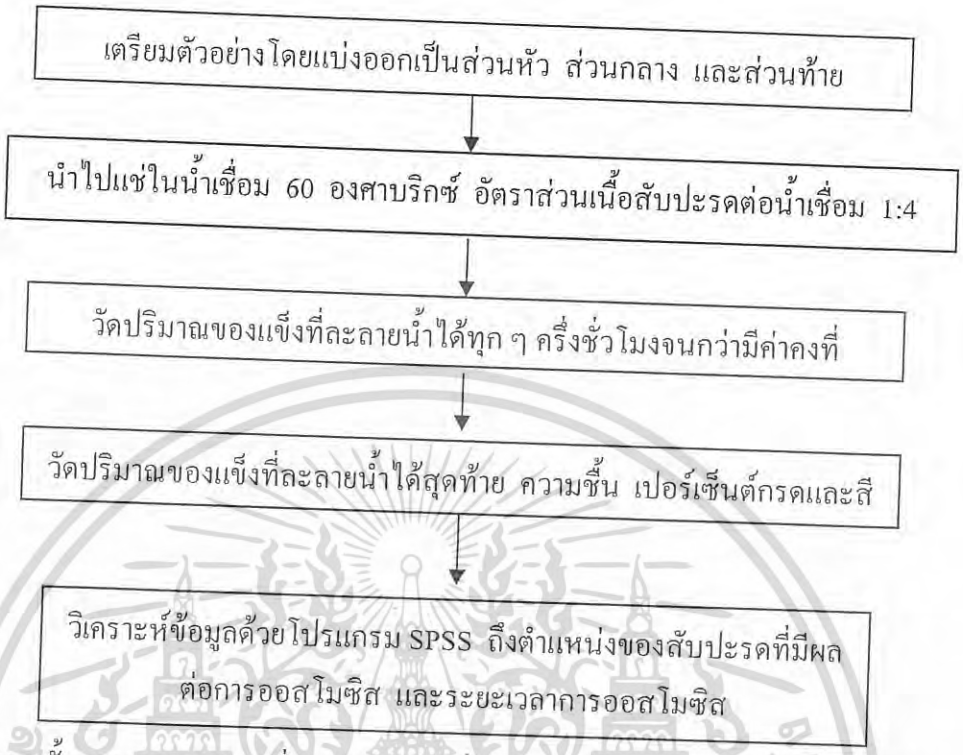
5. นำไปแช่ในสารละลายน้ำตาล (น้ำเชื่อม) ที่ความเข้มข้น 60 องศาบริกซ์ อัตราส่วนเนื้อสับปะรดต่อน้ำเชื่อม 1 : 4

6. วัดค่าสีและปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทุก ๆ ครึ่งชั่วโมง จนกว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้จะมีค่าคงที่

7. วัดค่าทางกายภาพและเคมีสุดท้ายเมื่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้คงที่

8. บันทึกผล รวบรวม และวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติถึงระยะเวลาที่เหมาะสมในการออสโมซิสและความสัมพันธ์ของตำแหน่งผลสับปะรด และพล็อตกราฟปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้กับเวลาที่ทำการทดลอง และหาเวลาที่เหมาะสมในการออสโมซิส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.1 แสดงขั้นตอนการทดลองเพื่อหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการ Osmosis และการทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ของสับปะรดส่วนหัว, ส่วนกลางและส่วนท้าย

3.3.2 การทดลองเพื่อหาระดับความเข้มข้นของน้ำเชื่อม, อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของเนื้อสับปะรดกับน้ำเชื่อมที่และระดับอายุของสับปะรดที่เหมาะสมในการนำมาทำสับปะรดเชื่อมอบแห้ง

1. เลือกระดับอายุของสับปะรดที่แตกต่างกันตามลักษณะภายนอกโดยเลือกสับปะรดที่มีระดับความสุกเป็นสีเขียว สีเหลือง และสีเหลืองเขียว

2. แยกแต่ละลูกปอกเปลือกและนำมาวัดค่าทางกายภาพได้แก่สี ปริมาณความชื้น และค่าทางเคมีได้แก่ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และค่าความเป็นกรด

3. นำส่วนที่เหลือมาหั่นเป็นรูปพัดหนาประมาณ 1 เซนติเมตร โดยแยกแต่ละลูก

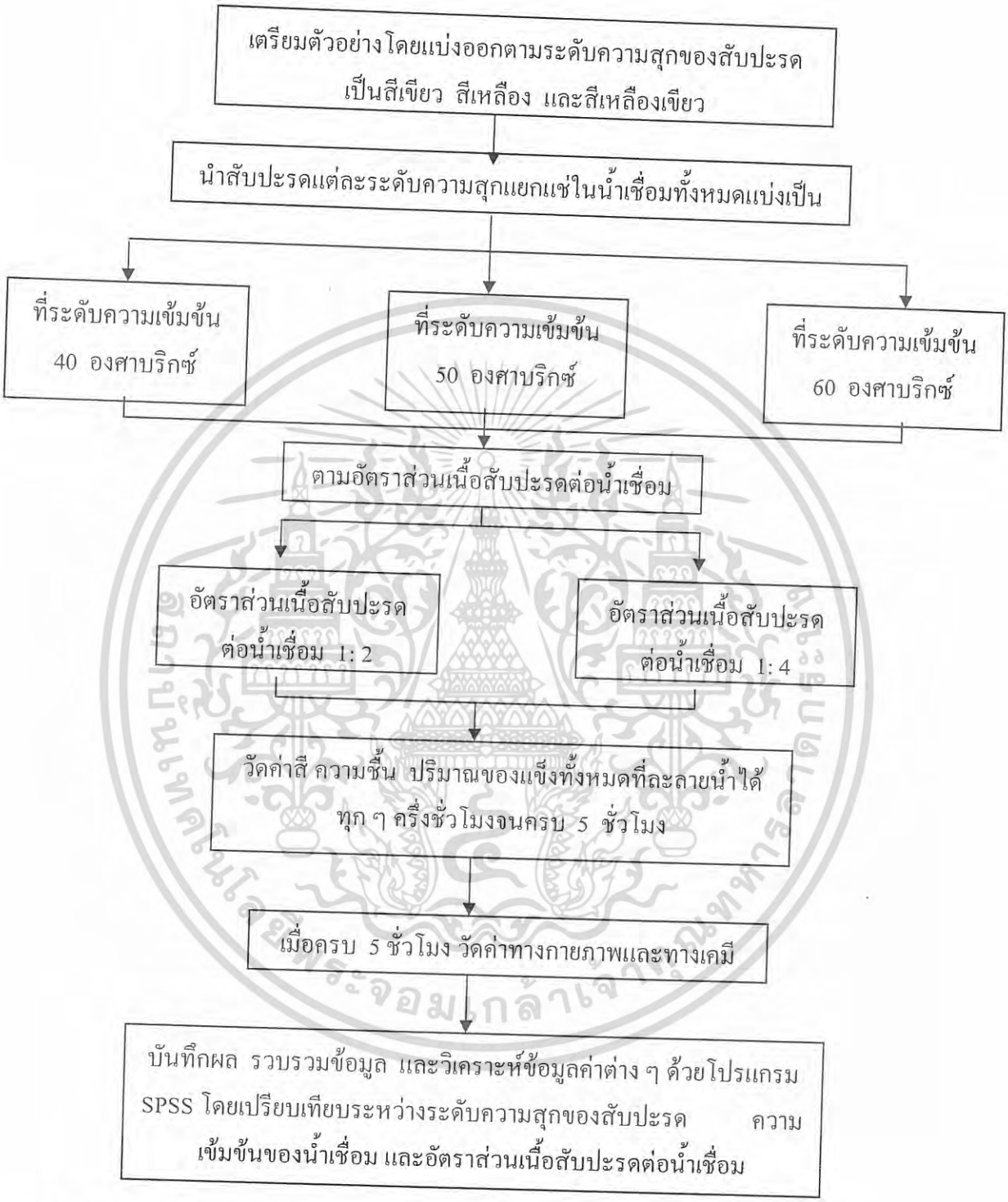
4. นำไปนึ่งด้วยไอน้ำร้อนนาน 5 นาทีและทำให้เย็นลงทันที

5. แยกสับปะรดแต่ละลูกแช่ในน้ำเชื่อมที่ระดับความเข้มข้นทั้ง 40 50 และ 60 องศาบริกซ์ โดยใช้อัตราส่วนเนื้อสับปะรดต่อน้ำเชื่อมทั้ง 1: 2 และ 1 : 4 นาน 5 ชั่วโมง และวัดค่าสี ปริมาณความชื้น และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทุก ๆ ครึ่งชั่วโมง

6. เมื่อครบ 5 ชั่วโมง วัดค่าทางกายภาพและค่าทางเคมีสุดท้ายเหมือนของผลสด

7. บันทึก รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติถึงสภาวะที่เหมาะสมในการออสโมซิส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.2 แสดงขั้นตอนการทดลองเพื่อหาระดับความเข้มข้นของน้ำเชื่อม, อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของเนื้อสับปะรดกับน้ำเชื่อมที่และระดับอายุของสับปะรดที่เหมาะสมในการนำมาทำสับปะรดเชื่อมอบแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 การทดลองหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบสับปะรดที่ผ่านการออสโมซิสจากขั้นตอนที่ 3.3.2

1. นำสับปะรดมาปอกเปลือก วัดค่าทางกายภาพได้แก่สี ปริมาณความชื้น และค่าทางเคมี ได้แก่ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และค่าความเป็นกรด

2. นำส่วนที่เหลือมานึ่งด้วยไอน้ำร้อนนาน 5 นาที และทำให้เย็น

3. นำไปผ่านการออสโมซิสที่ระดับความเข้มข้นของน้ำเชื่อม 50 องศา บริกซ์ อัตราส่วนเนื้อสับปะรดต่อน้ำเชื่อม 1 : 2 เป็นเวลา 4 ชั่วโมงครึ่ง และนำมาผึ่งให้แห้งอีกประมาณ 30 นาที

4. นำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส

5. วัดค่าสี และปริมาณความชื้นทุก ๆ ชั่วโมงจนครบ 6 ชั่วโมง

6. วัดค่าทางกายภาพและทางเคมีสุดท้ายเมื่อครบ 6 ชั่วโมง

7. บันทึก รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติถึงเวลาที่เหมาะสมในการอบแห้ง

ภาพที่ 3.3 แสดงขั้นตอนการทดลองหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบสับปะรดที่ผ่านการออสโมซิสจากขั้นตอนที่ 3.3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4 ทดสอบเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ทำสับปะรดอบแห้งที่ผ่านการออสโมซิสและไม่ผ่านการออสโมซิสโดยใช้อุณหภูมิที่เหมาะสมจากการทดลองขั้นที่ 3.3.3

1. นำสับปะรดมาปอกเปลือก วัดค่าทางกายภาพได้แก่สี ปริมาณความชื้น และค่าทางเคมี ได้แก่ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และค่าความเป็นกรด

2. นำส่วนที่เหลือมานึ่งด้วยไอน้ำร้อนนาน 5 นาที และทำให้เย็น

3. แบ่งออกเป็น 2 ส่วน

- ส่วนหนึ่งนำไปอบแห้งทันทีที่อุณหภูมิ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส และวัดค่าสีและปริมาณความชื้นทุก ๆ ชั่วโมง จนครบ 11 ชั่วโมง

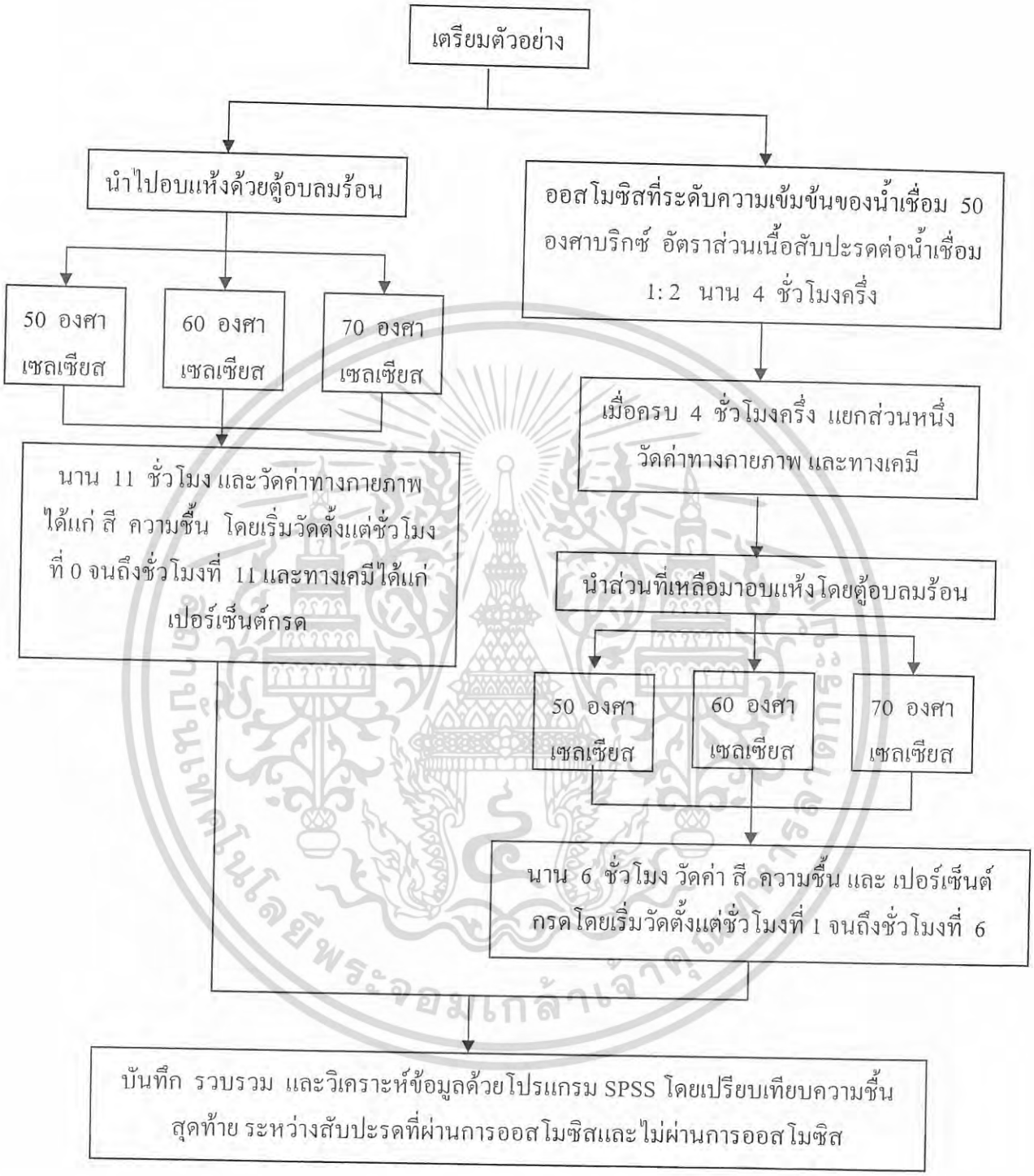
- อีกส่วนหนึ่งนำไปผ่านการออสโมซิสที่ระดับความเข้มข้นของน้ำเชื่อม 50 องศา บริกซ์ อัตราส่วนเนื้อสับปะรดต่อน้ำเชื่อม 1 : 2 เป็นเวลา 4 ชั่วโมงครึ่ง และนำมาผึ่งให้แห้งอีกประมาณ 30 นาที

4. นำส่วนที่ผ่านการออสโมซิส มาวัดค่าทางกายภาพและเคมี จากนั้นนำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส และวัดค่าสีและปริมาณความชื้นทุก ๆ ชั่วโมง จนครบ 6 ชั่วโมง

5. วัดค่าทางกายภาพและทางเคมีสุดท้าย ทั้งสับปะรดอบแห้งที่ผ่านการออสโมซิสที่ไม่ผ่านการออสโมซิส

6. บันทึก รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเปรียบเทียบถึงระยะเวลาเหมาะสมสำหรับการอบแห้งสับปะรดที่ผ่านการออสโมซิสและไม่ผ่านการออสโมซิส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.4 แสดงขั้นตอนการทดลองเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ทำสับปะรดอบแห้งที่ผ่านการออสโมซิส และไม่ผ่านการออสโมซิสโดยใช้อุณหภูมิที่เหมาะสมจากการทดลองขั้นที่ 3.3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.5 การทดลองเพื่อเปรียบเทียบความชอบระหว่างสับปะรดที่ผ่านและไม่ผ่านการออสโมซิสก่อนการอบแห้งโดยวิธี Preference Test

1. นำสับปะรดมาปอกเปลือก วัดค่าทางกายภาพได้แก่สี ปริมาณความชื้น และค่าทางเคมี ได้แก่ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และค่าความเป็นกรด

2. นำส่วนที่เหลือมานึ่งด้วยไอน้ำร้อนนาน 5 นาที และทำให้เย็น

3. แบ่งออกเป็น 2 ส่วน

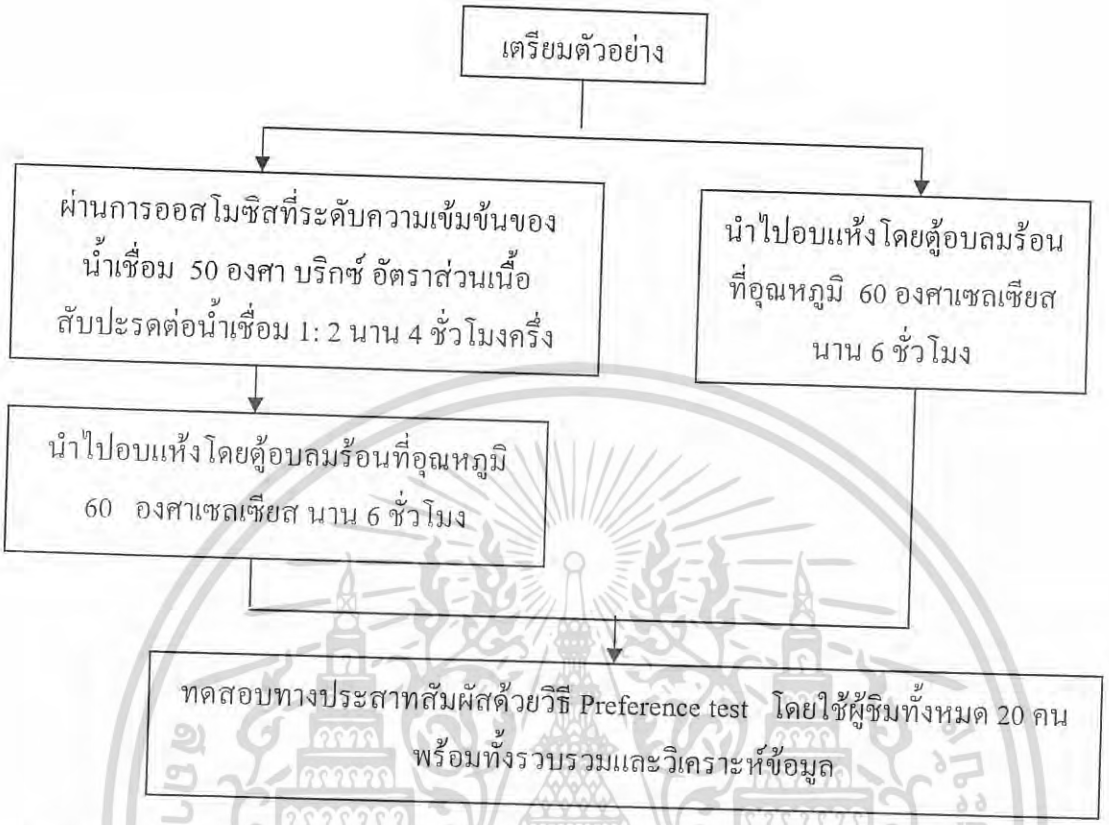
- ส่วนหนึ่งนำไปอบแห้งทันทีที่อุณหภูมิ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส นาน 6 ชั่วโมง

- อีกส่วนหนึ่งนำไปผ่านการออสโมซิสที่ระดับความเข้มข้นของน้ำเชื่อม 50 องศา บริกซ์ อัตราส่วนเนื้อสับปะรดต่อน้ำเชื่อม 1 : 2 เป็นเวลา 4 ชั่วโมงครึ่ง และนำมาผึ่งให้แห้งอีกประมาณ 30 นาที

4. นำส่วนที่ผ่านการออสโมซิสไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส นาน 6 ชั่วโมง

5. ทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี Preference Test โดยใช้ผู้ทดสอบ 20 คน และแปรผลถึงความชอบของผู้บริโภค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.5 แสดงขั้นตอนการทดลองเพื่อเปรียบเทียบความชอบระหว่างสับปะรดที่ผ่านและไม่ผ่านการออสโมซิสก่อนการอบแห้งโดยวิธี Preference Test

3.3.6 การทดลองเพื่อหาอายุการเก็บรักษาของสับปะรดอบแห้ง

1. นำสับปะรดมาปอกเปลือก วัดค่าทางกายภาพได้แก่สี ปริมาณความชื้น และค่าทางเคมี ได้แก่ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และค่าความเป็นกรด

2. นำส่วนที่เหลือมานึ่งด้วยไอน้ำร้อนนาน 5 นาที และทำให้เย็น

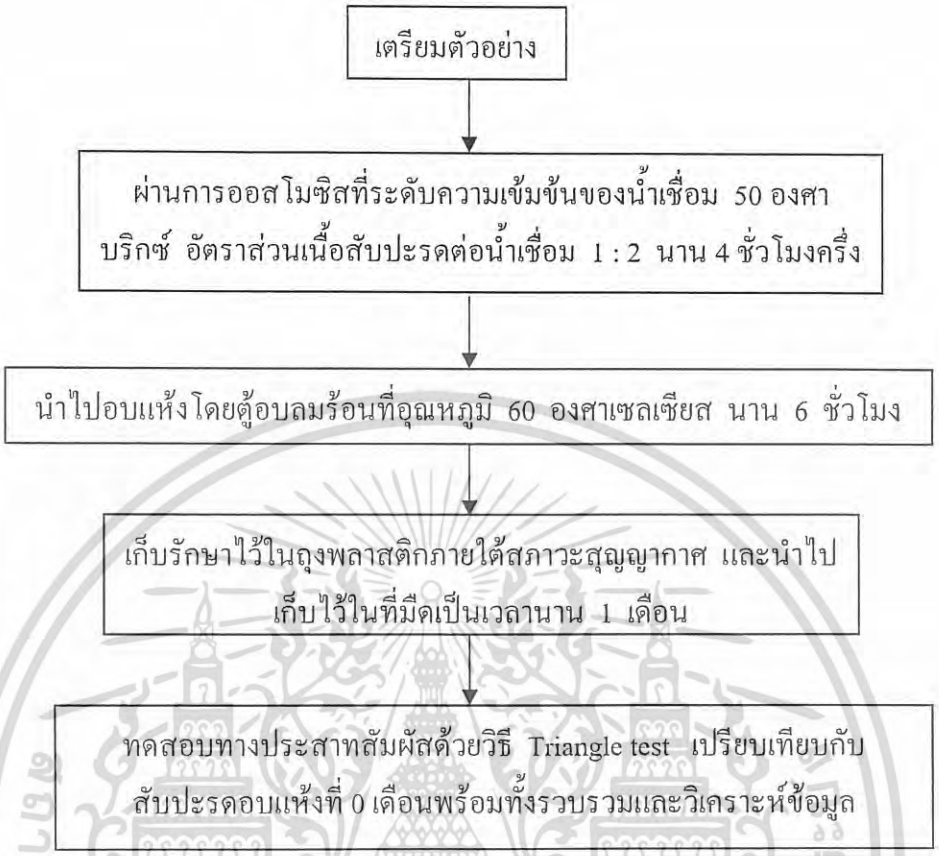
3. นำไปผ่านการออสโมซิสที่ระดับความเข้มข้นของน้ำเชื่อม 50 องศา บริกซ์ อัตราส่วนเนื้อสับปะรดต่อน้ำเชื่อม 1 : 2 นาน 4 ชั่วโมงครึ่ง และนำมาผึ่งให้แห้งนานประมาณ 30 นาที

4. นำไปอบแห้งโดยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 6 ชั่วโมง

5. นำไปเก็บใส่ถุงพลาสติกและปิดผนึกด้วยเครื่องปิดผนึกแบบสุญญากาศ จากนั้นนำไปเก็บไว้ในที่มืดนาน 1 เดือน

6. เมื่อครบ 1 เดือน นำมาทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี Triangle Test เปรียบเทียบกับสับปะรดอบแห้งที่ 0 เดือน โดยใช้ผู้ทดสอบ 20 คน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.6 แสดงขั้นตอนการทดลองเพื่อหาอายุการเก็บรักษาของสับปะรดอบแห้ง

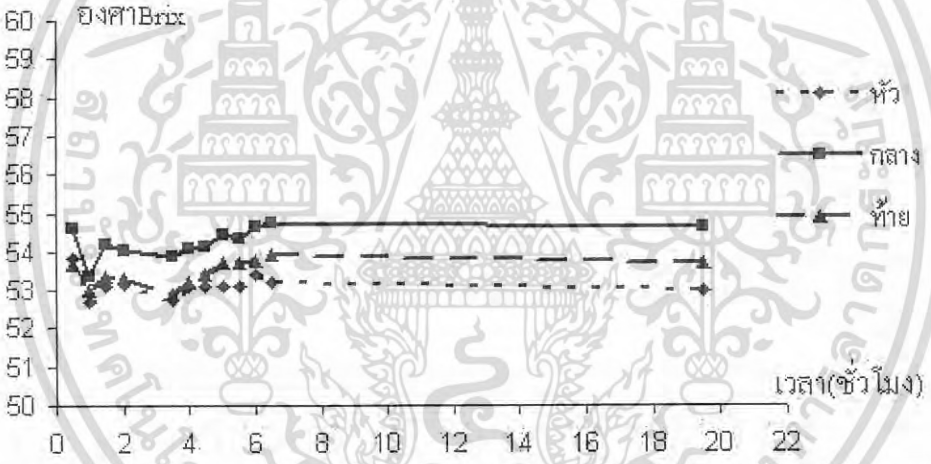
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 การทดลองเพื่อหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการลดความชื้นเบื้องต้นโดยการออสโมซิส เพื่อหาความสัมพันธ์ในสับปะรดส่วนหัว, ส่วนกลางและส่วนท้าย

นำสับปะรดส่วนหัว ส่วนกลาง และส่วนท้ายลดความชื้นโดยกระบวนการออสโมซิสโดยใช้สารละลายน้ำเชื่อม 60 องศาบริกซ์ อัตราส่วนเนื้อสับปะรดต่อน้ำเชื่อม 1 : 4 ทดลองในห้องที่ควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส ทำการวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในน้ำเชื่อมที่เวลาต่าง ๆ ได้ผลดังภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 กราฟแสดงสมดุลของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในน้ำเชื่อมของสับปะรดส่วนหัว ส่วนกลางและส่วนท้าย

จากภาพที่ 4.1 เป็นกราฟที่แสดงถึงปริมาณของแข็งในน้ำเชื่อมที่ทำการแช่สับปะรดเป็นระยะเวลาต่าง ๆ จะเห็นได้ว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้จะลดลงในช่วง 1 - 4 ชั่วโมงและเริ่มคงที่ตั้งแต่ชั่วโมงที่ 5 เป็นต้นไป ดังนั้นทำให้สามารถทราบได้ว่า การสมดุลของปริมาณของแข็งจะเริ่มเกิดขึ้นตั้งแต่ชั่วโมงที่ 5 เป็นต้นไป ดังนั้นการออสโมซิสในโดยใช้สารละลายน้ำเชื่อมเข้มข้น 60 องศบริกซ์ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จะใช้เวลา 5 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ศึกษาถึงความสัมพันธ์ของตำแหน่งสับปะรดทั้งส่วนหัว ส่วนกลาง และส่วนท้ายโดยการออสโมซิสที่ระดับความเข้มข้นของน้ำเชื่อม 60 องศาบริกซ์ อัตราส่วนเนื้อสับปะรดต่อน้ำเชื่อม 1 : 4 ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสวัดค่าทางเคมีและกายภาพก่อนออสโมซิสดังตารางที่ 4.1 และหลังออสโมซิสได้ผลดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าทางเคมีและกายภาพต่าง ๆ ของสับปะรดส่วนหัว, ส่วนกลาง และส่วนท้ายก่อนผ่านกระบวนการออสโมซิส

ตำแหน่ง	ความชื้น	% TA	TSS	สี		
				L	a	b
หัว	84.50±1.64[a]	0.64±0.09[a]	12.87±1.72[a]	72.58±2.09[a]	-1.67±0.10[a]	29.25±0.96[a]
กลาง	83.47±1.21[a]	0.55±0.06[ab]	13.60±2.51[a]	72.46±2.49[a]	-1.79±0.32[a]	34.52±3.86[a]
ท้าย	84.15±1.66[a]	0.45±0.02[b]	13.17±1.11[a]	70.46±2.56[a]	-1.85±0.33[a]	32.39±2.15[a]

จากตารางที่ 4.1 เมื่อนำสับปะรดส่วนต่าง ๆ ไปหาค่าทางเคมีและกายภาพก่อนทำการออสโมซิส พบว่าค่าความชื้นส่วนหัวมีค่า 84.50 % ส่วนกลาง 83.47 % และส่วนท้าย 84.15 % , ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ส่วนหัว 12.87 ส่วนกลาง 13.60 และส่วนท้าย 13.17 และค่าสีแบ่งเป็น ความสว่าง (ค่า L) ส่วนหัวมีค่า 72.58 ส่วนกลางมีค่า 72.46 และส่วนท้ายมีค่า 70.46 สีแดง-เขียว (ค่า a) ส่วนหัวมีค่า -1.67 ส่วนกลางมีค่า -1.79 และส่วนท้ายมีค่า -1.85 สีเหลือง-น้ำเงิน (ค่า b) ส่วนหัวมีค่า 29.25 ส่วนกลางมีค่า 34.52 และส่วนท้ายมีค่า 32.39 ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ส่วนค่าเปอร์เซ็นต์กรดส่วนหัวมีค่า 0.64 % ส่วนกลางมีค่า 0.55 % และส่วนท้าย 0.45 % ที่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าทางเคมีและกายภาพต่างๆของสับปะรดส่วนหัว, ส่วนกลาง และส่วนท้าย หลังผ่านกระบวนการออสโมซิส

ตำแหน่ง	ความชื้น	% TA	TSS	สี		
				L	a	b
หัว	39.58±1.19[a]	0.29±0.04[a]	55.37±1.30[a]	45.58±2.35[a]	-2.31±0.32[a]	18.49±1.31[a]
กลาง	40.05±1.88[a]	0.26±0.03[a]	55.10±1.74[a]	45.30±0.93[a]	-2.28±0.27[a]	15.93±0.89[a]
ท้าย	39.18±2.77[a]	0.23±0.03[a]	56.60±1.14[a]	45.61±1.56[a]	-2.25±0.51[a]	17.75±3.71[a]

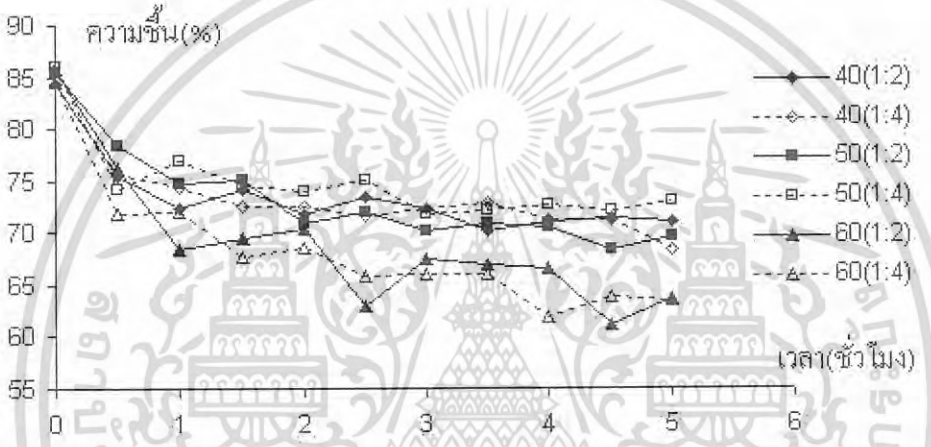
จากตารางที่ 4.2 เมื่อนำสับปะรดส่วนต่าง ๆ ไปหาค่าทางเคมีและกายภาพหลังออสโมซิส พบว่าค่าความชื้นส่วนหัวมีค่า 39.58 % ส่วนกลาง 40.05 % และส่วนท้าย 39.18 % ค่าเปอร์เซ็นต์กรด ส่วนหัวมีค่า 0.29 % ส่วนกลางมีค่า 0.26 % และส่วนท้าย 0.23 % ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ส่วนหัว 55.37 ส่วนกลาง 55.10 และส่วนท้าย 56.60 และค่าสีแบ่งเป็น ความสว่าง (ค่า L) ส่วนหัวมีค่า 45.58 ส่วนกลางมีค่า 45.30 และส่วนท้ายมีค่า 45.61 สีแดง-เขียว (ค่า a) ส่วนหัวมีค่า -2.31 ส่วนกลางมีค่า -2.28 และส่วนท้ายมีค่า -2.25 สีเหลือง-น้ำเงิน (ค่า b) ส่วนหัวมีค่า 18.49 ส่วนกลางมีค่า 15.93 และส่วนท้ายมีค่า 17.75 ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

จากการทดลองในขั้นตอนนี้พบว่า ทั้งปริมาณความชื้น ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ค่าสี เปอร์เซ็นต์กรดของสับปะรดหลังออสโมซิสไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นกระบวนการออสโมซิสสามารถปรับปรุงลักษณะของสับปะรดให้มีคุณภาพใกล้เคียงกันได้ ซึ่งทราบได้จากเปอร์เซ็นต์กรดเริ่มต้นยังคงมีความแตกต่างกันในแต่ละตำแหน่ง แต่เมื่อผ่านการออสโมซิสแล้วเปอร์เซ็นต์กรดมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ จึงสามารถใช้สับปะรดทั้งลูกได้ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การทดลองเพื่อหาระดับความเข้มข้นของน้ำเชื่อม, อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของเนื้อสับปะรดกับน้ำเชื่อมที่และระดับอายุของสับปะรดที่เหมาะสมในการนำมาทำสับปะรดเชื่อมอบแห้ง

เมื่อนำสับปะรดสีเขียวไปทำการออสโมซิสที่ระดับความเข้มข้นของน้ำเชื่อม 40 50และ60 องศาบริกซ์ ในน้ำเชื่อมอัตราส่วนเนื้อสับปะรดต่อน้ำเชื่อม 1 : 2 และ 1 : 4 ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ได้ผลดังภาพที่ 4.2

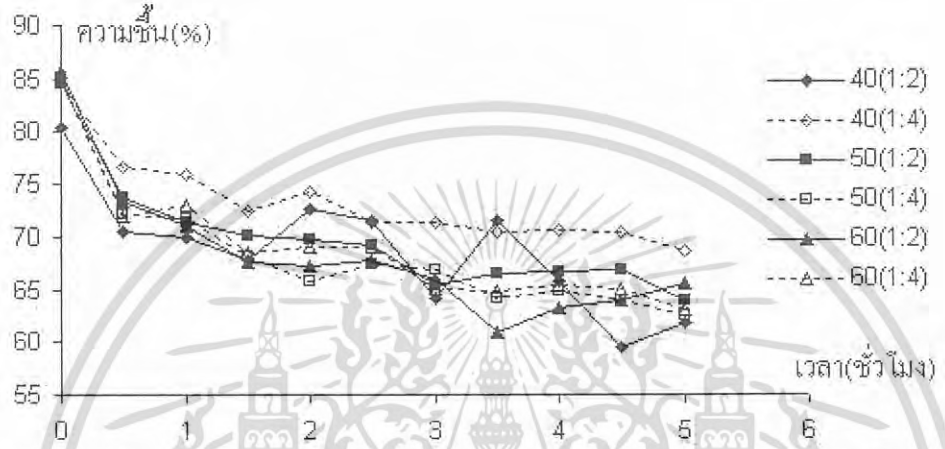


ภาพที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับเวลาในการออสโมซิสสับปะรดผลสีเขียว โดยใช้น้ำเชื่อมความเข้มข้น 40, 50และ60 องศาบริกซ์ และอัตราส่วนเนื้อสับปะรดต่อน้ำเชื่อม 1: 2 และ 1:4

ผลจากการ ออสโมซิส สับปะรดผลสีเขียวแสดงให้เห็นว่าปริมาณความชื้นของสับปะรดสดลดลงเมื่อนำไปผ่านการออสโมซิสเป็นเวลา 5 ชั่วโมง โดยความชื้นลดลงจากประมาณ 85 % เหลือประมาณ 65 - 75 % ซึ่งที่ระดับความเข้มข้น 40 องศาบริกซ์ สามารถลดลงได้น้อยกว่าที่ระดับความเข้มข้น 50 และ 60 องศาบริกซ์ตามลำดับ และที่อัตราส่วนเนื้อสับปะรดต่อน้ำเชื่อมทั้ง 1 : 2 และ 1 : 4 สามารถลดปริมาณความชื้นได้ใกล้เคียงกัน โดยที่อัตราส่วนเนื้อสับปะรดต่อน้ำเชื่อม 1 : 4 สามารถลดปริมาณคามชื้นได้มากว่าอัตราส่วนเนื้อสับปะรดต่อน้ำเชื่อม 1 : 2 เล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อนำสับปะรดสีเหลืองเขียวไปทำการออสโมซิสที่ระดับความเข้มข้นของน้ำเชื่อม 40 50 และ60 องศาบริกซ์ ในน้ำเชื่อมอัตราส่วนเนื้อสับปะรดต่อน้ำเชื่อม 1 : 2 และ 1 : 4 ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ได้ผลดังภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับเวลาในการออสโมซิสสับปะรดผลสีเหลืองเขียวโดยใช้น้ำเชื่อมความเข้มข้น 40, 50และ60 องศาบริกซ์ และอัตราส่วนเนื้อสับปะรดต่อน้ำเชื่อม 1: 2 และ 1:4

ผลจากการ ออสโมซิส สับปะรดผลสีเหลืองเขียวให้เห็นว่าปริมาณความชื้นของสับปะรดสดลดลงเมื่อนำไปผ่านการออสโมซิสเป็นเวลา 5 ชั่วโมง โดยความชื้นลดลงจากประมาณ 85 % เหลือประมาณ 60 - 70 % ซึ่งที่ระดับความเข้มข้น 40 องศาบริกซ์ สามารถลดลงได้น้อยกว่าที่ระดับความเข้มข้น 50 และ 60 องศาบริกซ์ตามลำดับ และที่อัตราส่วนเนื้อสับปะรดต่อน้ำเชื่อมทั้ง 1 : 2 และ1 : 4 สามารถลดปริมาณความชื้นได้ใกล้เคียงกัน โดยที่อัตราส่วนเนื้อสับปะรดต่อน้ำเชื่อม 1 : 4 สามารถลดปริมาณความชื้นได้มากว่าอัตราส่วนเนื้อสับปะรดต่อน้ำเชื่อม 1 : 2 เล็กน้อย เช่นเดียวกับการออสโมซิสสับปะรดผลสีเขียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อนำสับปะรดสีเหลืองไปทำการออสโมซิสที่ระดับความเข้มข้นของน้ำเชื่อม 40 50และ 60 องศาบริกซ์ ในน้ำเชื่อมอัตราส่วนเนื้อสับปะรดต่อน้ำเชื่อม 1 : 2 และ 1 : 4 ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ได้ผลดังภาพที่ 4.4

ภาพที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับเวลาในการออสโมซิสสับปะรดผลสีเหลืองโดยใช้น้ำเชื่อมความเข้มข้น 40, 50และ60 องศาบริกซ์ และอัตราส่วนเนื้อสับปะรดต่อน้ำเชื่อม 1: 2 และ 1:4

ผลจากการ ออสโมซิส สับปะรดผลสีเหลืองให้เห็นว่าปริมาณความชื้นของสับปะรดสดลดลงเมื่อนำไปผ่านการออสโมซิสเป็นเวลา 5 ชั่วโมง โดยความชื้นลดลงจากประมาณ 85 % เหลือประมาณ 65 - 70 % ซึ่งที่ระดับความเข้มข้น 40 องศาบริกซ์ สามารถลดลงได้น้อยกว่าที่ระดับความเข้มข้น 50 และ 60 องศาบริกซ์ตามลำดับ และที่อัตราส่วนเนื้อสับปะรดต่อน้ำเชื่อมทั้ง 1 : 2 และ 1 : 4 สามารถลดปริมาณความชื้นได้ใกล้เคียงกัน โดยที่อัตราส่วนเนื้อสับปะรดต่อน้ำเชื่อม 1 : 4 สามารถลดปริมาณคามชื้นได้มากว่าอัตราส่วนเนื้อสับปะรดต่อน้ำเชื่อม 1 : 2 เล็กน้อย เช่นเดียวกับการออสโมซิสสับปะรดผลสีเขียว และสีเหลืองเขียว

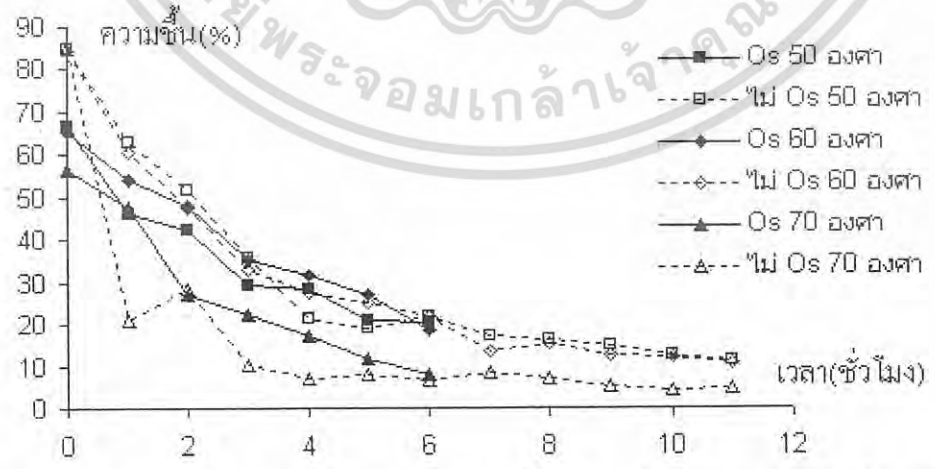
ดังนั้นจากการทดลองทำให้สามารถทราบถึงสภาวะที่ใช้ในการออสโมซิสต่อไปได้ โดยอัตราส่วนเนื้อสับปะรดต่อน้ำเชื่อมทั้ง 1 : 2 และ 1 : 4 ไม่มีผลต่อความสามารถในการลดความชื้น แต่ระดับความเข้มข้นของน้ำเชื่อมและระดับความสุกของผลสับปะรดมีผลต่อการลดปริมาณความชื้นที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % (แสดงดังตารางผนวกที่ ง.14) จึงเลือกใช้อัตราส่วน 1 : 2 เนื่องจากสามารถเตรียมได้สะดวกและประหยัดกว่า จากนั้นจึงวิเคราะห์ผลทางสถิติถึงระดับความสุกของสับปะรดและความเข้มข้นของน้ำเชื่อมต่อการลดความชื้นเบื้องต้นโดยกระบวนการออสโมซิส (แสดงดังตารางผนวกที่ ง.17) ซึ่งความสามารถในการลดความชื้นของสับปะรดที่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับความสุกปานกลางหรือสีเขียวเหลืองสามารถความชื้นได้มากกว่าและแตกต่างจากสับปะรดสีเขียวและ สีเหลืองที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % (แสดงดังตารางผนวกที่ ง.18) เพราะสับปะรดสีเขียวนั้นมีโครงสร้างของเนื้อเยื่อที่แข็งแรงกว่า ดังนั้นอัตราการออสโมซิสจึงต่ำกว่าสับปะรดสีเหลืองและสับปะรดสีเหลืองเขียว แต่สับปะรดสีเหลืองนั้นมีปริมาณน้ำในเนื้อเยื่อมากกว่าสับปะรดสีเหลืองเขียวจึงทำให้ลดปริมาณความชื้นได้น้อยกว่าสับปะรดสีเหลืองเขียว จึงเลือกใช้สับปะรดที่มีความสุกเป็นสีเขียวเหลือง และความเข้มข้นของน้ำเชื่อมแตกต่างกันมีผลต่อการลดความชื้นโดยแบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ 40 และ 50 องศาบริกซ์ กับ 50 และ 60 องศาบริกซ์ (แสดงดังตารางผนวกที่ ง.19) ซึ่งกลุ่มของระดับความเข้มข้น 50 และ 60 องศาบริกซ์ สามารถลดความชื้นได้มากกว่าเนื่องจากความเข้มข้นของสารละลายนั้นมีผลต่อการออสโมซิส ซึ่งสารละลายที่มีความเข้มข้นมากกว่าจะทำให้ปริมาณน้ำภายในเนื้อสับปะรดแพร่ออกมาได้มากกว่า แต่เลือกใช้ความเข้มข้นของน้ำเชื่อมที่ 50 องศาบริกซ์ เนื่องจากประหยัดและสามารถลดความชื้นของสับปะรดได้ไม่แตกต่างจากการใช้น้ำเชื่อมเข้มข้น 60 องศาบริกซ์

4.3 การทดลองเพื่อหาอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมในการอบแห้งสับปะรดที่ผ่านกระบวนการออสโมซิส

เมื่อนำสับปะรดออสโมซิสจากขั้นตอนที่ 4.2 มาอบด้วยเครื่องอบลมร้อนแบบถาดที่อุณหภูมิ 50 60และ70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง และอบสับปะรดสดเครื่องอบลมร้อนแบบถาดที่อุณหภูมิ 50 60และ70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 11 ชั่วโมง และวัดความชื้นทุกชั่วโมง ได้ผลดัง ภาพที่ 4.5



ภาพที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับเวลาในการอบแห้งสับปะรดที่ผ่านการออสโมซิส และไม่ผ่านการ ออสโมซิส ณ อุณหภูมิต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกราฟเห็นว่าสับปะรดที่ผ่านการออสโมซิสแล้วอบแห้งต่อโดยใช้อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส พบว่าความชื้นลดลงหลังจากผ่านการออสโมซิสจากประมาณ 68 % เหลือ ประมาณ 20 % หรือถ้าใช้อุณหภูมิอบที่ 60 องศาเซลเซียส พบว่าความชื้นลดลงหลังจากผ่านการออสโมซิสจากประมาณ 68 % เหลือ ประมาณ 20 % เช่นกัน และถ้าใช้อุณหภูมิอบที่ 70 องศาเซลเซียส พบว่าความชื้นลดลงหลังจากผ่านการออสโมซิสจากประมาณ 58 % เหลือ ประมาณ 8 %

นอกจากนี้สับปะรดที่ไม่ผ่านการออสโมซิสโดยนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส พบว่าสามารถลดความชื้นจากผลสดประมาณ 78 % เหลือความชื้นประมาณ 20 % หลังจากอบเพียง 6 ชั่วโมงและถ้าอบต่อจบครบ 12 ชั่วโมง ความชื้นก็ยังคงลดลงจนเหลือประมาณ 10 % หรือถ้าอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส พบว่าสามารถลดความชื้นจากผลสดประมาณ 82 % เหลือความชื้นประมาณ 25 % หลังจากอบเพียง 6 ชั่วโมงและถ้าอบต่อจบครบ 12 ชั่วโมง ความชื้นก็ยังคงลดลงจนเหลือประมาณ 10 % และถ้าอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส พบว่าสามารถลดความชื้นจากผลสดประมาณ 80 % เหลือความชื้นประมาณ 8 % หลังจากอบเพียง 6 ชั่วโมงและถ้าอบต่อจบครบ 12 ชั่วโมง ความชื้นก็ยังคงลดลงจนเหลือประมาณ 5 %

ดังนั้นปริมาณความชื้นของสับปะรดโดยรวม มีค่าลดลง โดยสับประรดที่ผ่านการออสโมซิสแล้วนำไปอบแห้งนาน 6 ชั่วโมงที่อุณหภูมิทั้ง 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส มีความชื้นลดลงและมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % (ตารางผนวกที่ ง.20) โดยมีความชื้นเหลือใกล้เคียงกับสับปะรดที่ไม่ได้ผ่านการออสโมซิสแล้วนำไปอบที่อุณหภูมิเดียวกันทั้ง 50 60 และ 70 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 6 ชั่วโมง และจากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % สังเกตว่าความชื้นของสับปะรดออสโมซิสอบแห้งนั้นแตกต่างกันโดยแบ่งออกเป็นสองกลุ่มคือ 70 องศาเซลเซียส กับ 50 และ 60 องศาเซลเซียส (ตารางผนวกที่ ง.21) โดยการอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสจะทำให้ความชื้นลดลงเหลือน้อยที่สุด ส่วนการอบที่อุณหภูมิ 50 และ 60 องศาเซลเซียสจะเหลือความชื้นใกล้เคียงกัน ถึงแม้ว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสจะสามารถลดความชื้นจนเหลือน้อยที่สุด แต่ผลิตภัณฑ์ดูไม่น่ารับประทาน แห้งเกินไป และเกิดเป็นสีน้ำตาลมากกว่าการอบที่อุณหภูมิ 50 และ 60 องศาเซลเซียส ดังภาพที่ จึงไม่สามารถใช้อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสอบได้ และที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเหลือความชื้นน้อยและมีลักษณะปรากฏที่น่ารับประทาน ดูแห้ง ไม่เยิ้มกว่าการอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ดังนั้น จึงเลือกอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเพื่อใช้ในการทำการทดลองในขั้นตอนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

ภาพที่ 4.6 แสดงสับปะรดออสโมซิสอบแห้งที่อุณหภูมิต่างกัน

4.4 การทดลองเพื่อเปรียบเทียบความชอบระหว่างสับปะรดที่ผ่านและไม่ผ่านการออสโมซิสก่อนการอบแห้งโดยวิธี Preference Test

เมื่อนำสับปะรดสดและสับปะรดออสโมซิส อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 6 ชั่วโมง และทดสอบกับผู้ทดสอบจำนวน 20 คน ได้ผลดังตางรางที่ 4.3

ตางรางที่ 4.3 ตารางแสดงความชอบต่อสับปะรดที่ผ่านการออสโมซิสก่อนการอบและไม่ผ่านการออสโมซิสก่อนการอบ

ผู้ชิมคนที่	ออสโมซิสก่อน	ไม่ออสโมซิส	ผู้ชิมคนที่	ออสโมซิสก่อน	ไม่ออสโมซิส
1		✓	11	✓	
2	✓		12	✓	
3	✓		13	✓	
4	✓		14		✓
5	✓		15	✓	
6	✓		16	✓	
7		✓	17	✓	
8		✓	18	✓	
9	✓		19		✓
10	✓		20	✓	
รวม	7	3	รวม	8	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.3 แสดงการเปรียบเทียบความชอบทางสถิติโดยวิธี Preference Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % จะยอมรับว่าผู้ทดสอบยอมรับผลิตภัณฑ์นั้นต่อเมื่อมีผู้ทดสอบเลือกผลิตภัณฑ์นั้นตั้งแต่ 15 คนขึ้นไป (แสดงดังตารางผนวกที่ ค.1)จากการทดสอบ พบว่ามีผู้ทดสอบเลือกสับปะรดที่ผ่านการออสโมซิสก่อนอบแห้งถึง 15 คน นั่นหมายความว่าผู้ทดสอบเลือกสับปะรดที่ผ่านการออสโมซิสก่อนการอบที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยสับปะรดออสโมซิสอบแห้งจะมีลักษณะปรากฏที่น่ารับประทาน ไม่แห้งจนเกินไป และมีสีที่สวยใกล้เคียงกับของสดมากกว่าสับปะรดอบแห้งที่ไม่ผ่านการออสโมซิสดังภาพที่ 4.7

สับปะรดออสโมซิสอบแห้ง สับปะรดไม่ผ่านออสโมซิสอบแห้ง

ภาพที่ 4.7 แสดงสับปะรดที่ผ่านการออสโมซิสและไม่ผ่านการออสโมซิสอบแห้ง

4.6 การทดลองเพื่อหาอายุการเก็บรักษาของสับปะรดเชื่อมอบแห้ง

เมื่อนำสับปะรดออสโมซิสอบแห้งเก็บรักษา 1 เดือน และสับปะรดออสโมซิสอบแห้งเก็บรักษา 0 เดือน ทดสอบอายุการเก็บรักษาด้วยวิธี Triangle test โดยทดสอบความความแตกต่างระหว่างรสชาติของสับปะรดออสโมซิสอบแห้งที่เก็บไว้เป็นระยะเวลา 1 เดือนกับสับประรดเชื่อมอบแห้งที่เก็บระยะเวลา 0 เดือน ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงผลการทดสอบอายุการเก็บรักษาของสับปะรดอบแห้งด้วยวิธี Triangle Test

ผู้ชิมคนที่	การแยกความแตกต่าง	ผู้ชิมคนที่	การแยกความแตกต่าง
1	แยกได้	11	แยกได้
2	แยกไม่ได้	12	แยกได้
3	แยกได้	13	แยกได้
4	แยกไม่ได้	14	แยกได้
5	แยกได้	15	แยกได้
6	แยกไม่ได้	16	แยกได้
7	แยกได้	17	แยกไม่ได้
8	แยกได้	18	แยกได้
9	แยกได้	19	แยกไม่ได้
10	แยกไม่ได้	20	แยกได้

จากตารางเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของการทดสอบแบบ Tri Angleที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % (แสดงดังตารางผนวกที่ ค.2) แสดงว่ามีความแตกต่างกันต่อเมื่อมีผู้ทดสอบสามารถแยกตอบถูกหรือแยกความแตกต่างได้ ตั้งแต่ 11 คนขึ้นไป

จากตารางที่ 4.4 การทดสอบเพื่อหาความแตกต่างปรากฏว่าจากผู้ทำการทดสอบทั้งหมด 20 คน มีผู้ทดสอบสามารถแยกถึงความแตกต่างของสับปะรดเชื่อมอบแห้งที่ทำการเก็บรักษา 0 เดือนกับเก็บรักษา 1 เดือนได้ ถึง 14 คน นั่นแสดงว่าไม่สามารถทำการเก็บรักษาสับปะรดออสโมซิส อบแห้งเป็นระยะเวลา 1 เดือนได้ เนื่องจากสับปะรดที่เก็บไว้ 1 เดือนมีลักษณะแห้งกว่าและมีสีน้ำตาลเกิดขึ้น ลักษณะเนื้อไม่ชุ่มน้ำเท่ากับสับปะรดที่เก็บไว้ที่ 0 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0 เดือน 1 เดือน

ภาพที่ 4.8 แสดงสับปะรดออสโมซิสอบแห้งที่เก็บรักษาไว้ที่เวลา 0 เดือนและ 1 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

ผลการทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมต่อการแปรรูปสับปะรดออสโมซิส พบว่าสามารถใช้สับปะรดทั้งผลในกระบวนการนี้ได้ เนื่องจากเมื่อผ่านออสโมซิสแล้วสับปะรดมีค่าทางเคมีและกายภาพไม่แตกต่างกันทั้งส่วนหัว ส่วนกลาง และส่วนท้าย ส่วนสภาวะการออสโมซิสเพื่อลดความชื้นเบื้องต้นพบว่า สามารถใช้สับปะรดที่มีระดับความสุกเป็นสีเขียวเหลืองหรือมีความสุกระดับปานกลาง ความเข้มข้นของน้ำเชื่อม 50 องศาบริกซ์ อัตราส่วนเนื้อสับปะรดต่อน้ำเชื่อม 1 : 2 เพราะเป็นระดับที่สามารถลดความชื้นได้ดีและประหยัด เมื่อนำมาอบแห้งโดยตู้อบลมร้อนแบบถาดโดยใช้สภาวะการออสโมซิสดังกล่าวลดความชื้นเบื้องต้นพบว่า การอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ทำให้สับปะรดออสโมซิสอบแห้งมีความชื้นในระดับที่จุลินทรีย์ส่วนใหญ่ไม่สามารถเจริญได้และมีลักษณะปรากฏที่ดี เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค แต่ไม่สามารถเก็บรักษาถึง 1 เดือน

ข้อเสนอแนะ

1. การอบไอน้ำก่อนนำมาเข้ากระบวนการแปรรูปนั้นเพื่อยับยั้งเอนไซม์ที่จะทำให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในสับปะรด
2. สับปะรดออสโมซิสอบแห้งที่เก็บเป็นเวลา 1 เดือนแม้ผู้บริโภคจะแยกความแตกต่างออกระหว่างการเก็บที่ 0 เดือน และ 1 เดือน แต่ไม่ได้หมายความว่าไม่สามารถทำการเก็บรักษาได้เพียงแต่ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคเท่านั้น เพราะเมื่อพิจารณาถึงจุลินทรีย์ไม่พบว่ามีการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ นั่นคือเราสามารถทำการเก็บรักษาได้แต่ลักษณะปรากฏจะเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ซึ่งในขั้นตอนการออสโมซิสนั้นอาจเพิ่มระยะเวลาในการออสโมซิสเพื่อเพิ่มปริมาณของแข็งให้กับสับปะรด ซึ่งจะทำให้มีลักษณะคงตัวเมื่อผ่านการอบแห้งแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กัญญารัตน์ เฉลิมฐิติภา และ สุมนทิพย์ จินต์สุภาวงศ์, 2536. **การยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง.** ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร. คณะเทคโนโลยีการเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์. 2535 . **ผักและผลไม้.** กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เกตุอร ทองเครือ 2536. **การปลูกสับปะรด** คำแนะนำที่ 37 กรมส่งเสริมการเกษตร กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย (พิมพ์ครั้งที่ 7) หน้า 67

จารุพันธุ์ ทองแถม ม.ล. 2524 **การปลูกสับปะรด** คู่มือการเกษตร เอกสารทางวิชาการฉบับที่ 1 สมาคมการค้าปุ๋ยและธุรกิจการเกษตรไทย. หน้า 124

จุฑารัตน์ ปราบอริพ่าย และ เยาวมาลย์ เจนจิตรานันท์, 2537. **การศึกษาถึงผลของกระบวนการและการใช้สารเคมีเพื่อยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในการผลิตสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง.** ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร. คณะเทคโนโลยีการเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เดช อยู่ชา และคณะ (2535) **สับปะรด** บริษัทสับปะรดไทย จำกัด, จังหวัดประจวบคีรีขันธ์. หน้า 23

นิธิยา รัตนาปนนท์, 2545. เอนไซม์ : ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล. **เคมีอาหาร.** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ

ปราณี อ่านเปรื่อง, 2547. ปัจจัยของค่า pH ที่มีผลต่อเอนไซม์ : ปัจจัยของอุณหภูมิที่มีผลต่อเอนไซม์. **เอนไซม์ทางอาหาร.** พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ

มนตรี กล้าขาย และสมคิด บุญรอด 2535 สับปะรด สำนักงานส่งเสริมการเกษตรภาคตะวันออก , จังหวัดระยอง. หน้า 24

ไม่ปรากฏผู้แต่ง. **การออสโมซิส** [ออนไลน์] . เข้าถึงได้จาก www.nfe.go.th/etv/document/knowledge_lif/Bio2.pdf

ไม่ปรากฏผู้แต่ง. **คุณค่าทางโภชนาการในเนื้อสับปะรด** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก www.doae.go.th/library/html/detail/Pineappl/Mainpine.htm

ไม่ปรากฏที่มา. **สับปะรด (Pineapple)** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://www.healthnet.in.th/text/forum2/juice/juice085.htm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่ปรากฏผู้แต่ง. **สับปะรด** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก www.culture.go.th/knowledge/thaifruit/papple.htm

AOAC 1984. Official Methods of Analysis, 14th edn., **Association of Official Analytical Chemists**, Washington, DC

Bravo, L. 1998. Polyphenols:Chemistry,Dietary Sources, **Metabolism and Nutritional Significance**. Nutrition Reviews. 56(11):317-333.

Chutintrasri B. and Noomhorm A., 2005. **Thermal inactivation of polyphenoloxidase in pineapple puree**. Food Technology Department, Faculty of Science, Ramkhamhaeng University. Food Engineering and Bioprocess Technology, School of Environment, Resources and Development, Asian Institute of Technology. Thailand

Expedito T. F. et al. 1996. **Osmotic dehydration of pineapple : kinetics and product quality**. Food Research International, vol. 29, Nos3-4, pp.227-233

H. Y. and A. S., 2000. **Partially Puri _cation and Characterization of Polyphenol Oxidase of Quince**. Trakya University, Department of Chemistry, Turkey

Kim J., Marshall M. R. and Wei C. I., 2000. **Enzymatic Browning in Fruits, Vegetables and Seafoods. Food Science and Human Nutrition Department**. Food Engineering Department College of Engineering, Mokpo National University, Chinnam. University of Florida, Florida. Nutrition and Food Science Department, Auburn University, Alabama

Nagodawithana T. and Reed G., 1993. Effect of Temperature : Oxidoreductases. Enzyme in **Food Processing**. 3rd Edition. United State of America

Rahman, M. S. and Lamb, J. (1990). **Osmotic dehydration of pineapple.** J. Food Sci. Technol., 27, 15&1 52.

Route-Mayer, M.A, Philippon, J. and Nicolus, J., 1993. Browning : Enzymatic-Biochemical Aspec. **In Encyclopedia of Food Science**, Food Technology and Nutrition. Vol. 1., Academic Press, London

Saper S. G. M.., 1993. Browning of Food : Control By Sulphites, Antioxidant and other means. **Food Tech**.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Weemase C.A., Ludikhuyze L. R., Van den Broeck I., Hendrickx M. E. and Tobback P. P., 1997. Activity of PPO : Heat inactivation of PPO. **Activity, Electrophoretic Characteristics and Heat Inactivation of Polyphenoloxidases from Apples, Avocados, Grapes, Pears and Plums**. Department of Food and Microbial Technology, Faculty of Agricultural and Applied Biological Sciences, Katholieke Universiteit. Belgium

Zugarramurdi, A.and Lupin, H. M.1980. **A model to explain observed behavior on fish salt**. J. Food Sci, 45, 1305-1317

Unavialable. **Phenolic Composition of Authentic Pineapple Juice** [Online] available: http://bookstore.ift.org/store/iftstore/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

การวิเคราะห์และการวัดผล

การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ โดยการวัดด้วยเครื่อง Hand Refractometer

วิธีนี้เป็นวิธีที่นิยมใช้วัดน้ำตาลทั้งในผลไม้และในสารละลายมากที่สุดเพราะเป็นวิธีที่ง่าย ใช้เวลาน้อย ใช้ตัวอย่างน้อย เครื่องมือมีขนาดเล็กสะดวกในการใช้และนำติดตัวไป ผลการวัดค่อนข้างแน่นอนและสามารถติดตามการเปลี่ยนแปลงได้

วิธีการนี้เป็นการวัดแบบ Refractometry คือ การวัดดัชนีหักเห (Refractive index) ของสารละลายตัวอย่าง เนื่องจากสารละลายตัวอย่างมีของแข็งที่ละลายได้ (soluble solid) ทำให้การหักเหของแสงระหว่างปริซึมกับสารละลายตัวอย่างแตกต่างจากการหักเหของแสงระหว่างปริซึมกับน้ำบริสุทธิ์ ค่าที่อ่านได้เป็นค่า °Brix โดยอ้างอิงกับดัชนีหักเหของสารละลายน้ำตาลกลูโคสบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส

อย่างไรก็ตามการวัดดัชนีหักเหของสารละลายตัวอย่างด้วย Hand Refractometer นี้เป็นการวัดปริมาณของสารที่ละลายได้ทั้งหมด ที่มีผลต่อดัชนีหักเหของแสงของสารละลาย เช่น กรดอินทรีย์ แอลกอฮอล์ ไม่ได้วัดเฉพาะน้ำตาล ดังนั้นค่า °Brix ที่วัดได้ในสารละลายจึงไม่ใช่น้ำตาลอย่างเดียว

การวัดน้ำตาลด้วย Hand Refractometer ควรจะมีการปรับสเกลเป็นศูนย์โดยใช้น้ำบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส อยู่เสมอ

มีวิธีวัด ดังนี้

ภาพผนวกที่ ก.1 แสดงลักษณะและการใช้ Hand Refractometer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ใช้แท่งแก้วจุ่มสารละลายตัวอย่างหยดลงบนปริซึมของเครื่อง Hand Refractometer
2. ค่อยๆปิดแผ่นใสที่ให้แสง
3. สารละลายต้องกระจายทั่วผิวปริซึม ระวังอย่าให้มีฟองอากาศอยู่ใต้แผ่นใส
4. ส่องดูสเกลในเครื่องผ่านช่องมองของเครื่อง
5. อ่านค่าองศาบริกซ์ตรงรอยต่อระหว่าสีขาวและสีฟ้า
6. ล้างด้วยน้ำสะอาดและเช็ดด้วยกระดาษทิชชู่ให้แห้ง

การวัดสี

ภาพผนวกที่ ก.2 แสดงลักษณะของเครื่องวัดสี Minolta รุ่น CR 300

สามารถวัดได้โดยใช้เครื่องวัดสียี่ห้อ Minolta รุ่น CR 300

1. ทำการเทียบมาตรฐานในการวัดสีของเครื่องกับแผ่นมาตรฐานโดยการนำกระบอกวัดสีไปแตะไว้กับแผ่นเซรามิก จากนั้นกดปุ่ม Calibrate รอจนเครื่องทำงานเสร็จ แล้วกดปุ่ม measure บนเครื่อง เครื่องจะทำการวัดสีของแผ่นเซรามิก จากนั้นเทียบว่าค่าของสีนั้นอยู่ในช่วงที่กำหนดหรือไม่
2. เมื่อทำการเทียบมาตรฐานเครื่องเสร็จแล้ว ให้นำส่วนที่เป็นกระบอกวัดสีไปแตะบริเวณผิวของสับปะรดที่ต้องการวัดสี
3. กดปุ่มบนกระบอกวัดสี เครื่องจะทำการวัดค่าสีของสับปะรด จากนั้นอ่านค่าสีที่ปรากฏบนหน้าจอแสดงผล
4. บันทึกค่าในโหมดแสดงสีแบบ Lab บันทึก ค่า L, a, b, c และ h

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหาความชื้น

1. หั่นตัวอย่างที่ต้องการหาความชื้นให้มีน้ำหนักประมาณ 2-3 กรัม (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง)
2. นำมาใส่ในแคน
3. นำไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง หรือจนกว่าน้ำหนักคงที่ (โดยนำออกมาไว้ในโถดูดความชื้น 30 นาที ก่อนนำไปชั่งน้ำหนัก ทำแบบนี้เรื่อยๆ จนกว่าน้ำหนักจะคงที่)
4. นำออกมาใส่ในโถดูดความชื้นนาน 30 นาที และชั่งน้ำหนักสุดท้าย (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) แลคำนวณค่าความชื้นด้วยสูตรดังนี้

$$\% \text{ความชื้น} = \frac{\text{นน.ก่อนอบ - นน.หลังอบ x 100}}{\text{นน.ก่อนอบ}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

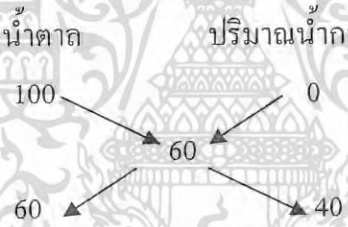
การเตรียมตัวอย่างและสารเคมี

การเตรียมตัวอย่าง

1. นำสับปะรดมาปอกเปลือกหั่นเป็นรูปพัดหนาประมาณ 1 เซนติเมตร
2. แยกบางส่วนไปวัดค่าทางกายภาพได้แก่ สี ความชื้น และทางเคมีได้แก่ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ เปอร์เซนต์กรด
3. นำส่วนที่เหลือมาหั่นเป็นรูปพัดหนาประมาณ 1 เซนติเมตร
4. นำไปนึ่งด้วยไอน้ำร้อนนาน 5 นาที จากนั้นรอให้เย็น

การเตรียมน้ำเชื่อม

1. กำหนดความเข้มข้นน้ำเชื่อมที่ต้องการ
2. ใช้สมการ Peason's square คำนวณปริมาณน้ำตาลและน้ำเชื่อมที่ต้องใช้ ตัวอย่างเช่น ต้องการความเข้มข้นของน้ำเชื่อม 60 องศาบริกซ์



ภาพผนวกที่ ข.1 แสดงการคำนวณการทำสารละลายน้ำตาล

ดังนั้นการเตรียมสารละลายน้ำเชื่อม 60 องศาบริกซ์ 100 กรัม ต้องใช้น้ำตาลทั้งหมด 60 กรัม และน้ำกลั่น 40 กรัม

3. ละลายน้ำตาลและน้ำกลั่นตามปริมาณที่คำนวณได้ให้เข้ากัน และวัดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ด้วย Hand Refractometer ที่อุณหภูมิของสารละลายเท่ากับอุณหภูมิห้อง

การเตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.1 N

1. ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ 4 กรัม (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง)
2. ละลายและปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 1000 มิลลิลิตร ด้วยขวดปรับปริมาตร
3. ทำการหาความเข้มข้นที่แน่นอน (Standardization) ของโซเดียมไฮดรอกไซด์กับสารละลายโพแทสเซียมไฮโดรเจนพาทาเลต (KHP) ที่ทราบความเข้มข้นที่แน่นอน
4. คำนวณความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์โดยใช้สูตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$N.NaoH = \frac{Wt.\ of\ KHP \times 1000}{Mw.\ of\ KHP \times V_{NaOH}}$$

เมื่อ Wt. of KHP คือ น้ำหนัก (กรัม) ของ KHP

Mw. Of KHP คือ มวลโมเลกุลของ KHP

V_{NaOH} คือ ปริมาตรของ NaOH ที่ใช้ในการไตเตรต

การเตรียมอินดิเคเตอร์ฟีนอล์ฟทาลีน (Phenolphthalein) 1 %

1. ชั่งผลึกฟีนอล์ฟทาลีน 1 กรัม
2. ละลายในแอลกอฮอล์ 95 %
3. ปรับปริมาตรสารละลายให้เป็น 100 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

วิธีทดสอบทางประสาทสัมผัส

การทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ Triangle Test และ Preference Test

1. เลือกผู้ทดสอบ 20 คน และแบ่งตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่มที่ต้องการทดสอบ
2. ทำ Master Sheet และจัดวางตัวอย่างตาม
3. ให้ผู้ชิมทำการทดสอบ บนทึกและแปรผลตาม Master Sheet
4. เปรียบเทียบกับตารางมาตรฐาน (Significance in triangle Test) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตัวอย่างแบบสอบถามสำหรับการทดสอบแบบ Triangle Test

Triangle Test

ชื่อ..... วันที่.....

1. ชิมตัวอย่างเปรียบเทียบทั้งสามชนิดด้านรสชาด สีและกลิ่น ระหว่างชิมให้บ้วนปากระหว่างตัวอย่าง
2. ทำเครื่องหมาย ◯ ล้อมรอบหมายเลขที่แตกต่างจากกกลุ่ม

624 801 199

ตัวอย่างแบบสอบถามสำหรับการทดสอบแบบ Preference Test

Preference Test

ชื่อ..... วันที่.....

1. ชิมตัวอย่างทั้งสามชนิดด้านรสชาด สีและกลิ่น ระหว่างชิมให้บ้วนปากระหว่างตัวอย่าง
2. ทำเครื่องหมาย ◯ ล้อมรอบหมายเลขที่ท่านชอบ

624 801 199

ภาพผนวกที่ ค.1 ตัวอย่างแบบสอบถามสำหรับการทดสอบแบบ Triangle Test และ Preference Test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง Master Sheet

วันที่_____

ชื่อผลิตภัณฑ์ สับปะรดเชื่อมอบแห้ง ผู้ชิมคนที่ (1-20)

Master Sheet

Judge Number	Sample code and Order of serving			
	Order	A	B	C
1	2 1 3 (BAC)	840	878	879
2	1 2 3 (ABC)	876	724	794
3	3 2 1 (CBA)	296	896	893
4	3 1 2 (CAB)	870	499	959
5	1 2 3 (ABC)	443	701	562
6	1 3 2 (ACB)	716	310	663
7	2 3 1 (BCA)	535	296	909
8	3 2 1 (CBA)	370	956	751
9	1 2 3 (ABC)	768	312	295
10	3 1 2 (CAB)	599	975	404
11	3 1 2 (CAB)	219	044	697
12	1 3 2 (ACB)	697	340	580
13	1 3 2 (ACB)	617	893	843
14	1 2 3 (ABC)	840	515	063
15	2 3 1 (BCA)	666	208	669
16	3 2 1 (CBA)	432	073	612
17	3 1 2 (CAB)	381	231	754
18	2 1 3 (BAC)	320	784	353
19	3 1 2 (CAB)	670	359	727
20	3 2 1 (CBA)	114	690	202
Total correct				

ภาพผนวกที่ ค.2 ตัวอย่าง Master Sheet สำหรับการทดสอบด้วยวิธี Triangle Test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ค.1 ตารางแสดง Probability in Preference Test

จำนวนผู้ตัดสิน	ความชอบ			ความแตกต่าง		
	ระดับความน่าจะเป็น			ระดับความน่าจะเป็น		
	5%	1%	0.10%	5%	1%	0.10%
5	-	-	-	5	-	-
6	-	-	-	6	-	-
7	7	-	-	7	7	-
8	8	8	-	7	8	-
9	8	9	-	8	9	-
10	9	10	-	9	10	10
11	10	10	11	9	10	11
12	10	11	12	10	11	12
13	11	12	13	10	12	13
14	12	13	14	11	12	13
15	12	13	14	12	13	14
16	13	14	15	12	14	15
17	13	15	16	13	14	16
18	14	15	17	13	15	16
19	15	16	17	14	16	17
20	15	17	18	15	16	18
21	16	18	19	15	17	18
22	17	18	19	16	17	19
23	17	19	20	16	18	20
24	18	20	21	17	19	20
25	18	20	21	18	19	21
26	19	21	22	18	20	22
27	20	21	23	19	20	22
28	20	22	23	19	21	23
29	21	23	24	20	22	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ค.2 ตารางแสดง Probability in triangular (Taste) Test

No. of tester	No. of correct answers necessary to establish significant differentiation			No. of tester	No. of correct answers necessary to establish significant differentiation		
	P = 0.05	P = 0.01	P = 0.001		P = 0.05	P = 0.01	P = 0.001
11	7	8	9	57	27	29	31
12	8	9	10	58	27	29	32
13	8	9	10	59	27	30	32
14	9	10	11	60	28	30	33
15	9	10	12	61	28	30	33
16	10	11	12	62	28	31	33
17	10	11	13	63	29	31	34
18	10	12	13	64	29	32	34
19	11	12	14	65	30	32	35
20	11	13	14	66	30	32	35
21	12	13	15	67	30	33	36
22	12	14	15	68	31	33	36
23	13	14	16	69	31	34	36
24	13	14	16	70	32	34	37
25	13	15	17	71	32	34	37
26	14	15	17	72	32	35	38
27	14	16	18	73	33	35	38
28	15	16	18	74	33	36	39
29	15	17	19	75	34	36	39
30	16	17	19	76	34	36	39
31	16	18	19	77	34	37	40
32	16	18	20	78	35	37	40
33	17	19	20	79	35	38	41
34	17	19	21	80	35	38	41
35	17	19	21	81	36	38	41
36	18	20	22	82	36	39	42
37	18	20	22	83	37	39	42
38	18	21	23	84	37	40	43
39	19	21	23	85	37	40	43
40	19	22	24	86	38	40	44
41	20	22	24	87	38	41	44
42	20	22	25	88	39	41	44
43	21	23	25	89	39	42	45
44	21	21	25	90	39	42	45
45	21	24	26	91	40	42	46
46	22	24	26	92	40	43	46
47	22	25	27	93	40	43	46
48	23	25	27	94	41	44	47
49	23	23	28	95	41	44	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง.

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

การวิเคราะห์ทางสถิติโดยโปรแกรม SPSS

ตารางผนวกที่ ง.1 แสดงผลการวิเคราะห์หาความแตกต่างทางสถิติของความชื้นของสับปะรดส่วนหัว ส่วนกลางและส่วนท้ายก่อนการออสโมซิส ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: MOISTURE

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	4.981[a]	2	2.490	1.083	.355
Intercept	190695.164	1	190695.164	82888.72	.000
POSITION	4.981	2	2.490	1.083	.355
Error	55.215	24	2.301		
Total	190755.360	27			
Corrected Total	60.196	26			

a. R Squared = .083 (Adjusted R Squared = .006)

ตารางผนวกที่ ง.2 แสดงผลการวิเคราะห์หาความแตกต่างทางสถิติของเปอร์เซ็นต์กรดของสับปะรดส่วนหัว ส่วนกลางและส่วนท้ายหลังการออสโมซิส ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: TA

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	5.429E-02[a]	2	2.714E-02	6.805	.029
Intercept	2.668	1	2.668	668.802	.000
POSITION	5.429E-02	2	2.714E-02	6.805	.029
Error	2.393E-02	6	3.989E-03		
Total	2.746	9			
Corrected Total	7.822E-02	8			

a. R Squared = .694 (Adjusted R Squared = .592)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ง.3 แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติแยกความแตกต่างเป็นกลุ่มของเปอร์เซ็นต์กรดของสับปะรดส่วนหัว ส่วนกลางและส่วนท้ายก่อนการออสโมซิส ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

TA

Duncan[a,b]

POSITION	N	Subset 1	Subset 2
Butt	3	.4467	
Mid	3	.5500	.5500
Top	3		.6367
Sig.		.092	.144

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 3.989E-03.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

ตารางผนวกที่ ง.4 แสดงผลการวิเคราะห์หาความแตกต่างทางสถิติของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของสับปะรดส่วนหัว ส่วนกลางและส่วนท้ายก่อนการออสโมซิส ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: BRIX

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.816[a]	2	.408	.117	.892
Intercept	1570.801	1	1570.801	449.800	.000
POSITION	.816	2	.408	.117	.892
Error	20.953	6	3.492		
Total	1592.570	9			
Corrected Total	21.769	8			

a. R Squared = .037 (Adjusted R Squared = -.283)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ง.5 แสดงผลการวิเคราะห์หาความแตกต่างทางสถิติของค่าสี L ของสับปะรดส่วนหัว ส่วนกลางและส่วนท้ายก่อนการออสโมซิส ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: L

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	8.454[a]	2	4.227	.742	.515
Intercept	46438.813	1	46438.813	8152.548	.000
POSITION	8.454	2	4.227	.742	.515
Error	34.177	6	5.696		
Total	46481.445	9			
Corrected Total	42.631	8			

a. R Squared = .198 (Adjusted R Squared = -.069)

ตารางผนวกที่ ง.6 แสดงผลการวิเคราะห์หาความแตกต่างทางสถิติของค่าสี a ของสับปะรดส่วนหัว ส่วนกลางและส่วนท้ายก่อนการออสโมซิส ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: A

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	4.807E-02[a]	2	2.403E-02	.322	.737
Intercept	28.196	1	28.196	377.683	.000
POSITION	4.807E-02	2	2.403E-02	.322	.737
Error	.448	6	7.466E-02		
Total	28.692	9			
Corrected Total	.496	8			

a. R Squared = .097 (Adjusted R Squared = -.204)

ตารางผนวกที่ ง.7 แสดงผลการวิเคราะห์หาความแตกต่างทางสถิติของค่าสี b ของสับปะรดส่วนหัว ส่วนกลางและส่วนท้ายก่อนการออสโมซิส ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: B

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	42.225[a]	2	21.113	3.092	.119
Intercept	9248.028	1	9248.028	1354.284	.000
POSITION	42.225	2	21.113	3.092	.119
Error	40.972	6	6.829		
Total	9331.226	9			
Corrected Total	83.198	8			

a. R Squared = .508 (Adjusted R Squared = .343)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ง.8 แสดงผลการวิเคราะห์หาความแตกต่างทางสถิติของความชื้นของสับปะรดส่วนหัว ส่วนกลางและส่วนท้ายหลังการออสโมซิส ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: MOISTURE

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	3.370[a]	2	1.685	.400	.675
Intercept	42349.032	1	42349.032	10041.20	.000
POSITION	3.370	2	1.685	.400	.675
Error	101.221	24	4.218		
Total	42453.623	27			
Corrected Total	104.590	26			

a. R Squared = .032 (Adjusted R Squared = -.048)

ตารางผนวกที่ ง.9 แสดงผลการวิเคราะห์หาความแตกต่างทางสถิติของเปอร์เซ็นต์กรดของสับปะรดส่วนหัว ส่วนกลางและส่วนท้ายหลังการออสโมซิส ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: TA

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	4.289E-03[a]	2	2.144E-03	1.949	.223
Intercept	.603	1	.603	548.374	.000
POSITION	4.289E-03	2	2.144E-03	1.949	.223
Error	6.600E-03	6	1.100E-03		
Total	.614	9			
Corrected Total	1.089E-02	8			

a. R Squared = .394 (Adjusted R Squared = .192)

ตารางผนวกที่ ง.10 แสดงผลการวิเคราะห์หาความแตกต่างทางสถิติของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของสับปะรดส่วนหัว ส่วนกลางและส่วนท้ายหลังการออสโมซิส ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: BRIX

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	3.842[a]	2	1.921	.958	.435
Intercept	27911.271	1	27911.271	13917.98	.000
POSITION	3.842	2	1.921	.958	.435
Error	12.032	6	2.005		
Total	27927.146	9			
Corrected Total	15.875	8			

a. R Squared = .242 (Adjusted R Squared = -.011)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ง.11 แสดงผลการวิเคราะห์หาความแตกต่างทางสถิติของค่าสี L ของสับปะรดส่วนหัว ส่วนกลางและส่วนท้ายหลังการออสโมซิส ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: L

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.179[a]	2	8.968E-02	.030	.970
Intercept	18631.340	1	18631.340	6335.490	.000
POSITION	.179	2	8.968E-02	.030	.970
Error	17.645	6	2.941		
Total	18649.164	9			
Corrected Total	17.824	8			

a. R Squared = .010 (Adjusted R Squared = -.320)

ตารางผนวกที่ ง.12 แสดงผลการวิเคราะห์หาความแตกต่างทางสถิติของค่าสี b ของสับปะรดส่วนหัว ส่วนกลางและส่วนท้ายหลังการออสโมซิส ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: A

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	6.022E-03[a]	2	3.011E-03	.021	.980
Intercept	46.831	1	46.831	323.023	.000
POSITION	6.022E-03	2	3.011E-03	.021	.980
Error	.870	6	.145		
Total	47.707	9			
Corrected Total	.876	8			

a. R Squared = .007 (Adjusted R Squared = -.324)

ตารางผนวกที่ ง.13 แสดงผลการวิเคราะห์หาความแตกต่างทางสถิติของค่าสี b ของสับปะรดส่วนหัว ส่วนกลางและส่วนท้ายหลังการออสโมซิส ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: B

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	10.384[a]	2	5.192	.959	.435
Intercept	2722.057	1	2722.057	502.675	.000
POSITION	10.384	2	5.192	.959	.435
Error	32.491	6	5.415		
Total	2764.932	9			
Corrected Total	42.875	8			

a. R Squared = .242 (Adjusted R Squared = -.010)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ง.14 แสดงผลการวิเคราะห์หาความแตกต่างทางสถิติของความชื้นของสับปะรดเมื่อผ่านการออสโมซิสเป็นเวลา 5 ชั่วโมงโดยใช้ระดับความสุก ความเข้มข้นน้ำเชื่อมและอัตราส่วนน้ำเชื่อมที่แตกต่างกัน ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: MOISTURE

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	750.866[a]	17	44.169	5.364	.000
Intercept	241143.734	1	241143.734	29285.68	.000
RIPE	168.751	2	84.376	10.247	.000
BRIX	218.028	2	109.014	13.239	.000
RATIO	.704	1	.704	.085	.772
RIPE * BRIX	180.893	4	45.223	5.492	.001
RIPE * RATIO	4.762	2	2.381	.289	.751
BRIX * RATIO	8.370	2	4.185	.508	.606
RIPE * BRIX * RATIO	169.357	4	42.339	5.142	.002
Error	296.431	36	8.234		
Total	242191.030	54			
Corrected Total	1047.297	53			

a. R Squared = .717 (Adjusted R Squared = .583)

ตารางผนวกที่ ง.15 แสดงผลการแยกความแตกต่างเป็นกลุ่มของความชื้นของสับปะรดเมื่อผ่านการออสโมซิสเป็นเวลา 5 ชั่วโมงโดยใช้ระดับความสุกที่แตกต่างกัน ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

MOISTURE

Duncan[a,b]

RIPE	N	Subset 1	Subset 2
G&Y	18	64.3359	
Yellow	18		67.8712
Green	18		68.2689
Sig.		1.000	.680

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 8.234.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 18.000.

b. Alpha = .05.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ง.16 แสดงผลการแยกความแตกต่างเป็นกลุ่ม ของความชื้นของสับปะรดเมื่อผ่านการออสโมซิสเป็นเวลา 5 ชั่วโมงโดยใช้ระดับความเข้มข้นน้ำเชื่อมที่แตกต่างกัน ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

MOISTURE

Duncan[a,b]

BRIX	N	Subset 1	Subset 2	Subset 3
60B	18	64.2415		
50B	18		67.0930	
40B	18			69.1415
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 8.234.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 18.000.

b. Alpha = .05.

ตารางผนวกที่ ง.17 แสดงผลการวิเคราะห์หาความแตกต่างทางสถิติของความชื้นของสับปะรดเมื่อผ่านการออสโมซิสเป็นเวลา 5 ชั่วโมงโดยใช้ระดับความสุก ความเข้มข้นน้ำเชื่อม ที่แตกต่างกัน โดยใช้อัตราส่วนเนื้อสับปะรดต่อน้ำเชื่อม 1:2 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: MOISTURE

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	469.271[a]	8	58.659	6.004	.001
Intercept	120160.307	1	120160.307	12298.27	.000
RIPE	110.162	2	55.081	5.637	.013
BRIX	125.625	2	62.812	6.429	.008
RIPE * BRIX	233.484	4	58.371	5.974	.003
Error	175.869	18	9.771		
Total	120805.447	27			
Corrected Total	645.140	26			

a. R Squared = .727 (Adjusted R Squared = .606)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ง.18 แสดงผลการแยกความแตกต่างเป็นกลุ่มของความชื้นของสับปะรดเมื่อผ่านการออสโมซิสเป็นเวลา 5 ชั่วโมงโดยใช้ระดับความสุกที่แตกต่างกันโดยใช้อัตราส่วนเนื้อสับปะรดต่อน้ำเชื่อม 1:2 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

MOISTURE

Duncan[a,b]

RIPE	N	Subset 1	Subset 2
G&Y	9	63.8547	
Yellow	9		68.1173
Green	9		68.1615
Sig.		1.000	.976

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 9.771.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9.000.

b. Alpha = .05.

ตารางผนวกที่ ง.19 แสดงผลการแยกความแตกต่างเป็นกลุ่ม ของความชื้นของสับปะรดเมื่อผ่านการออสโมซิสเป็นเวลา 5 ชั่วโมงโดยใช้ระดับความเข้มข้นน้ำเชื่อมที่แตกต่างกันโดยใช้อัตราส่วนเนื้อสับปะรดต่อน้ำเชื่อม 1:2 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

MOISTURE

Duncan[a,b]

BRIX	N	Subset 1	Subset 2
60B	9	64.2018	
50B	9	66.4638	66.4638
40B	9		69.4680
Sig.		.142	.056

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 9.771.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9.000.

b. Alpha = .05.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ง.20 แสดงผลการวิเคราะห์หาความแตกต่างของความชื้นของสับปะรดเมื่อผ่านการออสโมซิสเป็นเวลา 4 ชั่วโมงครึ่งโดยใช้ระดับความสุกของสับปะรดสีเหลืองเขียว ความเข้มข้นน้ำเชื่อม 50 องศาบริกซ์ ที่อัตราส่วนเนื้อสับปะรดต่อน้ำเชื่อม 1:2 เมื่อผ่านการอบที่อุณหภูมิแตกต่างกันเป็นเวลา 6 ชั่วโมง ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: MOISTURE

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	283.437[a]	2	141.718	23.391	.001
Intercept	2210.254	1	2210.254	364.808	.000
TEMP	283.437	2	141.718	23.391	.001
Error	36.352	6	6.059		
Total	2530.042	9			
Corrected Total	319.789	8			

a. R Squared = .886 (Adjusted R Squared = .848)

ตารางผนวกที่ ง.21 แสดงผลการแยกความแตกต่างเป็นกลุ่ม ของความชื้นของสับปะรดเมื่อผ่านการออสโมซิสเป็นเวลา 4 ชั่วโมงครึ่งโดยใช้ระดับความสุกของสับปะรดสีเหลืองเขียว ความเข้มข้นน้ำเชื่อม 50 องศาบริกซ์ ที่อัตราส่วนเนื้อสับปะรดต่อน้ำเชื่อม 1:2 เมื่อผ่านการอบที่อุณหภูมิแตกต่างกันเป็นเวลา 6 ชั่วโมง ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

MOISTURE

Duncan[a,b]

TEMP	N	Subset 1	Subset 2
70	3	7.8333	
60	3		18.5100
50	3		20.6700
Sig.		1.000	.324

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 6.059.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ง.22 แสดงผลการวิเคราะห์หาความแตกต่างทางสถิติของความชื้นของสับปะรด เมื่อผ่านการอบที่อุณหภูมิแตกต่างกันเป็นเวลา 11 ชั่วโมง ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: MOISTNO

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	80.817[a]	2	40.408	48.356	.000
Intercept	684.520	1	684.520	819.152	.000
TEMP	80.817	2	40.408	48.356	.000
Error	5.014	6	.836		
Total	770.351	9			
Corrected Total	85.830	8			

a. R Squared = .942 (Adjusted R Squared = .922)

ตารางผนวกที่ ง.23 แสดงผลการแยกความแตกต่างเป็นกลุ่ม ของความชื้นของสับปะรด เมื่อผ่านการอบที่อุณหภูมิแตกต่างกันเป็นเวลา 11 ชั่วโมง ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

MOISTNO

Duncan[a,b]

TEMP	N	Subset 1	Subset 2
70	3	4.4900	
60	3		10.6300
50	3		11.0433
Sig.		1.000	.600

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = .836.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นางสาวจุฑามาศ ชยางศุ เกิดปี 2527 จังหวัดกรุงเทพมหานคร ภูมิลำเนาเดิม กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมปลายเมื่อปีการศึกษา 2544 จากโรงเรียนสายน้ำผึ้ง จังหวัดกรุงเทพมหานคร และสำเร็จการศึกษาจากภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการจัดตั้งคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ระดับปริญญาตรี หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต(อุตสาหกรรมเกษตร) ปีการศึกษา 2548

นายภาคภูมิ คูประเสริฐยิ่ง เกิดปี 2527 จังหวัดกรุงเทพมหานคร ภูมิลำเนาเดิม กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมปลายปีเมื่อการศึกษา 2544 จากโรงเรียนสาธิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปทุมวัน จังหวัดกรุงเทพมหานคร และสำเร็จการศึกษาจากภาควิชา อุตสาหกรรมเกษตร โครงการจัดตั้งคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้า คุณทหารลาดกระบัง ระดับปริญญาตรี หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต(อุตสาหกรรมเกษตร) ปีการศึกษา 2548

นายวิโรจน์ ฤกษ์ขวัญยังมี เกิดปี 2526 จังหวัดกรุงเทพมหานคร ภูมิลำเนาเดิม กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมปลายเมื่อปีการศึกษา 2544 จากโรงเรียนสามเสน วิทยาลัย จังหวัดกรุงเทพมหานคร และสำเร็จการศึกษาจากภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการ จัดตั้งคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ระดับ ปริญญาตรี หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต(อุตสาหกรรมเกษตร) ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้