คุณภาพทางเคมีกายภาพและจุลินทรีย์ของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ

PHYSICOCHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL QUALITIES OF OSMOTIC DEHYDRATED PINEAPPLE DURING STORAGE IN DIFFERENT PACKAGING

มาลิสา แก้วเส็ม

MALISA KAEWSEM

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาอุตสาหกรรมอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2555

KMITL-2012-AI-M-054-152

คุณภาพทางเคมีกายภาพและจุลินทรีย์ของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ

PHYSICOCHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL QUALITIES OF OSMOTIC DEHYDRATED PINEAPPLE DURING STORAGE IN DIFFERENT PACKAGING

มาลิสา แก้วเต็ม

MALISA KAEWTEM

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสุขาภิบาลอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2555

KMITL-2012- AI-M-054-152

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PHYSICOCHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL QUALITIES OF OSMOTIC DEHYDRATED PINEAPPLE DURING STORAGE IN DIFFERENT PACKAGING

MALISA KAEWTEM

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF SCIENCE IN FOOD SANITATION

FACULTY OF AGRO - INDUSTRY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2012

KMITL-2012- AI-M-054-152

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2012

FACULTY OF AGRO - INDUSTRY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ คุณภาพทางเคมีกายภาพและจุลินทรีย์ของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ

Physicochemical and microbiological qualities of osmotic dehydrated pineapple during storage in different packaging

ชื่อนักศึกษา นางสาวมาลิสา แก้วเต็ม

รหัสประจำตัว 50068761

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา สุขาภิบาลอาหาร

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม -

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
รศ.ดร.ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม	
รศ.ดร.อดิศร เสวตวิวัฒน์	
ดร.อพัชชา จินดาประเสริฐ	
รศ.ดร.ประภาพร ขอไพบูลย์	

วัน / เดือน/ ปีที่สอบ 19 ตุลาคม 2555 เวลา 09.00 น. เป็นต้นไป

สถานที่สอบ ณ ห้อง A 302 อาคารเจ้าคุณทหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตรรับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร.วรรณา ตั้งเจริญชัย)

คณบดีคณะอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่ 25 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	**คุณภาพทางเคมีกายภาพและจุลินทรีย์ของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ**
นักศึกษา	นางสาวมาลิสา แก้วเต็ม
รหัสประจำตัว	50068761
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	สุขาภิบาลอาหาร
พ.ศ.	2555
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีกายภาพและจุลินทรีย์ของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งของงานผลิตภัณฑ์อบแห้ง โครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา ระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน 3 ชนิด คือ กล่องพลาสติก PP กระปุกพลาสติก PET และถุงลามิเนต ALU ที่สภาวะอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 120 วัน พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นค่า a_w และปริมาณความชื้นของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่เก็บรักษาในถุงลามิเนต ALU มีค่าเพิ่มขึ้นน้อยที่สุด รองลงคือตัวอย่างที่เก็บรักษาในกระปุกพลาสติก PET และกล่องพลาสติก PP ซึ่งมีค่าความชื้นเพิ่มขึ้น ตามลำดับ สำหรับค่าสีของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่เก็บรักษาในถุงลามิเนต ALU มีค่าสีดีที่สุด เนื่องจากมีค่าความสว่าง (L*) ค่าสีเหลือง (b*) สูงที่สุด และค่าสีแดง (a*) ตลอดระยะเวลาเก็บรักษาต่ำที่สุด รองลงมาคือตัวอย่างในกระปุกพลาสติก PET และกล่องพลาสติก PP ตามลำดับ สำหรับปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ พบว่าสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่เก็บรักษาในถุงลามิเนต ALU มีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์คงเหลือสูงที่สุดตลอดการเก็บรักษา 120 วัน รองลงมาคือตัวอย่างในกระปุกพลาสติก PET และ กล่องพลาสติก PP ตามลำดับ นอกจากนี้ สับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่เก็บรักษาในถุงลามิเนต ALU มีค่าการเกิดสีน้ำตาลต่ำที่สุด รองลงมาคือตัวอย่างในกระปุกพลาสติก PET และ กล่องพลาสติก PP ตามลำดับ คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ ของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 120 วัน จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าสับปะรด แช่อิ่มอบแห้งที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ถุงลามิเนต ALU มีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีกายภาพและจุลินทรีย์น้อยที่สุด จึงเป็นบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมที่สุดในการเก็บรักษาสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Physicochemical and microbiological qualities of osmotic dehydrated pineapple during storage in different packaging
Student	Miss Malisa Kaewtem
Student ID.	50068761
Degree	Master of Science
Program	Food Sanitation
Year	2012
Thesis Advisor	Associate Professor Dr. Prapan pinsirodom

ABSTRACT

The objective of this research was to investigate the change of physicochemical and microbiological qualities of osmotic dehydrated pineapple during storage in different packaging. The osmotic dehydrated pineapple slices were produced according to the process of the Royal Chitralada Projects and packed in different types of packaging including polypropylene plastic box (PP), polyethylene terephthalate plastic jar (PET) and laminated aluminum foil bag (ALU). The samples were stored at ambient temperature for 120 days. As the storage time increased, the a_w and moisture content of the osmotic dehydrated pineapple slices packed in ALU bag were increased with the lowest extent compared to the those of the samples packed in PET jar and PP box, respectively. The highest brightness (L*), yellowness (b*) with the lowest redness (a*) were found in the samples packed in ALU bag throughout the storage time. Moreover, the highest reduction of sulfur dioxide content was observed in the samples packed in PP box, followed by thoes packed in PET jar and ALU bag, respectively. This corresponded to the degree of browning which was found to be highest in the samples packed in PP box and lowest in those packed in ALU bag. However, the microbiological qualities of the osmotic dehydrated pineapple slices packed in all types of packaging studied followed the standard according to theThai Industrial Standard of Dehydrated Fruits throughout the storage time. It can be concluded that ALU bag was the most effective packaging to retain the quality of osmotic dehydrated pineapple slices.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความช่วยเหลือจากบุคคลหลายท่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง รศ.ดร.ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาและกรรมการการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ให้ความรู้ คำปรึกษา คำแนะนำ ในการแก้ไขปัญหา ตลอดจนให้ความช่วยเหลือดูแลเอาใจใส่อย่างดียิ่ง ตรวจทานแก้ไขรูปเล่มวิทยานิพนธ์ ผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์และขอกราบขอบพระคุณ ไว้ ณ ที่นี้เป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร.ประภาพร ขอไพบูลย์ รศ.ดร.อดิศร เสวตวิวัฒน์และ ดร. อพัชชา จินดาประเสริฐ ที่ได้ให้เกียรติเป็นคณะกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ อีกทั้งช่วยตรวจสอบแก้ไข รวมทั้งให้คำปรึกษาแนะนำจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์

ขอขอบพระคุณทุนโนวาติสต์เฉลิมพระเกียรติ 72 พรรษา ที่กรุณาให้ทุนในการศึกษาตลอดหลักสูตร และขอขอบพระคุณโครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดาที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในทุกๆ เรื่อง รวมถึงให้โอกาสในการศึกษาต่อ ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้ง และขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา ญาติพี่น้องทุกคนที่คอยสนับสนุนและเป็นกำลังใจในการศึกษาครั้งนี้ รวมทั้งเพื่อนๆ และพี่ๆ โครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา และบุคคลที่มิได้กล่าวมาทั้งหมด ซึ่งมีส่วนช่วยให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี ขอขอบพระคุณไว้ ณ โอกาสนี้

มาลิสา แก้วเต็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IV

สารบัญตาราง.....VIII

สารบัญภาพ.....IX

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความสำคัญและที่มา.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....2

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....2

1.4 ประโยชน์คาดว่าจะได้รับ.....3

บทที่ 2 เอกสารที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย.....4

2.1 ลักษณะทั่วไปของสับปะรด.....4

2.2 กระบวนการทำแห้งหรืออบแห้งอาหาร.....6

2.3 กลไกการเกิดออสโมติกดีไฮเดรชั่น (osmotic dehydration).....10

2.4 การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล.....11

2.5 การใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์และเกลือซัลไฟต์ในผลไม้อบแห้ง.....18

2.6 วิธีการเก็บรักษาอาหารแห้งและอายุการก็บรักษา.....20

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....26

บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย.....28

3.1 วัตถุดิบ.....28

3.2 สารเคมีและอาหารเลี้ยงเชื้อ.....28

3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือ.....28

3.4 วิธีการทดลอง.....29

3.4.1 ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นและกระบวนการผลิตสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง ของโรงผลิตภัณฑ์อบแห้ง โครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา.....29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.4.2 ศึกษาคุณภาพทางเคมีกายภาพของสับปะรดที่ใช้ทำสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง.....29
3.4.3 ศึกษาคุณภาพทางเคมีกายภาพและจุลินทรีย์ของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง ก่อนการเก็บรักษา.....31
3.4.4 ศึกษาคุณภาพทางเคมีกายภาพและจุลินทรีย์ของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง ในระหว่างเก็บรักษา 32

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์.....33
4.1 ข้อมูลเบื้องต้นของโรงผลิตภัณฑ์อบแห้ง.....33
4.2 คุณสมบัติของสับปะรดที่ใช้ในการทำสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง.....36
4.3 คุณภาพทางเคมีกายภาพและจุลินทรีย์ของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง ก่อนการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน.....37
4.4 ศึกษาคุณภาพทางเคมีกายภาพและจุลินทรีย์ของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง ระหว่างการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน.....39
4.4.1 การเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง ในระหว่างการเก็บรักษา.....39
4.4.2 การเปลี่ยนแปลงค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w)ของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง ในระหว่างการเก็บรักษา.....41
4.4.3 การเปลี่ยนแปลงปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง ในระหว่างการเก็บรักษา.....43
4.4.4 การเปลี่ยนแปลงการเกิดสีน้ำตาลของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง ในระหว่างการเก็บรักษา.....44
4.4.5 การเปลี่ยนแปลงค่าสีของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษา.....47
4.4.6 การเปลี่ยนแปลงทางจุลชีววิทยาของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง ในระหว่างการเก็บรักษา.....53

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บรรณานุกรม.....56

ภาคผนวก.....62

ภาคผนวก ก.

ก1 เครื่องอบแห้งแบบถาด (tray dryer) แบบใช้ไฟฟ้า.....63

ก2 กล่องพลาสติกชนิดโพลีโพรพิลีน (polypropylene หรือ PP).....63

ก3 กระปุกพลาสติกชนิดโพลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (polyethylene terepathalate หรือ PET).....64

ก4 ถุงลามิเนตอลูมิเนียมฟอยด์ (laminate aluminum foil).....64

ภาคผนวก ข.

ข1 การหาค่าความชื้น.....65

ข2 การวัดค่า Water Activity(a_w).....65

ข3 การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง.....66

ข4 การวิเคราะห์ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์.....67

ข5 การเกิดสีน้ำตาล.....68

ข6 การวัดค่าสี CIE LAB.....68

ภาคผนวก ค.

ค1 ตรวจหาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด.....70

ค2 ตรวจหาโคลิฟอร์มแบคทีเรีย.....70

ค3 ตรวจหา *E.coli* 71

ค4 ตรวจหายีสต์และรา.....72

ประวัติผู้เขียน.....73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 คุณค่าทางโภชนาการของเนื้อสับปะรด 100 กรัม....6

2.2 ปริมาณสารประกอบซัลไฟต์ที่มีการอนุญาตให้ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ....19

2.3 คุณสมบัติในการซึมผ่านของก๊าซชนิดต่างๆของดพลิเมอร์ที่นำมาใช้เป็นภาชนะบรรจุ....25

4.1 สมบัติทางเคมีกายภาพของสับปะรดที่ใช้ในการทดลอง....37

4.2 คุณภาพทางเคมีกายภาพและจุลินทรีย์ของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งก่อน
การเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์....38

4.3 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งในระหว่าง
การเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์แตกต่างกันที่อุณหภูมิห้อง....39

4.4 การเปลี่ยนแปลงค่า a_w ของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งในระหว่าง
การเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์แตกต่างกัน ที่อุณหภูมิห้อง....41

4.5 การเปลี่ยนแปลงปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง
ในระหว่างการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์แตกต่างกันที่อุณหภูมิห้อง....43

4.6 การเปลี่ยนแปลงการเกิดสีน้ำตาลของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งในระหว่าง
การเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์แตกต่างกันที่อุณหภูมิห้อง....45

4.7 การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L*)ของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง
ในระหว่างการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน ที่อุณหภูมิห้อง....48

4.8 การเปลี่ยนแปลงค่าสีแดง (a*) ของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง
ในระหว่างการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน ที่อุณหภูมิห้อง....49

4.9 การเปลี่ยนแปลงค่าสีเหลือง (b*) ของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งในระหว่าง
การเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์แตกต่างกัน ที่อุณหภูมิห้อง....51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 การเคลื่อนที่ของความชื้นระหว่างอบแห้ง....7

2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการอบแห้งและความชื้นในอาหาร....8

2.3 การถ่ายเทมวลสารระหว่างภายในเซลล์และสารละลายภายนอก ในกระบวนการออสโมซิส....11

2.4 ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส....13

2.5 ขั้นตอนการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด....14

2.6 กลไกการเกิดสีน้ำตาลของเมลานอยดิน....16

2.7 การเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากปฏิกิริยาคาราเมลไลเซชั่น....17

2.8 สูตรโครงสร้างทางเคมีของ Polypropylene หรือ PP....23

2.9 สูตรโครงสร้างทางเคมีของ Polyethylene หรือ PET....24

3.1 ตำแหน่งการวัดสีของเปลือกสับปะรด....30

3.2 ตำแหน่งการวัดสีสับปะรดก่อนนำไปแช่อิ่ม....30

4.1 ขั้นตอนการผลิตสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง โครงการสวนพระองค์ สวนจิตรลดา....34

4.2 ลักษณะสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียก่อนปอกและหลังปอก....36

4.3 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งในระหว่าง การเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์แตกต่างกันที่อุณหภูมิห้อง....40

4.4 การเปลี่ยนแปลงค่า a_w ของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งในระหว่าง การเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์แตกต่างกัน ที่อุณหภูมิห้อง....42

4.5 การเปลี่ยนแปลงปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง ในระหว่างการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์แตกต่างกันที่อุณหภูมิห้อง....44

4.6 การเปลี่ยนแปลงการเกิดสีน้ำตาลของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งในระหว่าง การเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์แตกต่างกันที่อุณหภูมิห้อง....46

4.7 การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L*)ของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง ในระหว่างการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน ที่อุณหภูมิห้อง....48

4.8 การเปลี่ยนแปลงค่าสีแดง (a*) ของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง ในระหว่างการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน ที่อุณหภูมิห้อง....50

4.9 การเปลี่ยนแปลงค่าสีเหลือง (b*) ของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งในระหว่าง การเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์แตกต่างกัน ที่อุณหภูมิห้อง....52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก1 เครื่องอบแห้งแบบถาด (tray dryer) แบบใช้ไฟฟ้า.....63
ก2 กล่องพลาสติกชนิดโพลีโพรพิลีน (polypropylene หรือ PP).....63
ก3 กระปุกพลาสติกชนิดโพลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต
(polyethylene terepathalate หรือ PET).....64
ก4 ถุงลามิเนตอลูมิเนียมฟอยด์ (laminate aluminum foil).....64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย

สับปะรด (*Ananaus comosus* (L.) Merr.) เป็นพืชเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของไทย ในปี พ.ศ. 2553 พื้นที่เพาะปลูกสับปะรดในประเทศไทยประมาณ 601,090 ไร่ โดยให้ผลผลิตเฉลี่ย 1.9 ล้านตัน หรือ 3,207 กิโลกรัมต่อไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2554) นอกจากการบริโภคสดภายในประเทศและส่งออกในรูปของผลไม้สดแล้ว ยังมีปริมาณเกินความต้องการของตลาด ส่งผลให้สับปะรดที่ออกสู่ท้องตลาดนั้นมีราคาต่ำ และประสบปัญหาผลผลิตเน่าเสีย ดังนั้นเพื่อเป็นการสร้างมูลค่าให้กับสับปะรด จึงจำเป็นต้องมีการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆซึ่งสามารถทำได้หลายวิธีด้วยกัน เช่น สับปะรดกระป๋อง ฟรุ๊ตสลัด และแช่อิ่มอบแห้ง ซึ่งการแช่อิ่มอบแห้ง (osmotic dehydration) เป็นวิธีการแปรรูปที่นิยมมาก เนื่องจากการแช่อิ่มอบแห้งผลไม้มีข้อดีคือ ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการเก็บนานหากเก็บไว้ในสภาวะที่เหมาะสม และมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการทำงานของแบคทีเรีย เอนไซม์และเชื้อรา ช่วยลดต้นทุนในการขนส่งและเก็บรักษา เพราะมีน้ำหนักเบาสามารถนำมาผลิตในระดับอุตสาหกรรมจำหน่ายภายในประเทศและส่งออกไปยังต่างประเทศ ซึ่งในปี พ.ศ. 2554 มีปริมาณการส่งออกสับปะรดอบแห้งประมาณ 455 ตัน คิดเป็นมูลค่า 57 ล้านบาท (กรมศุลกากร, 2554)

ผลิตภัณฑ์ผลไม้แช่อิ่มอบแห้งจำเป็นต้องมีการควบคุมคุณภาพให้อยู่ในมาตรฐาน เช่น ปริมาณความชื้น (moisture content) ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) จำนวนจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อน รวมทั้งปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (sulfur dioxide : SO_2) ซึ่งเป็นสารกลุ่มซัลไฟต์และเป็นวัตถุเจือปนที่อนุญาตให้ใช้ได้ในกรรมวิธีการผลิตผลิตภัณฑ์ผลไม้อบแห้งซึ่งมีการใช้เพื่อรักษาสี ยับยั้งปฏิกิริยาสีน้ำตาล แต่การใช้นั้นต้องอยู่ในปริมาณที่กำหนด เนื่องจากสารกลุ่มดังกล่าวถ้าสะสมในร่างกายมากอาจทำให้หายใจติดขัด มีฤทธิ์ทำลายวิตามินบีหนึ่ง และหมดสติได้ อย่างไรก็ตาม นิษฌา ลุงรุ่ง และ บุศรากรณ์ มหาโยธี (2548) ได้ศึกษากระบวนการผลิตสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งโดยปราศจากสารกลุ่มเมตาไบซัลไฟต์ แต่ผลที่ได้ผลิตภัณฑ์จะมีสีคล้ำมากและเป็นปัญหาต่อการยอมรับของผู้บริโภค จึงทำให้ผู้ประกอบการยังมีการใช้สารกลุ่มซัลไฟต์แต่ในปริมาณลดลงจึงไม่ส่งผลกระทบต่อผู้บริโภค การที่ใช้สารกลุ่มนี้น้อยลงพบว่าในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำขึ้น เนื่องจากสารกลุ่มซัลไฟต์สลายตัวเป็นซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ซึ่งมีสมบัติเป็นก๊าซสามารถระเหยได้ การเลือกบรรจุภัณฑ์จึงเป็นสิ่งสำคัญกับผลิตภัณฑ์ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษา การเลือกบรรจุภัณฑ์และศึกษากรรมวิธีบรรจุที่เหมาะสมจึงเป็นวิธีการที่จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่วยยืดอายุการเก็บผลิตภัณฑ์และเป็นการเพิ่มมูลค่าให้แก่ผลิตภัณฑ์ด้วย (รัตนา อัตตปัญโญ และอัจฉรา เทียมภักดี, 2542)

โครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดาได้ทำการผลิตผลิตภัณฑ์สับปะรดแช่อิ่มอบแห้งเพื่อจำหน่าย โดยมีความตระหนักและให้ความสำคัญต่อสุขภาพของผู้บริโภค จึงผลิตสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งโดยใช้สารกลุ่มนี้น้อยลงประกอบกับการเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม เพื่อเป็นอีกทางหนึ่งที่คงคุณภาพผลิตภัณฑ์ ควบคุมปัญหาการเปลี่ยนแปลงทางด้านสีของผลิตภัณฑ์ระหว่างรอจำหน่าย ดังนั้นเพื่อเป็นแนวทางในการนำไปใช้ประโยชน์ งานวิจัยนี้จึงศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง ทั้งทางกายภาพ ทางเคมี และจุลินทรีย์ ในระหว่างการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นและกระบวนการผลิตสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งของงานผลิตภัณฑ์อบแห้ง โครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา

1.2.2 ศึกษาคุณสมบัติของสับปะรดสดที่ใช้ในการทำสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง

1.2.3 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านเคมีกายภาพและจุลชีววิทยาของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งก่อนการเก็บรักษา

1.2.4 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านเคมีกายภาพและจุลชีววิทยาของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งระหว่างการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีกายภาพ และจุลชีววิทยาของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งของงานผลิตภัณฑ์อบแห้ง โครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา ระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน 3 ชนิด คือ กล่องพลาสติกชนิดโพลีโพรพิลีน (polypropylene หรือ PP) กระปุกพลาสติกชนิดโพลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (polyethylene terepathalate หรือ PET) ถุงลามิเนตอลูมิเนียมฟอยด์ (laminate aluminum foil) ในสภาวะบรรยากาศปกติ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 120 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ทราบถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคุณภาพสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งระหว่างการเก็บรักษา รวมถึงชนิดของบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมในการเก็บรักษาสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่มีการเติมสารกลุ่มเมตาไบซัลไฟต์น้อย และสามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลในระหว่างการเก็บรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
เอกสารที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

2.1 ลักษณะทั่วไปของสับปะรด

สับปะรด (Pineapple) เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวจำพวกไม้เนื้ออ่อนมีอายุหลายปี อยู่ในตระกูล Bromeliaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า (*Ananaus comosus* (L.) Merr.) สามารถทนต่อสภาพแวดล้อมต่างๆได้ดี สับปะรดสามารถเจริญเติบโตแพร่พันธุ์ได้ในประเทศไทยซึ่งเป็นเขตร้อน อุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 23.9-29.4 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝนที่ต้องการอยู่ในช่วง 1,000-1,500 มิลลิเมตรต่อปี แต่ต้องตกกระจายสม่ำเสมอตลอดปี และมีความชื้นในอากาศสูง สับปะรดชอบขึ้นในดินร่วน ดินร่วนปนทราย ดินปนลูกรัง ดินทรายชายทะเลและชอบที่ลาดเท เช่น ที่ลาดเชิงเขา สภาพความเป็นกรดด่าง (pH) ของดินควรเป็นกรดเล็กน้อย คือตั้งแต่ 4.5-5.5 แต่ไม่เกิน 6.0 โดยพื้นที่เพาะปลูกได้แก่ จังหวัดลำปาง ภูเก็ต ประจวบคีรีขันธ์ เพชบุรี ชลบุรี และระยอง นอกจากชื่อสับปะรดแล้วยังสามารถเรียกชื่อต่างๆ กันออกไปตามแต่ละท้องถิ่น เช่น ภาคใต้ เรียก มะขะนัด เป็นต้น ผลของสับปะรดมีลักษณะกลมรี เกิดจากช่อดอกรวมอัดกันแน่นอยู่แกนกลาง มีตาอยู่โดยรอบผล ผลที่ยังไม่สุกจะมีสีเขียว เมื่อสุกจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอมเขียวหรือสีเหลืองอมส้ม มีรสหวานอมเปรี้ยว สับปะรดเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวลักษณะเป็นไม้ล้มลุก อายุหลายปี สูง 90 - 100 เซนติเมตร มีลำต้นอยู่ใต้ดิน ใบเดี่ยวเรียงสลับซ้อนกันถี่มากรอบต้น กว้าง 6.5 เซนติเมตร ยาวได้ถึง 1 เมตร ไม่มีก้านใบ มีดอกช่อออกจากกลางต้น และมีดอกย่อยจำนวนมาก ผลเป็นผลรวม รูปทรงกระบอก มีใบเป็นกระจุกที่ปลาย (เกตุอร ทองเครือ, 2536)

2.1.1 พันธุ์ของสับปะรดที่ปลูกมากในประเทศไทย

สับปะรดที่ปลูกในประเทศไทยแบ่งออกได้เป็น 5 พันธุ์ โดยถือตามลักษณะของต้นที่ได้ขนาดโตเต็มที่ และแข็งแรงสมบูรณ์เป็นบรรทัดฐาน ดังนี้ (จารุพันธ์ ทองแถม, 2536)

2.1.1.1 พันธุ์ปัตตาเวีย พันธุ์นี้รู้จักแพร่หลายในนามสับปะรดศรีราชาและชื่ออื่นๆ เช่น ปราณบุรี สามร้อยยอด แหล่งปลูกที่สำคัญคือ ประจวบคีรีขันธ์ ชลบุรี เพชรบุรี ลำปาง และมีการปลูกกันทั่วๆไปเพื่อขายผลสด เนื่องจากมีรสหวานฉ่ำ มีน้ำมาก ลักษณะทั่วๆไปคือ มีใบสีเขียวเข้ม และเป็นร่องตรงกลาง ผิวใบด้านบนเป็นมันเงา ส่วนใต้ใบจะมีสีออกเทาเงินตรงบริเวณกลางใบมักมีสีแดงอมน้ำตาล ขอบใบเรียบมีหนามเล็กน้อยบริเวณปลายใบ กลีบดอกสีม่วงอมน้ำเงิน ผลมีขนาดและรูปทรงต่างกันไป มีน้ำหนักผลอยู่ระหว่าง 2-6 กิโลกรัม แต่โดยปกติทั่วไปประมาณ 2.5 กิโลกรัม เปลือกผลเมื่อดิบสีเขียวคล้ำ เมื่อแก่จัดจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอมส้มทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้านล่างของผลประมาณ ครึ่งผล ก้านผลสั้นมีไส้ใหญ่ เนื้อเหลืองอ่อนแต่จะเปลี่ยนเป็นสีเข้มในฤดูร้อน รสชาติดี

2.1.1.2 พันธุ์อินทรชิต เป็นพันธุ์พื้นเมืองเก่าแก่ที่สุดในประเทศไทยปลูกกันกระจัดกระจาย แหล่งปลูกที่สำคัญได้แก่ จังหวัดฉะเชิงเทรา ลักษณะทั่วๆไป คือขอบใบจะมีหนามแหลมโค้งงอสีน้ำตาลอมแดง ใบสีเขียวอ่อนไม่เป็นมันขอบใบทั้ง 2 ข้างมีแถบสีแดงอมน้ำตาลตามแนวยาวใต้ใบจะมีสีเขียวออกขาวและมีวาวออกสีน้ำเงินกลีบดอกสีม่วงเข้มผลมีขนาดเล็กกว่าพันธุ์ปัตตาเวียรสหวานอ่อนมีตะเกียงติดอยู่ที่ก้านผลเปลือกผลเหนียวแน่นทนทานต่อการขนส่งเหมาะสำหรับบริโภคสด

2.1.1.3 พันธุ์ขาว เป็นพันธุ์พื้นเมืองเกษตรกรนิยมปลูกพันธุ์นี้ร่วมกับพันธุ์อินทรชิตเข้าใจว่ากลายพันธุ์มาจากพันธุ์อินทรชิต แหล่งปลูกที่สำคัญคือ ฉะเชิงเทรา ลักษณะทั่วๆไป คือมีใบสีเขียวอมเหลืองหรือเขียว ทรงพุ่มเตี้ย ใบแคบและสั้นกว่าพันธุ์อินทรชิต ขอบใบมีหนามโค้งงอเข้าสู่ปลายใบ โคนกลีบดอกสีม่วงอ่อน ปลายกลีบสีม่วงอมชมพู เนื้อผลสีเหลืองทอง รสหวานอ่อน ผลมักมีหลายจุก คุณภาพของเนื้อไม่ค่อยดีนัก ผลมีขนาดปานกลาง น้ำหนักเฉลี่ย 0.85 กิโลกรัม มีลักษณะเป็นทรงกระบอก มีตาลึก

2.1.1.4 พันธุ์สวีหรือภูเก็ต ปลูกมากกันในจังหวัดภูเก็ต ชุมพร นครศรีธรรมราช และตราด โดยปลูกระหว่างแถวต้นยาง เพื่อเก็บผลขายก่อนกรีดยาง มีชื่ออื่นๆอีก เช่น พันธุ์ชุมพร พันธุ์สวี พันธุ์ตราดสีทอง ลักษณะทั่วๆไป คือมีใบสีเขียวอ่อนและมีแถบสีแดง ในตอนกลางและปลายในขอบใบมีหนามสีแดงแคบและยาวกว่าพันธุ์อินทรชิตและพันธุ์ขาว กลีบดอกสีม่วงอ่อน ผลมีขนาดเล็กกว่าทุกพันธุ์ที่กล่าวมา ตาลึกเปลือกหนา เนื้อหวานกรอบสีเหลือเข้ม มีกลิ่นหอมเหมาะสำหรับบริโภคสด เป็นที่นิยมปลูกมากในภาคใต้

2.1.1.5 พันธุ์นางแลหรือน้ำผึ้ง ปลูกมากในจังหวัดเชียงราย ลักษณะทั่วๆไปคล้ายคลึงกับพันธุ์ปัตตาเวีย แต่มีรูปร่างของผลทรงกลมกว่าพันธุ์ปัตตาเวีย ตานูน เปลือกบางกว่าและรสหวานจัดกว่าพันธุ์ปัตตาเวีย ผลแก่มีเนื้อในสีเหลืองเข้ม มีเยื่อใยน้อยเหมาะสำหรับบริโภคสด เป็นที่นิยมปลูกมากในภาคเหนือ ผลมีเปลือกบางมากจึงช้ำง่าย ขนส่งทางไกลจึงไม่ดีนัก (มนตรี กล้าขาย, 2535)

2.1.2 องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของสับปะรด

สับปะรดมีรสหวานอมเปรี้ยวและมีคุณค่าทางอาหารสูง (ตารางที่ 2.1) โดยเฉพาะวิตามิน เกลือแร่ และกากใยอาหาร (fiber) ในเนื้อหรือน้ำสับปะรดสดๆจะมีเอนไซม์ โบรมิเลน (Bromelain) เป็นน้ำย่อยที่ช่วยย่อยพวกเนื้อสัตว์ให้อ่อนนุ่ม ช่วยเพิ่มน้ำย่อยในร่างกาย ทำให้ร่างกายย่อยเนื้อสัตว์ได้เร็วขึ้น ไม่ค้างอยู่ในลำไส้นานเกินไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 คุณค่าทางโภชนาการของเนื้อสับปะรด 100 กรัม

ความชื้น	84.90	กรัม
พลังงาน	54.00	แคลอรี่
ไขมัน	00.30	กรัม
คาร์โบไฮเดรต	14.00	กรัม
เยื่อใย	00.50	กรัม
โปรตีน	00.40	กรัม
ฟอสฟอรัส	08.00	มิลลิกรัม
เหล็ก	00.40	มิลลิกรัม
แคลเซียม	22.00	มิลลิกรัม
วิตามินเอ	15.00	มิลลิกรัม
วิตามินบีหนึ่ง	00.09	มิลลิกรัม
วิตามินบีสอง	00.04	มิลลิกรัม
วิตามินซี	17.00	มิลลิกรัม
ไนอะซิน	00.20	มิลลิกรัม

ที่มา : กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข (2530)

สับปะรดสามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่หลากหลาย เช่น สับปะรดกระป๋อง ผลิตภัณฑ์น้ำสับปะรดเข้มข้น แยมสับปะรด สับปะรดอบแห้ง สับปะรดแช่แข็ง เป็นต้น นอกจากนี้ผลผลิตพลอยได้จากสับปะรดที่ได้จากเศษเหลือของผลในระหว่างการแปรรูปสับปะรดหรือส่วนต้นของสับปะรดสามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้อีก เช่น กลูโคสไซรัป แอลกอฮอล์ น้ำส้มสายชู กรดอินทรีย์ (กรดซิตริก กรดมาลิก และกรดแอสคอร์บิก) ไวน์ อาหารเลี้ยงวัว เอนไซม์โบมิเลน เส้นใยจากสับปะรด และเยื่อกระดาษจากใบสับปะรด (จารุพันธ์ ทองแถม, 2536)

2.2 กระบวนการทำแห้งหรืออบแห้งอาหาร

การอบแห้งเป็นวิธีดั้งเดิมในการถนอมรักษาอาหารและเป็นกระบวนการผลิตอาหารที่สำคัญ นอกจากช่วยยืดอายุการเก็บรักษาแล้วยังช่วยลดปริมาณของอาหารจึงทำให้กระบวนการนี้เป็นที่นิยม (Koca และคณะ, 2007) การอบแห้งหรือการทำให้แห้ง เป็นการใช้ความร้อนภายใต้สภาวะควบคุมเพื่อกำจัดน้ำส่วนใหญ่ที่อยู่ในอาหาร วัตถุประสงค์ของการอบแห้ง คือ การยืดอายุการเก็บรักษา โดยการลดค่าวอเทอร์แอคทิวิตี้ของอาหาร ซึ่งจะมีผลยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์และการทำงานของเอนไซม์ นอกจากนี้ยังช่วยลดค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาและการขนส่ง เพิ่มความหลากหลายและความสะดวกแก่ผู้บริโภค (วิไล รังสาดทอง, 2546)

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

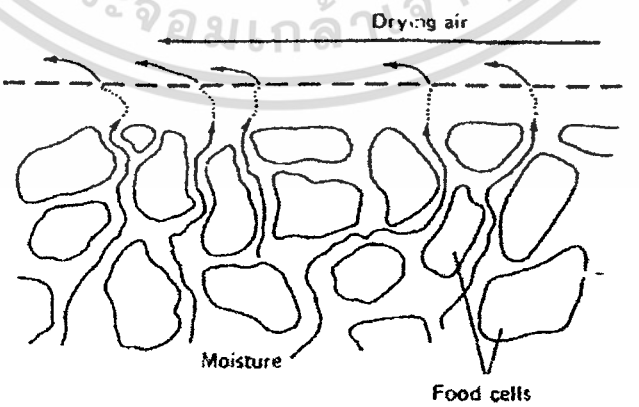
การทำแห้ง (drying) คือการลดความชื้นของอาหารจนถึงระดับที่สามารถระงับยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ได้คือ มีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w) ต่ำกว่า 0.70 โดยทั่วไปการทำแห้งของอาหารจะแบ่งได้เป็น 3 ระยะ คือ 1. ระยะปรับตัวเป็นระยะที่ผิวหน้าของอาหารปรับตัวให้สมดุลกับสภาวะของลมร้อน 2. ระยะอัตราแห้งคงที่ ระยะนี้ผิวหน้าของอาหารจะอิ่มตัวด้วยน้ำ และ 3. ระยะอัตราแห้งลดลง เมื่อความชื้นของอาหารลดลงต่ำกว่าความชื้นวิกฤต อัตราแห้งจะลดลงอย่างช้าๆจนเกือบเป็นศูนย์ (ไพศาล วุฒิจำนงค์, 2540) ในการทำแห้งจะต้องมีการให้พลังงานแก่อาหารเพื่อทำให้น้ำในอาหารเปลี่ยนสถานะเป็นไอแล้วระเหยออกจากอาหาร

2.2.1 กลไกการการอบแห้ง

กลไกการทำแห้ง คือ เมื่ออากาศหรือลมร้อนพัดผ่านผิวหน้าอาหารเปียก ความร้อนจะถูกถ่ายเทไปยังผิวของอาหาร และน้ำในอาหารจะระเหยออกมาด้วยความร้อนแฝงของการเกิดไอน้ำจะแพร่ผ่านฟิล์มอากาศ และถูกพัดพาไปโดยลมร้อนที่เคลื่อนที่ ซึ่งการเคลื่อนที่ของความชื้นระหว่างการอบแห้งแสดงรูปที่ 2.1

สภาวะดังกล่าวจะทำให้ความดันไอที่ผิวหน้าของอาหารต่ำกว่าความดันไอด้านในของอาหาร ทำให้เกิดความแตกต่างความดันไอขึ้น อาหารชั้นด้านในจะมีความดันไอสูงและค่อยๆลดต่ำลงเมื่อชั้นอาหารเข้าใกล้อากาศแห้ง ความแตกต่างนี้ทำให้เกิดแรงดันเพื่อไล่น้ำออกจากอาหาร น้ำจะเคลื่อนที่ไปยังผิวหน้าด้วยกลไกต่อไปนี้

1) การเคลื่อนที่ของของเหลวโดยแรงแคปิลารี่
2) การแพร่ของของเหลวซึ่งเกิดจากความแตกต่างของความเข้มข้นของตัวถูกละลายในอาหารส่วนต่างๆ
3) การแพร่ของของเหลวซึ่งถูกดูดซับโดยผิวหน้าของของแข็งในอาหาร

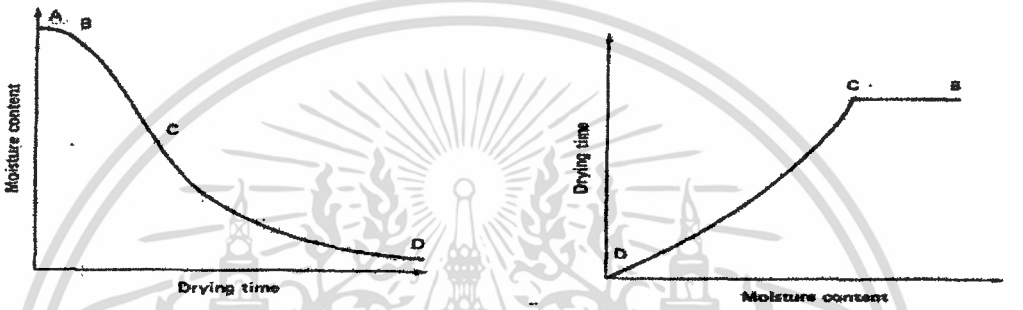


รูปที่ 2.1 การเคลื่อนที่ของความชื้นระหว่างการอบแห้ง

ที่มา : Fellows (2000)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่ออาหารถูกนำไปไว้ในตู้อบจะมีช่วงปรับตัวระยะสั้นๆ จากรูปที่ 2.2 แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการอบและความชื้นในอาหาร ขณะที่ผิวหน้าของอาหารได้รับความร้อน (AB) น้ำจะค่อยๆเคลื่อนที่จากด้านในของอาหารออกมายังผิวหน้า จะทำให้ผิวหน้ายังคงเปียกอยู่ตลอดเวลาขณะอบแห้ง เรียกช่วงนี้ว่าช่วงอัตราเร็วคงที่ (constant rate period, BC) และช่วงต่อเนื่องไปจนถึงความชื้นวิกฤต (critical moisture content) เมื่อความชื้นของอาหารลดต่ำลงกว่าความชื้นวิกฤต อัตราการทำแห้งจะลดลงจนเข้าใกล้ศูนย์ที่ความสมดุล หรือเรียกว่าช่วงอัตราลดลง (falling-rate period, CD) (Fellows, 2000)



รูปที่ 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการอบแห้งและความชื้นในอาหาร

ที่มา : Fellows (2000)

2.2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการทำแห้ง

การทำแห้ง คือ การเคลื่อนย้ายน้ำออกจากอาหาร ดังนั้นปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการเคลื่อนย้ายน้ำจึงมีผลต่ออัตราเร็วการทำแห้งดังนี้ (สุคนธ์ชื่น ศรีงาม, 2539)

2.2.2.1 ธรรมชาติอาหาร อาหารที่มีลักษณะเนื้อที่โปร่งมีการเคลื่อนที่ของน้ำภายในอาหารแบบผ่านช่องแคบเร็วกว่าการแพร่ในอาหารที่มีลักษณะเนื้อแน่น ดังนั้นอาหารกลุ่มแรกจึงแห้งเร็วกว่ากลุ่มหลัง อาหารที่มีน้ำตาลสูงจะเหนียวเหนอะหนะ ซึ่งเป็นปัจจัยที่กีดขวางการเคลื่อนที่ของน้ำทำให้การทำแห้งช้า อาหารที่มีการลวก นวดคลึง ทำให้เซลล์แตกจะแห้งได้เร็วขึ้น

2.2.2.2 ขนาดและรูปร่าง มีผลต่อพื้นที่ผิวต่อน้ำหนัก เช่น อาหารที่มีรูปร่างเหมือนกัน ถ้ามีขนาดเล็กจะมีพื้นที่ผิวต่อน้ำหนักมากกว่าขนาดใหญ่จึงแห้งได้เร็วกว่า ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงพื้นที่ผิวที่สัมผัสกับอากาศที่จะเกิดการเคลื่อนย้ายไอน้ำออกไปด้วย ถ้าชิ้นเล็กมากทับถมกัน การระเหยเกิดได้เฉพาะที่ผิวสัมผัสกับอากาศจึงเกิดได้ช้าทั้งๆที่พื้นที่ผิวต่อหน่วยน้ำหนักมีมาก

2.2.2.3 ปริมาณอาหาร ถ้าปริมาณมากเกินไปอาหารส่วนล่างไม่ได้สัมผัสกับอากาศร้อนหรือได้รับความร้อนแล้วแต่ไอน้ำไม่สามารถแพร่กระจายผ่านชิ้นอาหารตอนบนออกมาได้จึงแห้งช้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 ผลของการอบแห้งต่ออาหารอบแห้งในด้านต่างๆ

2.2.3.1 ผลของการอบแห้งที่มีต่อคุณค่าอาหาร การอบแห้งจะระเหยไล่ความชื้นหรือน้ำออกจากอาหาร และเพิ่มความเข้มข้นขององค์ประกอบของอาหาร เช่น แป้ง ไขมัน โปรตีน การถนอมอาหาร โดยวิธีอบแห้งจะทำให้คุณภาพลดลง โดยเฉพาะวิตามินที่ละลายน้ำจะสูญเสียไปกับน้ำจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่น (oxidation) และถ้ามีการลวกหรือแช่สารเคมีก่อนการอบแห้งเพื่อหยุดปฏิกิริยาเอนไซม์ วิตามินก็จะลดลงอีก และการอบแห้งโดยการตากแดดให้แห้ง วิตามินจะลดลงไปมากกว่าการอบแห้งโดยใช้เครื่องมืออบแห้ง การอบแห้งโดยวิธีการตากแห้งจะไม่สามารถควบคุมปัจจัยต่างๆได้ เช่น ความชื้น อากาศ แสงแดด อุรหภูมิ ส่วนการอบแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งจะสามารถควบคุมปัจจัยต่างๆดังกล่าวได้

2.2.3.2 ผลของการอบแห้งต่อคาร์โบไฮเดรต การทำให้อาหารแห้งมีผลต่ออาหารพวกคาร์โบไฮเดรต จะมีปัญหาเรื่องการเปลี่ยนสีของผลไม้ตากแห้งซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาสีน้ำตาลแบบไม่อาศัยเอนไซม์ (Non-enzymatic browning reaction) ซึ่งปฏิกิริยานี้เกิดจากปฏิกิริยาของกรดอะมิโนในผลไม้กับน้ำตาลรีดิวซ์ (reducing sugar) ทำให้เกิดการเปลี่ยนสีเป็นสีน้ำตาล การป้องกันโดยการใช้สารเคมีก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) หรือโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ การรมควันจะสามารถควบคุมปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลในอาหารแห้งได้ แต่อาหารนั้นต้องมีความชื้นต่ำมากๆ อาหารอบแห้งจะเกิดสีน้ำตาลถ้าอาหารนั้นมีความชื้นประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์

2.2.3.3 ผลของการอบแห้งต่อเอนไซม์ เอนไซม์จะหยุดทำงาน (Activity) เมื่อใช้ความร้อนอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเวลา 1นาที แต่ถ้าใช้ความร้อนในการอบแห้งในกระบวนการ dehydration หรือ drying ปฏิกิริยาของเอนไซม์จะทนทานถึง 204 องศาเซลเซียส ดังนั้นการอบแห้งในกระบวนการ dehydration หรือ drying จึงต้องลวกน้ำร้อนเสียก่อนหรือใช้สารเคมีเพื่อหยุดยั้งปฏิกิริยาเอนไซม์ที่จะนำไปอบแห้ง ปฏิกิริยาขึ้นอยู่กับความชื้นของอาหาร ถ้าความชื้นในอาหารลดลงด้วย แต่อัตราเร็วของเอนไซม์ขึ้นอยู่ความเข้มข้นของเอนไซม์และอาหาร ถ้าความชื้นลดลงต่ำกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ ปฏิกิริยาของเอนไซม์จะไม่เกิดขึ้น

2.2.3.4 ผลของการอบแห้งต่อจุลินทรีย์ จุลินทรีย์เป็นสาเหตุของการทำให้อาหารเสียหายหรือเน่า การลดความชื้นในอาหารให้เหลือน้อยที่สุดอาหารก็จะไม่เสียหาย และเก็บไว้ได้นานความชื้นน้อยกว่า 12 เปอร์เซ็นต์ เชื้อราจะเจริญเติบโตได้ แต่แบคทีเรีย และยีสต์จะเจริญเติบโตได้ดีถ้าความชื้นมากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป การอบแห้งจึงนิยมใส่เกลือแกงลงในอาหารที่จะอบแห้ง เพื่อควบคุมจุลินทรีย์ การลวกน้ำร้อนก่อนอบแห้ง กระบวนการทำต้องสะอาดและเมื่ออบแห้งแล้วต้องเก็บใส่หีบห่อให้ดี ไม่เก็บในที่ที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูงเพราะเชื้อจุลินทรีย์จะเจริญเติบโตเร็ว

2.2.3.4 ผลของการอบแห้งต่อเม็ดสีในอาหาร อาหารอบแห้งจะมีคุณสมบัติทั้งทางกายภาพและเคมีเปลี่ยนไป สีของอาหารจะเปลี่ยนไป เม็ดสีพวกแคโรทีนอยด์และแอนโทไซยานิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(anthocyanin) จะซีดจางลงถ้าใช้อุณหภูมิสูงและระยะเวลานานหรือใช้สารเคมีบางชนิดในการอบแห้ง เพื่อยับยั้งปฏิกิริยาของเอนไซม์ เช่น รมควันด้วยกำมะถัน จะฟอกจางสีทำให้อาหารสีจางลง ดังนั้นพวกผักและผลไม้จึงมีการ fixed สีเสียก่อนอบแห้ง โดยการลวกน้ำร้อนหรือแช่สารเคมี เช่น สารละลายด่างอ่อน เพื่อ fixed สีเสียก่อนจะไม่ทำให้สีผักผลไม้ซีดจางลงหรือเป็นสีน้ำตาล แต่จะทำให้อาหารแข็งกระด้างขึ้น แต่การอบแห้งยังทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีที่เรียกว่าปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) ซึ่งปฏิกิริยาทางอินทรีย์สารเกิดจากกรดอะมิโนผลไม้และน้ำตาลรีดิวซ์ ซึ่งจะทำให้เกิดสีน้ำตาลขึ้นและทำให้กลิ่นและรสชาติเปลี่ยนไป (กุลยา จันทร์อรุณ, 2540)

2.3 กลไกการเกิดออสโมติกดีไฮเดรชั่น (osmotic dehydration)

การกำจัดน้ำที่มีอยู่ในอาหารหรือการลดค่า a_w ของอาหาร โดยทั่วไปนิยมใช้วิธีการทำแห้งด้วยอากาศหรือลมร้อน แต่อย่างไรก็ตามการทำแห้งด้วยวิธีดังกล่าวจะลดคุณภาพของอาหารลง เช่น ทำให้เนื้อสัมผัสเหนียวหรือแข็ง ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีน้ำตาลเข้มหรือดำ และสูญเสียกลิ่นรสในอาหารด้วย แม้ว่าการใช้วิธีการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (freeze drying) จะทำให้สามารถรักษาคุณภาพอาหารได้ดีกว่า แต่ก็เป็นวิธีที่มีราคาแพง จึงได้มีการใช้เทคนิคการทำแห้งที่เรียกว่า ออสโมติกดีไฮเดชัน (osmotic dehydration) หรือ การแช่อิ่มนั่นเอง ซึ่งวิธีนี้อาศัยหลักการแลกเปลี่ยนระหว่างตัวถูกละลายในสารละลายและน้ำในอาหาร ผ่านเนื้อเยื่อของอาหารที่มีสมบัติเป็นเยื่อเลือกผ่าน (semipermeable membrane) สามารถทำให้กำจัดน้ำออกอย่างรวดเร็ว เมื่อเปรียบเทียบกับการกำจัดน้ำออกจากชิ้นอาหารด้วยการใช้ตู้อบลมร้อนแล้ว พบว่าวิธีนี้สามารถกำจัดน้ำได้เร็วกว่า 2-3 เท่า และยังเป็นการประหยัดพลังงานอีกด้วย ส่วนอัตราการสูญเสียน้ำออกจากอาหารจะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารละลาย (osmotic solution) เวลาที่อาหารสัมผัสกับสารละลาย อุณหภูมิของสารละลายและพื้นที่ผิวของชิ้นอาหาร การทำแห้งผลไม้ด้วยวิธีนี้จึงยังคงรักษากลิ่นรส และสีตามธรรมชาติไว้ได้ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการอบแห้งธรรมดา (Petrotos และ Lazarides, 2001)

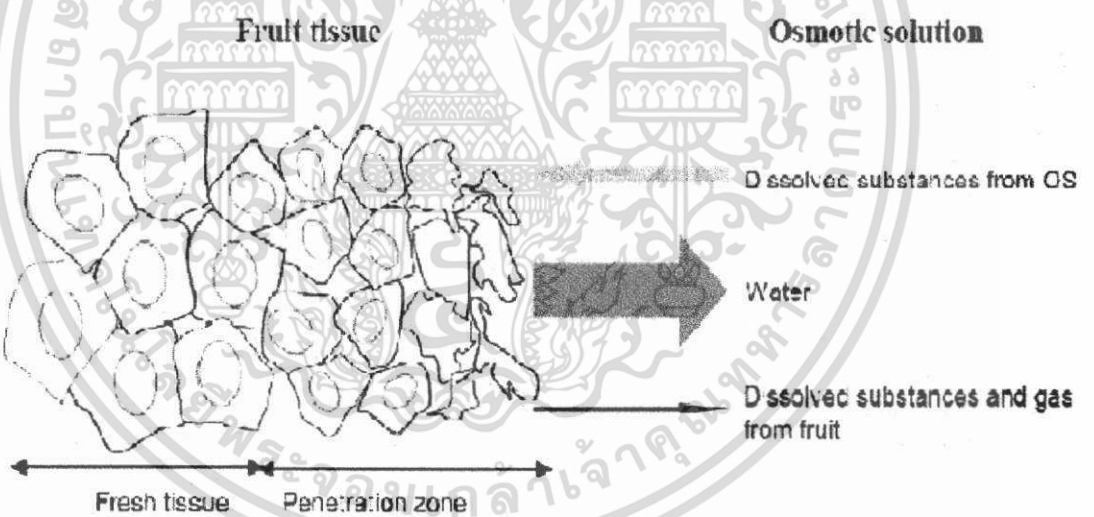
ออสโมติกดีไฮเดรชั่น (osmotic dehydration) หรือการแช่อิ่มเป็นการดึงน้ำออกโดยอาศัยหลักของความแตกต่างของแรงดันออสโมติก (osmotic pressure) โดยการแช่เนื้อเยื่อของผักและผลไม้ในสารละลาย ซึ่งนิยมใช้สารละลายน้ำตาลทำให้เกิดความแตกต่างของสารละลายออสโมติกระหว่างภายในเซลล์ของเนื้อเยื่อกับสารละลายเกิดเป็นแรงขับ (driving force) ทำให้เกิดการถ่ายเทมวลสาร ระหว่างเนื้อเยื่อและสารละลายภายนอก โดยการถ่ายเทมวลสารจะเคลื่อนที่สวนทางกันผ่านเยื่อเลือกผ่าน น้ำภายในเซลล์จะแพร่ออกสู่สารละลาย ขณะที่ตัวถูกละลายในสารละลายจะแพร่เข้าสู่เซลล์ของเนื้อเยื่ออาหาร และสารบางอย่างในเนื้ออาหาร เช่น กรด วิตามิน และเกลือแร่ จะแพร่ออกสู่สารละลาย แต่มีปริมาณเพียงเล็กน้อยเท่านั้นเมื่อเทียบกับปริมาณน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งการถ่ายเทมวลสารระหว่างภายในเซลล์และสารละลายภายนอกในกระบวนการออสโมซิสแสดงดังรูปที่ 2.3

อัตราการถ่ายเทมวลสารจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง 1-2 ชั่วโมงแรกจากนั้นจะค่อยช้าลงจนกระทั่งน้ำในวัตถุดิบหยุดแพร่ แต่ปริมาณของแข็งจากสารละลายที่แพร่เข้าสู่วัตถุดิบยังคงเพิ่มขึ้นอย่างคงที่ ดังนั้นผลิตภัณฑ์มีน้ำหนักเพิ่มสูงขึ้นเพราะปริมาณของแข็งเพิ่มขึ้นอย่างคงที่

คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทำแห้งโดยวิธีออสโมซิสมีลักษณะที่ดี เมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่อบแห้งแบบอื่น เพราะในกระบวนการผลิตใช้เวลาที่ผลิตภัณฑ์สัมผัสกับอุณหภูมิสูงในการอบแห้งน้อยกว่า ซึ่งช่วยในการรักษาสีและลดการระเหยของสารให้กลิ่นรสส่งผลให้มีลักษณะปรากฏและคุณค่าทางโภชนาการที่ดี (Kaymak – Ertekin และ Sultanoglu, 2000) เนื่องจากวิธีการออสโมซิสเป็น การดึงน้ำออกก่อนการอบแห้ง แม้ว่าในระหว่างทำแห้งมีการสูญเสียกรดและน้ำในผลไม้บางส่วน แต่การทำออสโมซิสสามารถปรับปรุงรสชาติ โดยมีสารละลายน้ำตาลและกรดที่เข้าไประหว่างการออสโมซิส (Torreggiani และ Bertolo , 2001)



รูปที่ 2.3 การถ่ายเทมวลสารระหว่างภายในเซลล์และสารละลายภายนอกในกระบวนการออสโมซิส
ที่มา : Warczok (2005)

2.4 การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล

การเกิดสีน้ำตาลที่เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์ผลไม้มี 2 สาเหตุด้วยกันคือ การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ (enzymatic browning) และปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่ใช้เอนไซม์ (non-enzymaic browning) ในขณะที่ปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่อาศัยเอนไซม์จะเกิดในระหว่างการเก็บรักษา (Pott และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะ, 2005) อัตราการเกิดสีน้ำตาลขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของการอบแห้ง ค่าความเป็นกรด- ด่าง ปริมาณความชื้น เวลาในการให้ความร้อนและความเข้มข้นของสารตั้งต้น ซึ่งอัตราการเกิดปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้นเมื่อความร้อนสูงขึ้น และเร็วขึ้นเมื่อมีน้ำตาลมากขึ้น โดยกลไกการเกิดสีน้ำตาลหลักๆมี 2 กลไก คือปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่เนื่องจากเอนไซม์ และปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่แบบไม่อาศัยเอนไซม์ (Eskin, 1990)

2.4.1 ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์

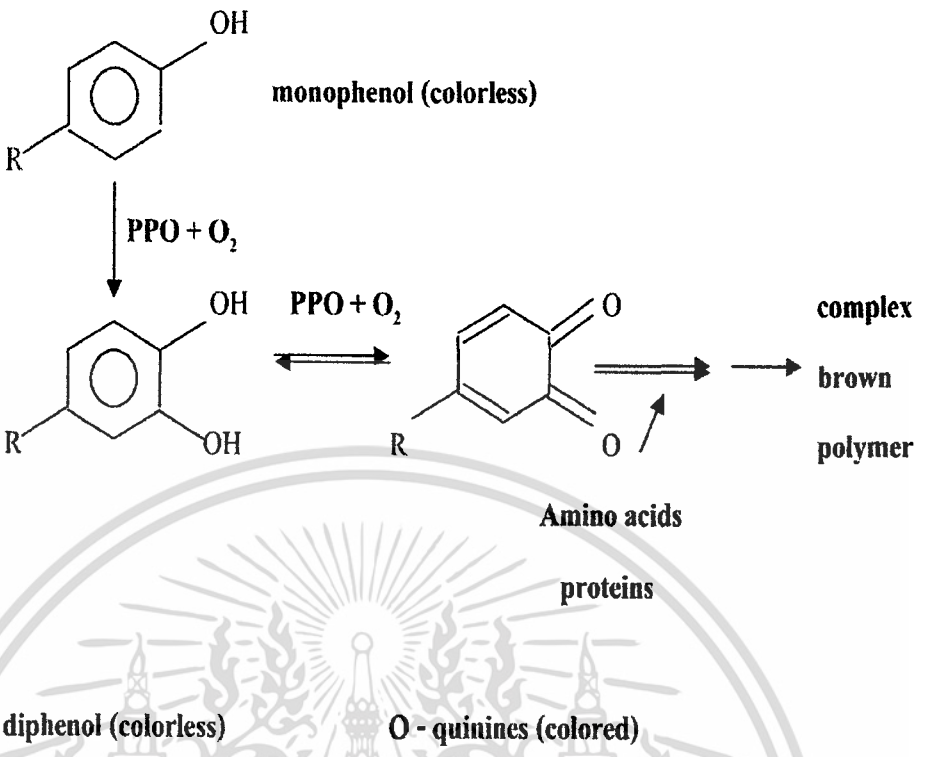
เอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (polyphenaloxidase ; PPO) จะพบมากในพืชและถูกเร่งด้วยออกซิเจนเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นได้เป็นออร์โท-ควิโนน (o-quinone) และเกิดโพลิเมอร์ให้เป็นสารสีน้ำตาลดัง ซึ่งปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส แสดงดังรูปที่ 2.4 โดยสามารถหลีกเลี่ยงการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ได้ด้วยความร้อน โดยความคงตัวของเอนไซม์ต่อความร้อนขึ้นอยู่กับสภาวะแวดล้อม เช่น ค่าความเป็นกรด- ด่าง ปริมาณสารตั้งต้น หรือการใช้สารรีดิวซ์ สารแอนตี้ออกซิแดนว์ และสารยับยั้งเอนไซม์ เป็นต้น

การควบคุมปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์ ไม่ให้เกิดขึ้นในผักและผลไม้บางชนิดทำได้โดยการลวก เพื่อยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (polyphenaloxidase, PPO) แต่วัตถุดิบบางชนิดหากนำไปลวกจะมีผลกระทบต่อกลิ่น รสชาติ และลักษณะเนื้อสัมผัส เช่น ผลไม้และหัวหอม

2.4.2 ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแบบไม่อาศัยเอนไซม์

2.4.2.1 การเกิดสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (maillard reaction) เป็นปฏิกิริยาระหว่างอะมิโนและน้ำตาลรีดิวซ์ (Miao และ Roos, 2005) ทำให้เกิดสารอินเทอร์มิเดียทเป็น 5-ไฮดรอกซีเมทิล- 2- เฟอรัลดีไฮด์ (5-hydroxymethyl-2-furaldehyde หรือ HMF) และสุดท้ายเกิดสารให้สี (Tosun, 2004) ซึ่งขั้นตอนการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด แสดงดังรูปที่ 2.5 และกลไกการเกิด สีน้ำตาลของเมลานอยดินแสดงดังรูปที่ 2.6 นอกจากนั้นพบว่าค่าวอเตอร์แอคติวิตี้และอุณหภูมิมีผลต่อการปฏิกิริยาสีน้ำตาลแบบไม่อาศัยเอนไซม์ของพริกไทยบดในระหว่างการเก็บรักษา (Gogus และ Eren, 1998)

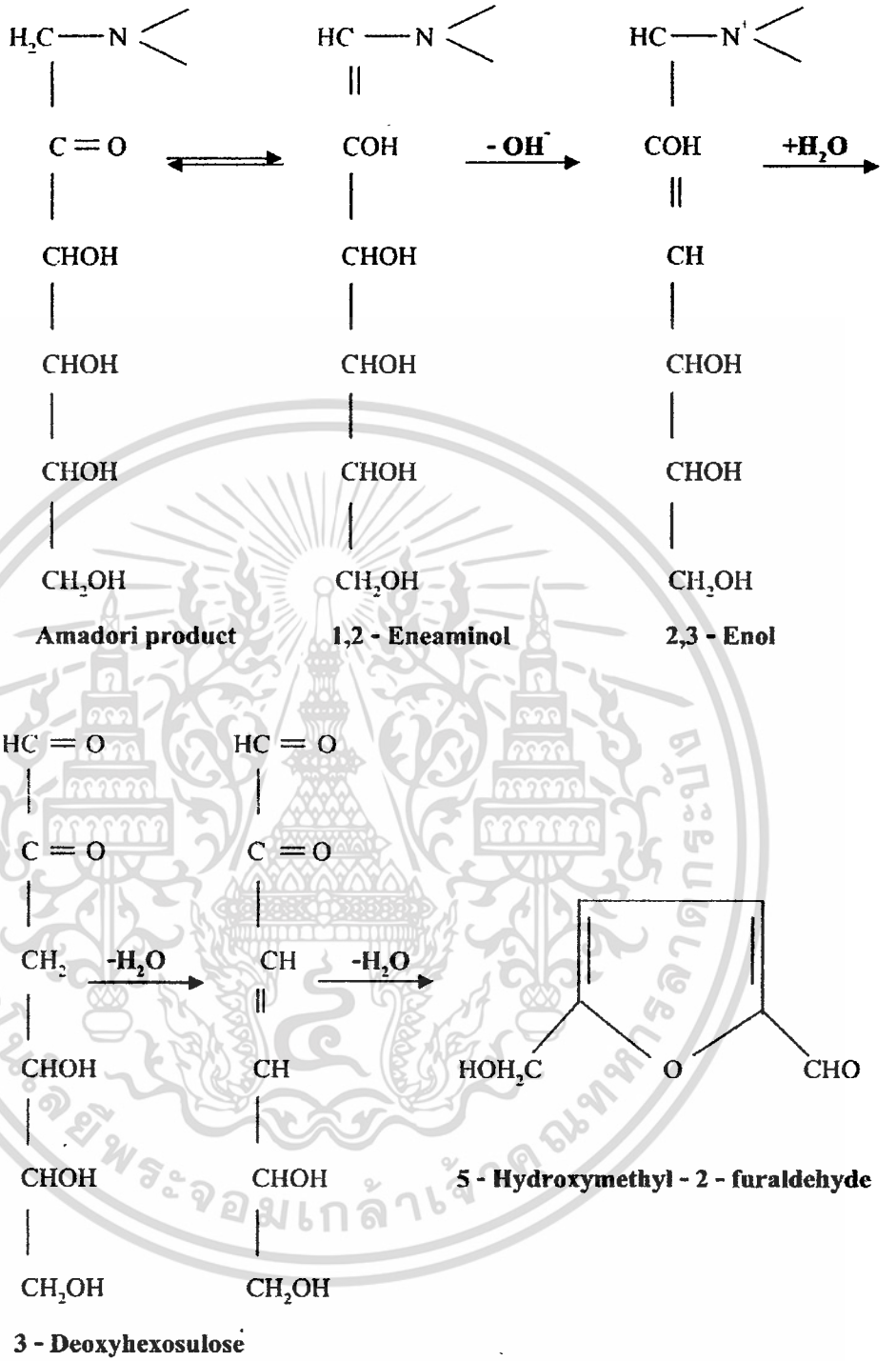
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส
ที่มา : Saper (1989)

2.4.2.2 การเกิดสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาคาราเมลไลเซชัน การเกิดสีน้ำตาลที่เกิดจากน้ำตาลเมื่ออยู่ในสภาวะอุณหภูมิสูง และเกิดการสูญเสียน้ำโดยไม่มีสารประกอบพวกอะมิโนหรือโปรตีน น้ำตาลบริสุทธิ์จะเกิดเมลไลเซชันอย่างเร็วที่อุณหภูมิสูงกว่า 100 องศาเซลเซียส มีตัวเร่งปฏิกิริยาดังนี้ คือ ฟอสเฟต (phosphate), ด่าง(alkalis), กรด (acids) และเกลือของกรดคาร์บอกซิลิด เช่น ซิเตรท (citrate), ฟูมาเรท(fumarate), ทาร์เทรต(tartrate) และมาเลต(malate) สำหรับกลไกในการเกิดปฏิกิริยาเป็นที่ทราบกันว่าคล้ายกับการเกิดสีน้ำตาล ระหว่างน้ำตาลรีดิวซ์และกรดอะมิโน โดยมีปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องคือ อีโนไลเซชั่น (enolization) ดีไฮเดรชั่น(dehydration) และแตกตัวเป็นไฮดรอกซีเมธิลเฟอร์ฟูรัล (Hydroxymethylfurfural, HMF) ซึ่งการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากปฏิกิริยาคาราเมลไลเซชันแสดงดังรูปที่ 2.7

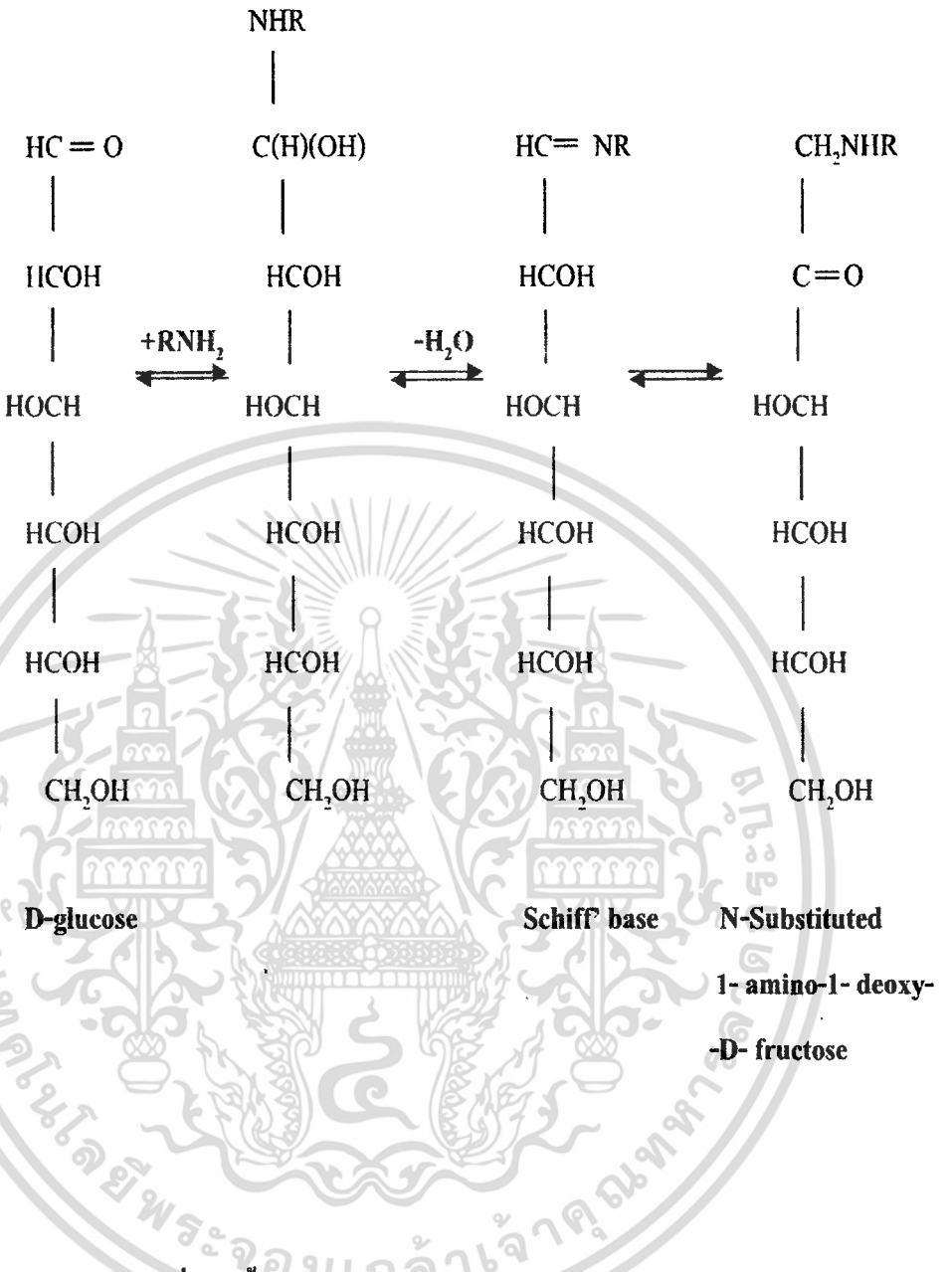
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 ขั้นตอนการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด

ที่มา : ดัดแปลงจาก Fennema (1996)

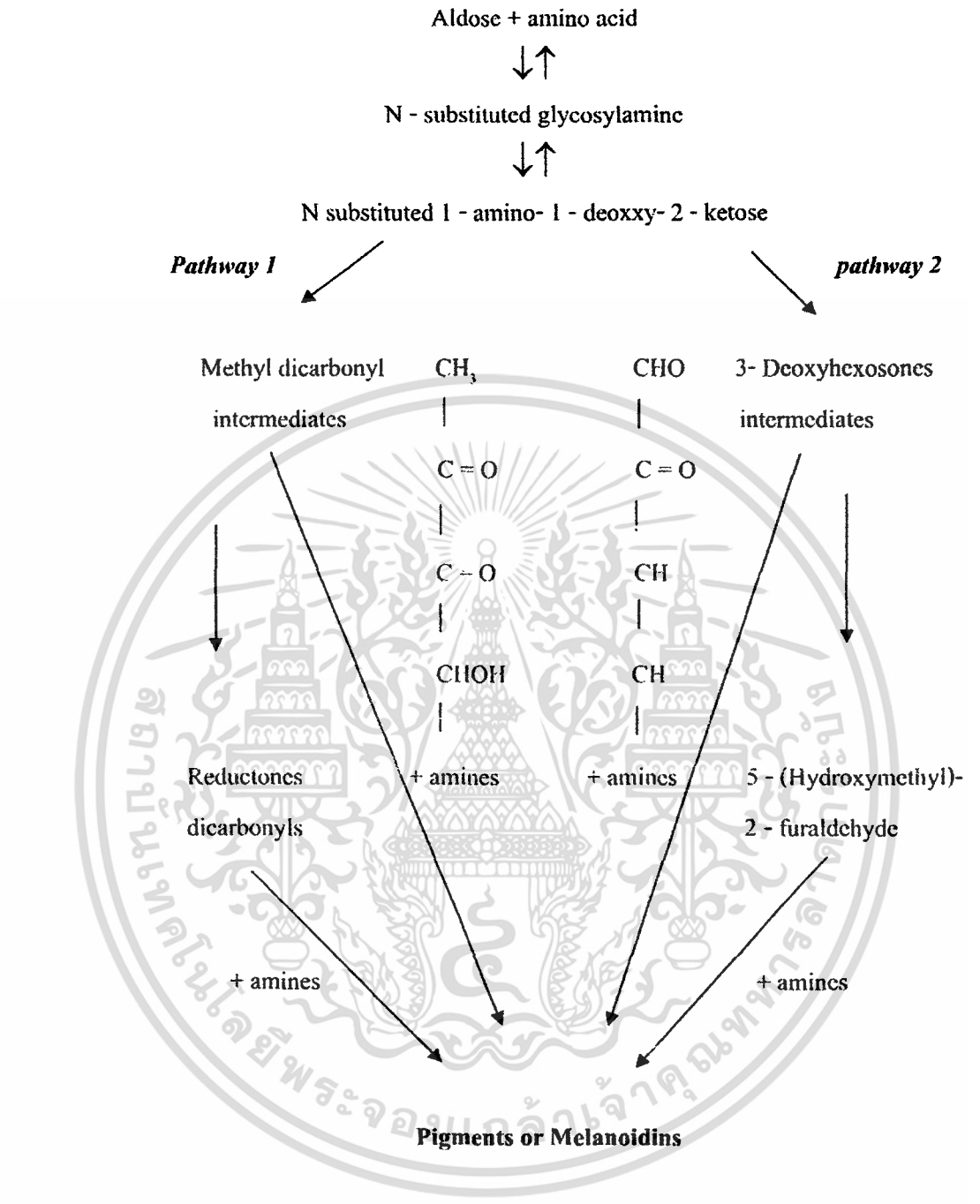
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 ขั้นตอนการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (ต่อ)

ที่มา : ดัดแปลงจาก Fennema (1996)

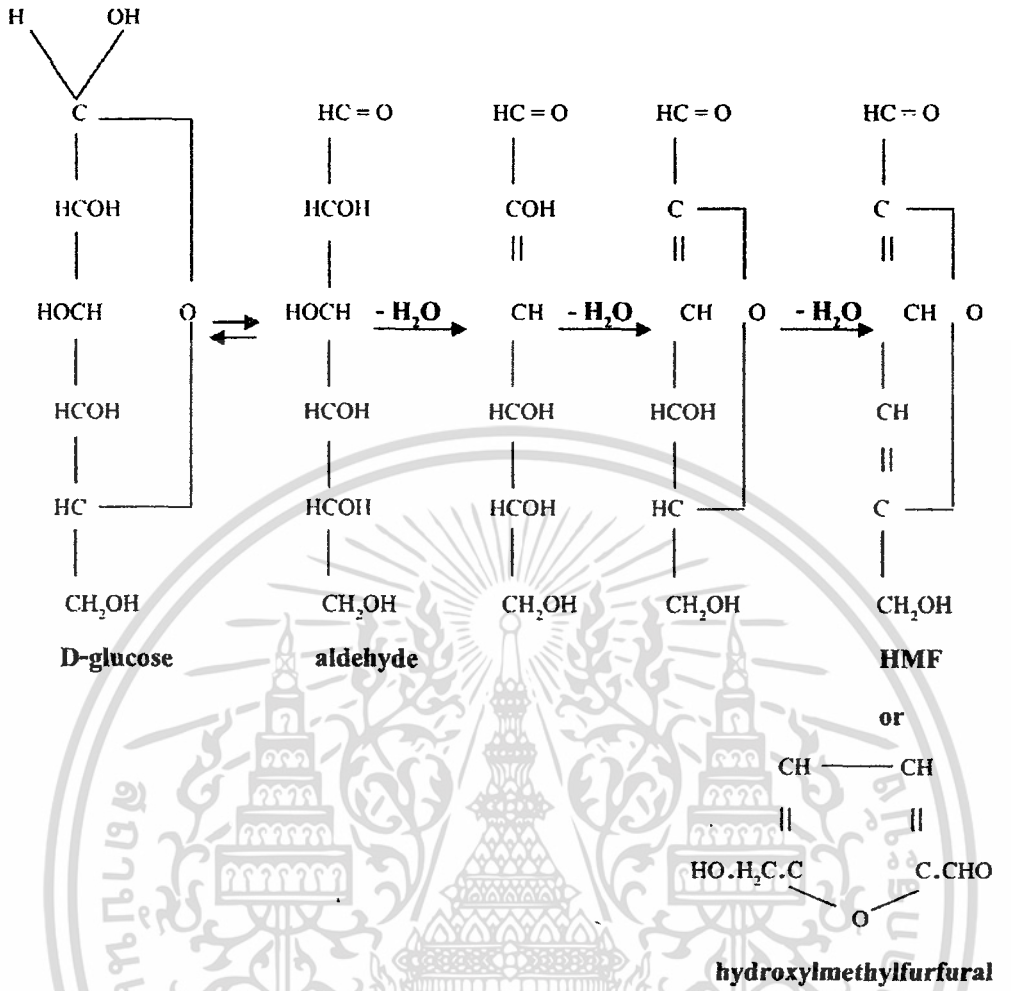
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 กลไกการเกิดสีน้ำตาลของเมลานอยดิน (melanoidin)

ที่มา : Eskin และคณะ (1990)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 การเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากปฏิกิริยาคาราเมลไลเซชัน

ที่มา: Braverman (1963)

2.4.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล

ปัจจัยที่มีต่อการเกิดปฏิกิริยานี้มีหลายปัจจัยด้วยกันคือค่าความเป็นกรด-ด่างอุณหภูมิ ออกซิเจน ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ และสารตั้งต้น (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2549)

2.4.3.1 ค่าความเป็นกรด-ด่างสำหรับปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสสามารถทำงานได้ดีที่ค่าความเป็นกรด- ด่าง 5-7 สำหรับผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้อบแห้งมีค่าความเป็นกรด- ด่างเท่ากับ 3-4 จึงไม่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส จากการศึกษาของ Saengnil และ คณะ (2006) พบว่ากิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสในลิ้นจี่ที่แช่ด้วยกรดออกซาลิก ไม่พบกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสที่ค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่า 4.2 เนื่องจากกรดออกซาลิกจะไปจับเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสป้องกันการเกิดสีน้ำตาลนอกจากนี้การใช้กรดซิตริกจะช่วยยับยั้งกิจกรรมโพลีออกซิเดสในลำไยทั้งผลได้เช่นกัน(Pongsakul และคณะ, 2004)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3.2 อุณหภูมิ อัตราเร็วของปฏิกิริยาเมลลาร์ดจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ดังนั้น ภาวะที่สารมีความเข้มข้นสูงและอุณหภูมิสูงจะเกิดปฏิกิริยาเร็วที่สุด เนื่องจากเกิด autocatalytic อัตราเร็วของปฏิกิริยานี้จะเพิ่มขึ้นเป็น 2-3เท่า เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นทุกๆ 10 องศาเซลเซียส ถ้าในอาหารมีน้ำตาลฟรุตโตสจะทำให้อัตราเร็วเพิ่มขึ้นเป็น 5-10 เท่า เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นทุกๆ10 องศาเซลเซียสและเพิ่มเร็วขึ้น เมื่อมีปริมาณน้ำตาลมากขึ้นความเข้มข้นของสีน้ำตาลจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้นการเก็บรักษาอาหารที่อุณหภูมิต่ำจะชะลอปฏิกิริยาเมลลาร์ดให้ช้าลงได้

2.4.3.3 สารตั้งต้นในการเกิดปฏิกิริยา อัตราการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลนั้นขึ้นอยู่กับประเภทของสารตั้งต้นด้วย เช่น น้ำตาลที่มีจำนวนคาร์บอนน้อยกว่าจะเกิดปฏิกิริยาได้เร็วกว่าน้ำตาลที่มีจำนวนคาร์บอนมากกว่า และกรดอะมิโนจะเกิดปฏิกิริยาได้ดีกว่ากรดอะมิโนที่มีความเป็นกรด (Acidic amino acid)

2.4.3.4 วอเตอร์แอคติวิตี้ หรือ a_w ก็มีอิทธิพลต่อปฏิกิริยาเมลลาร์ด เช่น ในภาวะแห้งน้ำตาลกลูโคสกับกรดอะมิโนกลัยซีนจะคงตัวและไม่เกิดปฏิกิริยาถึงแม้จะมีอุณหภูมิสูงถึง 50 องศาเซลเซียส แต่เมื่อมีน้ำเพียงเล็กน้อยปฏิกิริยาเมลลาร์ดจะเกิดขึ้นทันที แต่ที่อุณหภูมิสูงการสูญเสียน้ำออกจากโมเลกุลของน้ำตาลจะเป็นตัวเร่งให้ปฏิกิริยาเมลลาร์ด เพราะทำให้มีน้ำเกิดขึ้น อัตราเร็วของปฏิกิริยาจะช้าลงเมื่อมีน้ำมากจนทำให้สับสเตรทเจือจาง ซึ่งปริมาณน้ำสูงสุดสำหรับปฏิกิริยา คือ ประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์

2.4.3.5 ออกซิเจน ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์จะเกิดขึ้นในสภาวะที่มีออกซิเจน และการเกิดออกซิเดชั่นของสารประกอบต่างๆ เช่น รงควัตถุ วิตามินในผลไม้ทำให้เกิดสารตั้งต้นที่สามารถไปทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล ดังนั้นการลดการสัมผัสกับอากาศของผลิตภัณฑ์สามารถช่วยชะลอการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้

2.5 การใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์และเกลือซัลไฟต์ในผลไม้อบแห้ง

สารประกอบซัลไฟต์ที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร ได้แก่ โซเดียมซัลไฟต์ โพแทสเซียมซัลไฟต์ โซเดียมไบซัลไฟต์ โพแทสเซียมไบซัลไฟต์ โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ และ โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ เป็นต้น ในผลิตภัณฑ์ผลไม้อบแห้งจะมีการใช้กำมะถันเผารม เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ (Chichester และ Tanner, 1972 ; Ough, 1987) สำหรับปริมาณที่อนุญาตให้ใช้ได้ในผลไม้อบแห้งตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 281 พ.ศ. 2547 เรื่องวัตถุเจือปนในอาหารได้มีการอนุญาตให้ใช้ในปริมาณสูงสุดไม่เกิน 1,500 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ดังแสดงในตารางที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 ปริมาณสารประกอบซัลไฟต์ที่มีการอนุญาตให้ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ

ชนิดของอาหาร	ปริมาณสูงสุดไม่เกิน (ppm)
ผลไม้และผักแห้ง	1,500
อาหารชนิดอื่นๆ ยกเว้นเนื้อสัตว์และน้ำตาลทรายดิบ (Centrifugak raw sugar)	500
น้ำตาลทรายชนิดผงหรือป่น (Powdered or icing sugar)	20
เด็กซ์โทรสโมโนไฮเดรต (Dextrose monohydrate)	20
กลูโคสไซรัปแห้ง (Dried glucose syrup)	40
กลูโคสไซรัป (Glucose syrup)	40
น้ำตาลทรายขาว (White sugar)	70
น้ำตาลทรายบริสุทธิ์ (Refined sugar)	20

ที่มา : ประกาศ กระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 281 (พ.ศ. 2547)

2.5.1 ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของซัลเฟอร์ไดออกไซด์และเกลือซัลไฟต์ในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์

ความเป็นกรด- ด่าง ชนิดของจุลินทรีย์ ความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์และเกลือซัลไฟต์ และระยะเวลาในการสัมผัสจะเป็นปัจจัยที่กำหนดประสิทธิภาพของซัลเฟอร์ไดออกไซด์และเกลือซัลไฟต์โดยที่ซัลเฟอร์ไดออกไซด์เรียกชื่ออื่นได้ว่า ซัลฟูรัสแอนไฮดราย (sulfurous anhydride) หรือ ซัลฟูรัสออกไซด์ หรือกำมะถันออกไซด์ (SO_2) มีน้ำหนักโมเลกุล 64.07 เป็นก๊าซไม่มีสี ไม่ติดไฟ มีกลิ่นฉุนรุนแรงทำให้หายใจไม่ออก หนักกว่าอากาศ 2.264 เท่า ละลายน้ำได้ดี จะให้กรดซัลฟิวรัส (H_2SO_3) ไบซัลไฟต์ไอออน (HSO_3) และ ซัลไฟต์ไอออน (SO_2^-) (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2547:ออนไลน์) ซึ่งอัตราส่วนที่เกิดขึ้นนี้ จะขึ้นกับความเป็นกรด-ด่างของอาหารสำหรับประสิทธิภาพของซัลเฟอร์ไดออกไซด์และเกลือซัลไฟต์นั้นจะขึ้นกับปริมาณของกรดซัลฟิวรัสที่เกิดขึ้นและจะต้องอยู่ในรูปที่ไม่แตกตัวด้วยยิ่งมีปริมาณกรดซัลฟิวรัสเกิดขึ้นมากเท่าใดความสามารถในการยับยั้งหรือทำลายจุลินทรีย์ยิ่งเพิ่มมากขึ้นด้วยกรดซัลฟิวรัสที่เกิดขึ้นนี้จะมีผลต่อผนังเซลล์และการทำงานของเอนไซม์ของจุลินทรีย์ทำให้ไม่สามารถทำงานได้ตามปกติเป็นสาเหตุให้การเจริญของจุลินทรีย์ถูกยับยั้งและทำลายไป

2.5.2 ความปลอดภัยในการใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์และเกลือซัลไฟต์

สำหรับความปลอดภัยในการใช้ หรืออันตรายที่จะได้รับจากการใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์และเกลือซัลไฟต์ พบว่าเมื่อบริโภคหรือได้รับพิษของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และเกลือซัลไฟต์ในปริมาณ 8 มิลลิกรัม/กิโลกรัม จะทำให้เกิดอาการระคายเคืองของระบบหายใจ และในปริมาณ 20 มิลลิกรัม/กิโลกรัม จะทำให้เกิดอาการระคายเคืองตา ถ้าได้รับเข้าไปมาก ร่างกายสามารถขับออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางปัสสาวะได้ แต่ถ้ามีปริมาณมากเกินไปจะมีผลไปลดประสิทธิภาพการใช้โปรตีน และไขมันในร่างกายของคนเราและมีฤทธิ์ทำลายวิตามินบีหนึ่งด้วย ถ้าซัลเฟอร์ไดออกไซด์และเกลือซัลไฟต์สะสมในร่างกายมากๆอาจทำให้หายใจติดขัด ปวดท้อง ท้องร่วง เวียนศีรษะ อาเจียน หมดสติ และอาจตายได้ในผู้ที่แพ้มากหรือเป็นหอบหืด องค์การอนามัยโลกกำหนดค่าความปลอดภัยไว้ คือ ปริมาณที่ได้รับต้องไม่เกิน 0.7 มิลลิกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักร่างกาย/วัน (ADI: Acceptable Daily Intake) (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข, 2547)

2.6 วิธีการเก็บรักษาอาหารแห้งและอายุการเก็บรักษา

การผลิตอาหารที่มีความชื้นต่ำหรืออาหารแห้งมีวัตถุประสงค์หลัก คือ เพื่อต้องการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ให้นานที่สุดเท่าที่จะสามารถทำได้ ซึ่งการที่จะวิเคราะห์ผลกระทบที่จะเกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณน้ำน้อยมากๆนั้นดูค่อนข้างยากมาก เพราะว่าปฏิกิริยาบางอย่างอาจเกิดขึ้นได้ในผลิตภัณฑ์อบแห้งระหว่างการเก็บรักษา ดังนั้นผลิตภัณฑ์จะต้องมีความคงตัวในระหว่างการเก็บรักษา ทั้งทางด้านจุลินทรีย์ เคมี และกายภาพ เพราะการเปลี่ยนแปลงลักษณะดังกล่าวจะมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ

2.6.1 ปัจจัยที่มีผลต่ออายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

2.6.1.1 ลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์ที่มีความคงตัวสูงจะมีอายุการเก็บรักษาได้นานกว่าผลิตภัณฑ์ที่มีความคงตัวต่ำ ผลิตภัณฑ์ที่จัดว่ามีความคงตัวสูงนั้นจะต้องเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถเก็บรักษาไว้ได้ที่อุณหภูมิห้อง โดยไม่ได้รับความเสียหายเนื่องจากจุลินทรีย์ผลิตภัณฑ์อาหารแห้งจัดเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความคงตัวสูง เนื่องจากปริมาณความชื้นต่ำ เช่น ผลไม้อบแห้งจะมีปริมาณความชื้นอยู่ประมาณ 15-30% และ มีค่า a_w อยู่ในช่วง 0.6-0.65 (Gordon, 1993) ซึ่งโดยทั่วไปแล้วจุลินทรีย์จะไม่สามารถเจริญได้ที่ค่า a_w ต่ำกว่าค่าวิกฤต (ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาสิก, 2532) ดังนั้นอาหารที่นำมาเก็บรักษาควรมีค่า a_w ต่ำกว่า 0.7 ผลิตภัณฑ์จะปลอดภัยจากจุลินทรีย์ได้ จึงเป็นเหตุผลให้อาหารแห้งจัดเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความคงตัวสูง แต่ทั้งนี้ต้องมีการเก็บรักษาค่า a_w ของอาหารไม่ให้เพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษา (จิตธนา แจ่มเมฆ, 2539) เพราะอาหารที่มีปริมาณน้ำต่ำนั้นหากมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อย ก็จะมีผลต่อระยะเวลาในการเก็บรักษาทันทีแต่ในบางครั้งการยอมให้มีการเปลี่ยนแปลงค่า a_w ของผลิตภัณฑ์ให้สามารถเพิ่มขึ้นบางเล็กน้อยก็สามารถทำได้ หากมีปัจจัยอื่นๆเข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น ค่าพีเอช เกลือ สารป้องกันจุลินทรีย์ และอุณหภูมิ (ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาสิก, 2532) อย่างไรก็ตามถึงแม้ผลิตภัณฑ์อาหารแห้งจะมีความคงตัวต่อการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากจุลินทรีย์สูงแต่ปฏิกิริยาทางเคมียังสามารถดำเนินต่อไปได้เรื่อยๆในอาหารแห้งระหว่างการเก็บรักษา เช่น ปฏิกิริยาออโตออกซิเดชัน และปฏิกิริยาเมลลาร์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Maillard reaction) โดยเฉพาะเมื่ออยู่ในสภาวะที่มีปัจจัยส่งเสริมการเกิดปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลง ดังกล่าวก็สามารถเกิดขึ้นได้รวดเร็วและนำไปสู่ความไม่คงตัวของผลิตภัณฑ์ได้ (Gordon, 1993)

2.6.1.2 สภาวะแวดล้อมในการเก็บรักษาหรือการรอจำหน่าย สภาวะแวดล้อมในการเก็บรักษา หรือการรอจำหน่ายเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญมากที่มีต่ออายุในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะต้องพิจารณาและจัดสภาวะในการเก็บรักษาให้เหมาะสมเพื่อควบคุมหรือหลีกเลี่ยงสภาวะที่เป็นปัจจัยที่นำไปสู่ความไม่คงตัวในอาหารแห้ง ถึงแม้ว่าผลิตภัณฑ์อาหารแห้งจะจัดว่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความคงตัวสูง ต่อการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากจุลินทรีย์แต่ก็ยังมีอีกหลายสาเหตุ ที่มีผลทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารแห้งเสื่อมคุณภาพลงได้ในระหว่างการเก็บรักษา เช่น แสง อุณหภูมิ ออกซิเจน และความชื้น ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมเหล่านี้หากไม่มีการควบคุมจะเป็นสาเหตุทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดความไม่คงตัวทั้งทางเคมีและกายภาพเกิดขึ้นได้ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เพราะปัจจัยดังกล่าวเป็นปัจจัยที่ส่งการเกิดปฏิกิริยาเคมี เช่น แสงและออกซิเจน จะเร่งให้เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดและปฏิกิริยาออโตออกซิเดชัน โดยเฉพาะปฏิกิริยาออโตออกซิเดชัน ซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้กับส่วนประกอบของอาหารหลายชนิด เช่น ถ้าเกิดกับไขมันจะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์เกิดกลิ่นหืน และหากเกิดขึ้นกับวิตามินและรงควัตถุก็จะมีผลให้ผลิตภัณฑ์สูญเสียคุณค่าทางอาหาร และมีสีเปลี่ยนไป นอกจากนี้การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารแห้งไว้ จะต้องพิจารณาถึงปริมาณความชื้นสมดุลของอากาศในระหว่างการเก็บรักษาด้วย เพราะผลิตภัณฑ์อาหารที่มีความชื้นต่ำกว่าความชื้นสมดุลกับบรรยากาศเฉลี่ย อาหารจะดูดความชื้นกับอากาศจึงควรป้องกันโดยการเก็บรักษาในภาชนะที่ปิดสนิท แต่ผลิตภัณฑ์อาหารที่มีความชื้นสูงกว่าความชื้นสมดุลของอากาศ เช่น หอม และกระเทียม จะต้องเก็บรักษาในภาชนะโปร่งที่มีการระบายอากาศได้ดี เพราะจะมีการระเหยน้ำออกจากหอมและกระเทียม ถ้าเก็บรักษาในภาชนะปิดสนิท น้ำที่ระเหยจะควบแน่นเป็นหยดน้ำเปียกที่ผิว ทำให้เชื้อราเจริญได้ง่าย (จิตธนา แจ่มเมฆ, 2539)

2.6.1.3 ภาชนะบรรจุ มีบทบาทสำคัญในการป้องกันการเสื่อมเสียของอาหาร และช่วยยืดอายุระหว่างการเก็บรักษาให้นานขึ้นได้ ภาชนะบรรจุมีหน้าที่หลัก คือช่วยป้องกันการเสื่อมเสียของอาหารจากอิทธิพลภายนอก อันเป็นสาเหตุนำไปสู่ความไม่คงตัวของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษา หรือรอการจำหน่าย เช่น แมลง ฝุ่นละออง การกดทับ รวมถึงปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมอื่นๆที่เป็นปัจจัยส่งเสริมให้เกิดการเสื่อมเสียของคุณภาพผลิตภัณฑ์ คือ แสง อุณหภูมิ ความชื้น และ ออกซิเจน เป็นต้น ภาชนะจึงมีบทบาทสำคัญในการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้ โดยช่วยควบคุมสภาวะแวดล้อมระหว่างการเก็บรักษา หรือการรอจำหน่ายให้เหมาะสม ปัจจุบันการพัฒนาเกี่ยวกับการผลิตภาชนะบรรจุมีความก้าวหน้ามากขึ้น ได้มีการนำวัสดุต่างๆมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตภาชนะบรรจุภัณฑ์ ทั้งขวดแก้ว กระดาษ โลหะ และพลาสติก เพื่อต้องการให้ได้ภาชนะบรรจุที่มีความเหมาะสมกับชนิดของผลิตภัณฑ์อาหารให้มากที่สุด ในการเลือกภาชนะใดจำเป็นต้องคิดถึงปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้อง เช่น ต้นทุน ความสะดวกในการย้าย ขนส่ง และต้องช่วยป้องกันการบุบสลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของผลิตภัณฑ์ได้เป็นอย่างดี และที่สำคัญภาชนะบรรจุต้องมีความเหมาะสมกับชนิดของผลิตภัณฑ์อาหาร นอกจากนั้นการเลือกภาชนะบรรจุจำเป็นต้องยอมรับความเป็นจริงที่ว่าไม่มีภาชนะบรรจุชนิดใดที่มีคุณสมบัติสามารถป้องกันการสูญเสียได้ 100 %

2.6.2 การเลือกใช้ภาชนะบรรจุ

อาหารที่ผ่านการอบแห้งอย่างเดียวไม่สามารถยืดอายุการเก็บรักษาให้นานขึ้นได้ต้องใช้กรรมวิธีอื่นร่วมด้วย บรรจุภัณฑ์อาหารมีบทบาทที่สำคัญในขั้นตอนสุดท้ายเพื่อรักษาผลิตภัณฑ์ให้ยาวนานขึ้นและรักษาคุณภาพอาหารให้คงอยู่ (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2543)

2.6.2.1 หน้าที่ของบรรจุภัณฑ์

1) ต้องสามารถบรรจุ ห่อหุ้ม รวบรวมผลิตภัณฑ์ไว้ด้วยกันเพื่อดสะดวกรวดเร็วในการขนย้าย การเก็บรักษาและการจัดการ

2) คุ้มครองผลิตภัณฑ์จากสิ่งแวดล้อมภายนอกที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ได้ เช่น แสง ไอน้ำ ออกซิเจน จุลินทรีย์ เป็นต้น

3) เอื้ออำนวยความสะดวกเมื่อนำผลิตภัณฑ์มาใช้

4) สื่อสารให้ข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ให้กับผู้บริโภค

5) ดึงดูดใจผู้บริโภค บรรจุภัณฑ์ต้องออกแบบได้เหมาะสมสวยงาม เป็นสิ่งจูงใจให้ผู้บิโภคสนใจซื้อสินค้า

6) เหมาะสมกับการทำงานของเครื่องจักร เพื่อผลิตสินค้าให้มีมาตรฐานเดียวกัน

7) แสดงเอกลักษณ์ของผลิตภัณฑ์ภาชนะบรรจุควรมีลักษณะเด่นที่ทำให้ผู้บริโภคจดจำได้

8) ทนทานต่อกระบวนการผลิต

9) ป้องกันการปลอมปนผลิตภัณฑ์โดยเป็นหน้าที่ของอุปกรณ์ที่ใช้ในการปิดภาชนะ

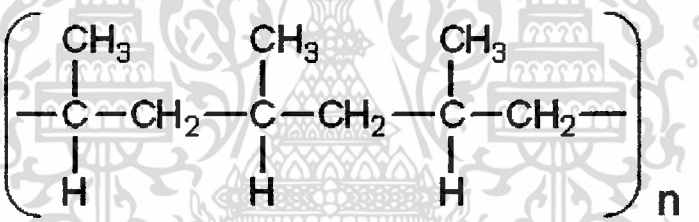
การเลือกบรรจุภัณฑ์ต้องคำนึงถึงคุณสมบัติเฉพาะและวิธีการบรรจุ เพื่อให้การบรรจุประสิทธิภาพสูงสุด หลักของการเลือกบรรจุภัณฑ์ต้องมีความเข้าใจถึงคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์อาหารว่าเป็นชนิดใดและมีความไวต่อปัจจัยใดที่เป็นสาเหตุนำไปสู่การเสื่อมเสียความสามารถในการรักษาคุณสมบัติของอาหารได้ตามอายุที่ต้องการ เพื่อเป็นพื้นฐานการเลือกใช้ภาชนะบรรจุที่มีคุณสมบัติในการป้องกันได้อย่างเหมาะสม (Chambers และ Netson, 1993) เช่น ผักและผลไม้อบแห้ง ปัจจัยหลักที่นำไปสู่ความไม่คงตัวของผลิตภัณฑ์ คือ ออกซิเจน ซึ่งเป็นปัจจัยหลักที่ส่งเสริมการเกิดปฏิกิริยาออโตออกซิเดชัน มีผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพต่ำลง เช่น ในแครอทอบแห้งสีจะซีดจางลงเนื่องจากสารสีถูกทำลาย มันฝรั่งอบแห้งจะมีการพัฒนากลิ่นและรสชาติที่ผิดปกติเกิดขึ้น นอกจากนี้ผักและผลไม้อบแห้งยังมีความไวต่อความชื้น ซึ่งหากไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควบคุมความชื้นของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาให้ความชื้นคงที่ ก็จะส่งผลกระทบต่อระยะเวลาในการเก็บรักษาทันที ดังนั้นภาชนะบรรจุที่เหมาะสำหรับผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้อบแห้งจึงควรมีสมบัติในการป้องกันการซึมผ่านเข้า – ออกของออกซิเจนและความชื้นได้เป็นอย่างดี

2.6.2.2 ชนิดบรรจุภัณฑ์ มีมากมายหลายชนิดที่ใช้ในการบรรจุอาหาร เช่น แก้ว โลหะ พลาสติก aluminum foil แต่ละชนิดบรรจุภัณฑ์มีคุณสมบัติแตกต่างกัน

1) พลาสติกชนิดโพลีโพรพิลีน (Polypropylene หรือ PP) เป็นพลาสติกในตระกูลพอลิโอเลฟินส์ (Polyolefins) และมีการใช้มากในอุตสาหรรมการบรรจุ ซึ่งสูตรโครงทางเคมีพลาสติกชนิดโพลีโพรพิลีน (Polypropylene หรือ PP) แสดงดังรูปที่ 2.8 พลาสติกชนิดโพลีโพรพิลีน PP มีความแข็งแรงมากกว่า PE มีความสามารถในการป้องกันการซึมผ่านของก๊าซ ไอน้ำ และไขมันได้ดีกว่า PE ทนความร้อนสูง มีความใสและป้องกันความชื้นได้ดี ฟิล์มประเภท OPP (Oriented polypropylene) เกิดจากฟิล์ม PP ที่มีการจัดเรียงโมเลกุลให้เป็นระเบียบในระหว่างการผลิตจะมีความใส ความแข็งแรงเพิ่มขึ้น นิยมใช้ทำซองบรรจุอาหารแห้ง ขนมขบเคี้ยว ใช้เป็นฟิล์มหดรัดได้ด้วย (ปุ่น คงเจริญเกียรติ และ สมพร คงเจริญเกียรติ, 2541)

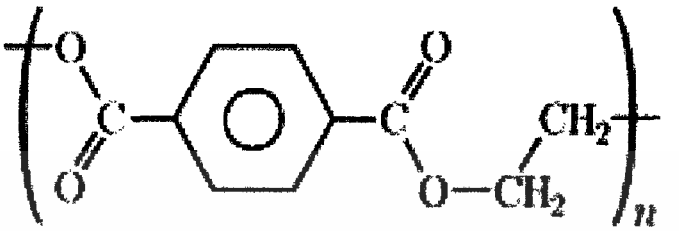


รูปที่ 2.8 สูตรโครงสร้างทางเคมีของ Polypropylene หรือ PP
ที่มา : งามทิพย์ ภู่วโรดม (2550)

2) พลาสติกชนิดโพลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (polyethylene terephthalate หรือ PET) เป็นพลาสติกประเภทโพลีเอสเตอร์ชนิดหนึ่งได้จากปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบควบแน่น (condensation polymerization) ระหว่าง terephthalic acid กับ ethylene glycol ซึ่งสูตรโครงสร้างทางเคมีของพลาสติกชนิดโพลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (Polyethylene terephthalate หรือ PET) แสดงดังรูปที่ 2.9 โดยพลาสติกชนิดโพลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (PET) สามารถป้องกันการซึมผ่านของก๊าซได้ดี ป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้ปานกลาง ต้านทานการซึมผ่านของไขมันได้ดี มีความแข็งแรงสูง ทนทานต่ออุณหภูมิสูงได้ดี มีความใสมาก (งามทิพย์ ภู่วโรดม, 2550) แต่สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ไวต่อออกซิเจนมากๆการใช้พลาสติกชนิดโพลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต(PET) เพียงชั้นเดียวอาจป้องกันการซึมผ่านของออกซิเจนไม่เพียงพอจึงนิยมใช้ร่วมกับพลาสติกชนิดอื่น เช่น PDVC, MDPE,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LDPE และ CPP นอกจากนี้ยังใช้เป็นวัสดุหลักในการเคลือบไออะลูมิเนียม และการประกบกับแผ่นเปลวอะลูมิเนียม เช่น PET/AI/MDPE (มยุรี ภาคลำเจียก และคณะ, 2533)



รูปที่ 2.9 สูตรโครงสร้างทางเคมีของ Polyethylene terephthalate หรือ PET
ที่มา : งามทิพย์ ภู่วโรดม (2550)

3) ลามิเนตอลูมิเนียมฟอยด์ (laminate aluminum foil) ลามิเนต (laminate) ตามความหมายใน พจนานุกรม มีความหมายว่า การทำให้เป็นแผ่นบางๆประกอบด้วยชั้นบางๆ เช่นเดียวกับฟิล์มพลาสติกลามิเนตก็หมายถึง แผ่นฟิล์มพลาสติกที่ผ่านกระบวนการลามิเนตโดยการนำฟิล์มพลาสติกหลายๆ ชั้นมาเคลือบติดเข้าด้วยกันเป็นฟิล์มแผ่นเดียว หรือการเคลือบฟิล์มพลาสติกเข้ากับวัสดุอื่นๆ เช่น กระดาษหรือฟอยล์โลหะ โดยทำการยึดติดระหว่างชั้นฟิล์มด้วยการใช้ความร้อน หรือใช้กาว (adhesive) โดยฟิล์มลามิเนตจะมีจำนวนชั้นของฟิล์มมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับตามความต้องการของผู้ผลิต ใช้มากในลักษณะของวัสดุผสม โดยการทำ laminate กับฟอยล์อลูมิเนียม จุดลอมเหลวสูงและสามารถทนไขมันได้ ฟอยล์อลูมิเนียมมีคุณสมบัติสำหรับการผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์ที่ดีที่สุด ถ้าเทียบกับฟิล์มพลาสติกชนิดอื่นๆตามที่กล่าวมาข้างต้น แต่ก็มีราคาแพงที่สุดเช่นกัน โดยฟอยล์อลูมิเนียมมีคุณสมบัติในการป้องกันได้ทั้งก๊าซต่างๆ กันการซึมผ่านของก๊าซ น้ำ กลิ่น น้ำมัน และแสง ได้อย่างดีเยี่ยม ทำให้สามารถปกป้องและถนอมผลิตภัณฑ์ที่บรรจุอยู่ภายในได้ยาวนานกว่าฟิล์มชนิดอื่นๆ อลูมิเนียมฟอยล์ใช้ได้กับการบรรจุภัณฑ์อาหาร ยา ฯลฯ ทั้งที่เป็นของแข็งและของเหลว ถ้าหากผลิตภัณฑ์กัดกร่อนได้ก็ยังสามารถเคลือบฟอยล์อลูมิเนียมด้วยสารอื่นๆที่ทนต่อการกัดกร่อนได้ และผิวของฟอยล์อลูมิเนียมก็มีความมันวาวสวยงามเช่นเดียวกับฟิล์ม Metalized อีกด้วย

โดยวัสดุที่นิยมนำมาใช้เป็นภาชนะบรรจุสำหรับผักและผลไม้อบแห้ง คือ โพลีเมอร์ฟิล์ม (Chambers และ Netson, 1993) โพลิเมอร์ที่นำมาใช้เป็นภาชนะบรรจุมีมากมายหลายชนิด แต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติในการป้องกันและมีอัตราการซึมผ่านเข้า– ออกของสารต่างๆได้แตกต่างกัน ซึ่งมีการแสดงคุณสมบัติในการซึมผ่านของก๊าซชนิดต่างๆของโพลิเมอร์ที่นำมาใช้ในการบรรจุ (ตารางที่ 2.3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 คุณสมบัติในการซึมผ่านของก๊าซชนิดต่างๆของโพลิเมอร์ที่นำมาใช้เป็นภาชนะบรรจุ

ชนิดของโพลิเมอร์	อัตราการซึมผ่านของก๊าซ (มิลลิเมตรต่อ 100 ตารางนิ้ว)			อัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (มิลลิกรัมต่อ 100 ตารางนิ้ว)
	O_2	CO_2	N_2	
Polyolefins				
Low Density Polyethylene (LDPE)	500	2700	180	1.0-1.5
Medium Density Polyethylene (MDPE)	250-535	1000-2500	85-315	0.7
High Density Polyethylene (HDPE)	185	580	42	0.3
Polypropylene (PP)	150-240	500-800	40-48	0.7
Biaxially Oriented Polypropylene (OPP)	100-160	540	20	0.25-0.4
Ionomers				
Ethylene-Vinyl Copolymers	300-400	600-1000	50-100	1.5-2.0
Ethylene-Vinyl Acetate Copolymers (EVAC)	840	6000	400	2.0-2.3
Ethylene-Vinyl Alcohol (EVOH)				
-dry	0.01-0.09	-	-	-
-wet	0.65-2.03	-	-	1.4-3.8
Vinyl Plastics				
Polyvinyl Chloride (PVC)				
-non plasticized	4-30	4.50	1	0.9-5.0
-plasticized	100-1400	20-12000	-	5-4.0
Polyvinylidine Chloride (PVCD)				
-Homopolymer	0.1	-	-	0.044
Copolymer	0.08-0.25	0.38-6.0	0.012-0.16	0.05-0.2

ที่มา : Chambers และ Netson (1993)

จากตารางที่ 2.3 โพลิเมอร์ที่นำมาใช้เป็นบรรจุภัณฑ์แต่ละชนิดมีคุณสมบัติและลักษณะเฉพาะที่แตกต่างกัน ดังนั้นการเลือกใช้โพลิเมอร์จึงขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์และคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์อาหารเป็นสำคัญ จึงควรเลือกภาชนะบรรจุภัณฑ์ที่สามารถ

1) ป้องกันความชื้นได้ดี เช่น HDPE OPP หรือ OPP เคลือบด้วย PVDC

2) ป้องกันการซึมผ่านของออกซิเจนได้ดี เช่น PET หรือ ไนลอน

3) ป้องกันแสงในการเร่งปฏิกิริยา ตัวบรรจุภัณฑ์ควรพิมพ์เป็นสีทึบหรือเคลือบด้วย aluminum foil

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เบญจมาศ พวงสมบัติ (2544) ได้ศึกษาการพัฒนากระบวนการผลิตลิ้นจี่อบแห้งทั้งเปลือกและอายุการเก็บรักษา และทำการเก็บรักษาผลลิ้นจี่อบแห้ง 4 วิธีคือการเก็บรักษาในถุง High density polyethylene (HDPE) ถุง Oriented polypropylene (OPP) โดยไม่ใส่สารดูดความชื้นและแบบที่มีสารดูดความชื้นและสารดูดออกซิเจน พบว่าระหว่างการเก็บรักษาลิ้นจี่ในถุง HDPE เปลือกผลลิ้นจี่อบแห้งมีสีแดงลดลงมีความชื้นและค่า a_w เพิ่มขึ้นและสีเปลือกที่เปลี่ยนแปลงมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับผลลิ้นจี่อบแห้งที่เก็บรักษาในถุง OPP ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบอัตราการซึมผ่านเข้า-ออกออกซิเจน พบว่าถุง HDPE มีอัตราการซึมผ่านเข้า-ออกของออกซิเจนมากกว่าถุง OPP การเก็บรักษาผลลิ้นจี่อบแห้งในถุง OPP ที่มีสารดูดความชื้นและสารดูดออกซิเจนสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงของเปลือกผลลิ้นจี่อบแห้งที่เก็บรักษาในถุง OPP

พรรณทิพา บุญอินทร์ และ คณะ (2549) ทดลองใช้สารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลต่อสีเปลือกและ คุณภาพของผลลำไยพันธุ์อีดอระหว่างการเก็บรักษาโดยแช่ผลลำไยในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ความเข้มข้น 7.5% และสารละลายกรดออกซาลิกความเข้มข้น 5% แบบใช้เดี่ยวและใช้ร่วมกันดังนี้ แช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์อย่างเดียว แช่สารละลายกรดออกซาลิกอย่างเดียว แช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ก่อนนำมาแช่ในสารละลาย กรดออกซาลิก แช่สารละลายกรดออกซาลิกก่อนนำมาแช่ในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ และแช่ในสารละลายผสมระหว่างกรดออกซาลิกและโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ทุกกรรมวิธีจะแช่นาน 5 นาที ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส แล้วนำมาเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสนาน 7 สัปดาห์ พบว่าเปลือกนอกของลำไยที่แช่ในสารละลายกรดออกซาลิกก่อนนำมาแช่ในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ และลำไยที่แช่ด้วยสารละลายผสมระหว่างกรดออกซาลิกและโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ มีค่า L* และค่า b* มากที่สุด เปลือกผลมีสีเหลือง และไม่พบสีน้ำตาลและรอยด่างเนื่องจากการแช่สารละลายกรดบนเปลือกนอก และเปลือกในของลำไยเมื่อเทียบกับทุกกรรมวิธี โดยคุณภาพของผลในระหว่างการเก็บรักษามีค่าไม่แตกต่างกันกับชุดควบคุม

รัตนา อัตตปัญโญ และ อัจฉรา เทียมภักดี (2542) ได้ศึกษาวิธีการยืดอายุการเก็บรักษาลำไยสดเพื่อการแปรรูปเป็นเนื้อลำไยอบแห้งในเชิงพาณิชย์ การเก็บรักษาเนื้อลำไยอบแห้งพบว่ามีค่า L*,a * และ b* เปลี่ยนไปจากเดิมคือ มีค่า L* และ b * ลดลง และค่า a * เพิ่มขึ้น และอาจผันแปรขึ้นอยู่กับชนิดของบรรจุภัณฑ์ที่ใช้บรรจุเนื้อลำไยอบแห้ง และพบว่าถุงเคลือบ (AI/PE) มีคุณสมบัติช่วยรักษาสีได้ดีกว่าถุงแก้วและถุงเย็นชนิดบางในกล่องกระดาษและถุงเย็นชนิดหนา อีกทั้งเมื่อเติมสารดูดออกซิเจนลงไปในถุงเคลือบปรากฏว่าจะมีความสามารถในการรักษาสีได้ดีกว่าถุงสูญญากาศที่มีการเติมสารดูดออกซิเจนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ในการเก็บรักษาเนื้อลำไยอบแห้งในถุง polypropylene (PP) เป็นเวลา 6 เดือนที่อุณหภูมิห้อง พบว่ามีการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปลี่ยนแปลงของสีและความชื้น น้อยกว่าการเก็บรักษาในถุง low density polypropylene (LDPE) และถุง high density polypropylene (HDPE)

DiPersio และคณะ (2004) ศึกษาผลของโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์พืชอบแห้งโดยนำจุลินทรีย์สายพันธุ์ *Listeria monocytogenes* ปริมาณ 7.8 log cfu/g มาเพาะลงบนบริเวณผิวของพืชที่หั่นเป็นแผ่นบางหนาประมาณ 0.6 เซนติเมตรทิ้งไว้ 15 นาทีที่อุณหภูมิห้อง หลังจากนั้นนำมาแช่ในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้น 4% นาน 10 นาทีเทียบกับตัวอย่างควบคุมที่ไม่ผ่านการแช่ในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ หลังจากนั้นนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 6 ชั่วโมงแล้วเก็บไว้ในถุงพลาสติกที่ปลอดเชื้อเป็นระยะเวลา 7 วันควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 30% เมื่อนำผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 สภาวะมาตรวจนับปริมาณ *Listeria monocytogenes* พบว่าการแช่พืชในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ก่อนนำไปอบแห้งนั้น สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม โดยปริมาณ *Listeria monocytogenes*ที่พบในผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการแช่ในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และตัวอย่างควบคุมเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานาน 7 วัน มีค่า 2.14 และ 3.80 log cfu/g ตามลำดับ

Silveira และคณะ (1996) ทดลองเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์สับปะรดที่ผ่านการออสโมซิสด้วยสารละลายซูโครส 50-75 องศาบริกซ์ เป็นเวลา 20 ชั่วโมง ขั้นตอนการทดลองคือหลังจากการออสโมซิสแล้ว 5 ชั่วโมง นำสับปะรดไปแช่ในโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ (potassium metabisulfite) ความเข้มข้น 0.25 % โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เป็นเวลา 6 นาที แล้วนำไปจุ่มในกรดซิตริกจากนั้นทำการออสโมซิสจนครบ 20 ชั่วโมง หลังเสร็จสิ้นกระบวนการออสโมซิสแบ่งสับปะรดเป็นสองชุดนำไปอบในตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และอบแบบสูญกาศที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จากนั้นเก็บในถุงโพลีโพรพิลีน (polypropylene) ที่อุณหภูมิ -27 , 25 และ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0-4 เดือน หลังจากเก็บรักษา พบว่าองค์ประกอบทางเคมีของสับปะรด มีค่าใกล้เคียงกัน โดยค่า pH ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาตรน้ำตาลทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และค่า a_w เปลี่ยนแปลงน้อยมากที่เวลาการเก็บต่างกัน ยกเว้นค่าซัลเฟอร์ไดออกไซด์ซึ่งลดลงมากที่อุณหภูมิในการเก็บรักษาสูงขึ้น โดยเฉพาะที่อุณหภูมิ 35 องสาเซลเซียส และลดลงมากขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา ทั้งนี้เนื่องจากซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะระเหยได้ดีเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ 3

ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 วัตถุดิบ

สับปะรดที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการวิจัยคือ สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย เนื้อ 2 ซื้อจากตลาดไท ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี (ในช่วงเดือนพฤศจิกายน ปี พ.ศ. 2553 ถึง มกราคม ปี พ.ศ. 2554)

3.2 สารเคมีและอาหารเลี้ยงเชื้อ

3.2.1 กรดไฮโดรคลอริก (Hydrochoric)	Sigma, Germany
3.2.2 เอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์	องค์การสุรา, ไทย
3.2.3 ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogenperoxide)	Sigma, Germany
3.2.4 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide)	Sigma, Germany
3.2.5 โซเดียมไบซัลไฟต์ Sodium bisufite	Sigma, Germany
3.2.6 อะซิติกเอซิด (Acetic acid)	Merck, Germany
3.2.7 Plate count agar	Oxoid, England
3.2.8 Potato dextrose agar	Oxoid, England
3.2.9 Brilliant green bile broth (BGBB)	Oxoid, England
3.2.10 Eosin methylene blue agar (EMB)	Oxoid, England
3.2.11 Phosphate buffer saline (PBS)	Oxoid, England
3.2.12 กรดทาร์ทาริค (Tartaric acid)	Merck, Germany
3.2.13 แคลเซียมคลอไรด์ (Calcium chloride)	วิทยาศรม, ไทย
3.2.14 โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (Sodium matabisulfite)	วิทยาศรม, ไทย
3.2.15 น้ำตาลทรายขาว	มิตรผล, ไทย

3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือ

3.3.1 เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (รุ่น 2110-w06)	Atago, Japan
3.3.2 เครื่องวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (HR83 Halogen)	Mettler, Switzerland
3.3.3 pH meter รุ่น HM - 20P	Hanna Instrument, U.S.A.
3.3.4 เครื่องวัด a_w (Model Series 3)	AquaLab, U.S.A.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.5 เครื่องวัดสี รุ่น CR-400 Minolta, Japan

3.3.6 ตู้อบลมร้อนแบบถาด 240 ซ.ม.*200 ซ.ม. Hohenheim, Germany

3.3.7 Autoclave รุ่น MLS-3780 Thermo, Germany

3.3.8 Incubator Memmert, Germany

3.3.9 Hot Air Oven Memmert, Germany

3.3.10 Water bath Memmert, Germany

3.3.11 Electronic balance รุ่น PB 3002-S Mettler, Switzerland

3.3.12 Vortex mixer Bohemia, U.S.A.

3.3.13 กล่องพลาสติกชนิดโพลีโพรพิลีน (polypropylene หรือ PP) พร้อมแพค, ไทย

3.3.14 กระปุกพลาสติกชนิดโพลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (polyethylene terepathalate หรือ PET) พร้อมแพค, ไทย

3.3.15 ถุงลามิเนตอลูมิเนียมฟอยด์ (laminate aluminum foil) อลูคอน, ไทย

3.4 วิธีการทดลอง

3.4.1 ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นและกระบวนการผลิตสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งของโรงผลิตภัณฑ์อบแห้งโครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา

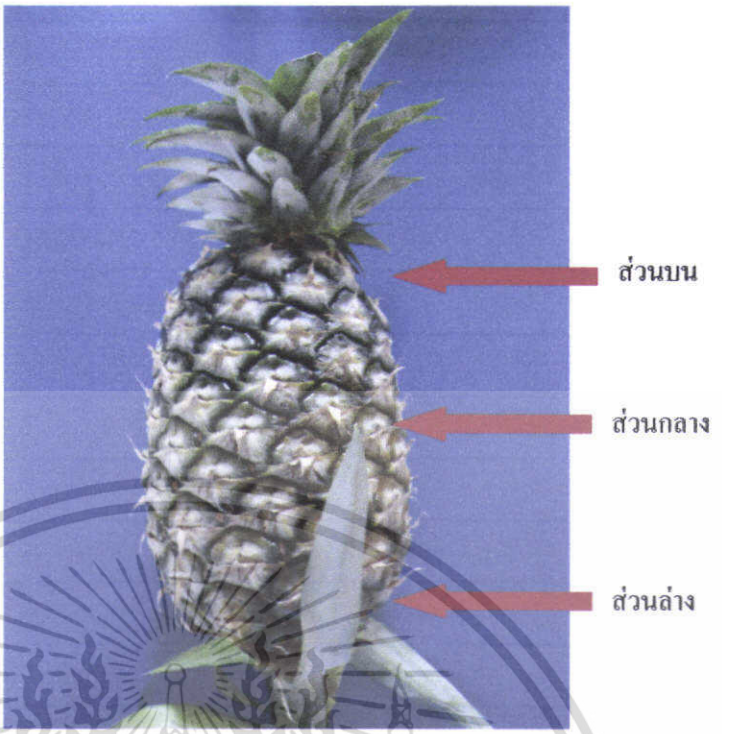
ทำการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นของการผลิตสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง งานผลิตภัณฑ์อบแห้งโครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา โดยศึกษาขั้นตอนการผลิตตั้งแต่การจัดซื้อวัตถุดิบ การเตรียมวัตถุดิบ การอบแห้ง รวมถึงการบรรจุ โดยเข้าทำการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นในช่วงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2553-ตุลาคม พ.ศ. 2553

3.4.2 ศึกษาคุณภาพทางเคมีกายภาพของสับปะรดสดที่ใช้ทำสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง

นำสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย เนื้อ 2 หมายถึงสับปะรดที่มีผิวสีเขียว และเนื้อมีสีเหลืองอ่อน ไม่ฉ่ำ ไม่มีตำหนิ แล้วนำมาตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมีและกายภาพ ดังต่อไปนี้

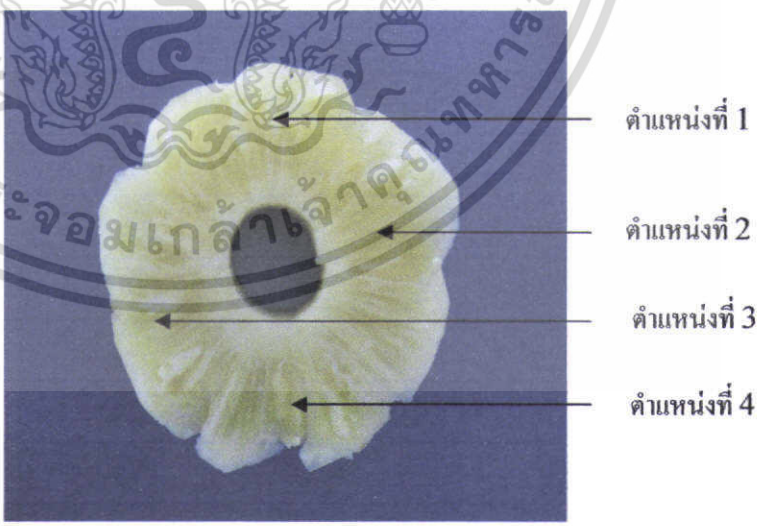
3.4.2.1 วัดสีของเปลือกในระบบ CIE LAB L* a* b* โดยใช้เครื่อง Colermeter วัดสีเปลือกของสับปะรดที่สุ่มมา 5 ผลต่อรอบการผลิต โดยสับปะรด 1 ผล จะวัดค่าสี 3 ตำแหน่ง ได้แก่ ส่วนบน กลาง และล่างของผลสับปะรด ดังตำแหน่งการวัดค่าสีของเปลือกสับปะรดรูปที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 ตำแหน่งการวัดค่าสีของเปลือกสับปะรด

3.4.2.2 วัดสีของเนื้อในระบบCIE LAB L*a*b* โดยนำชิ้นสับปะรดที่สุ่มมา 5 ชิ้นต่อรอบการผลิต ทำการวัดค่าสี 2 ด้าน ในแต่ละด้านวัด 4 ตำแหน่ง ดังตำแหน่งการวัดค่าสีของเนื้อสับปะรดก่อนนำไปแช่อิ่มรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ตำแหน่งการวัดค่าสีของเนื้อสับปะรดก่อนนำไปแช่อิ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2.3 วิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total soluble solids : TSS)ในเนื้อสับปะรด โดยใช้มาตรดัชนีหักเห Refractomerter

3.4.2.4 วิเคราะห์ปริมาณความชื้น ดังภาคผนวก ข1

3.4.2.5 วิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ด้วยเครื่อง pH meter โดยนำตัวอย่างสับปะรดสดที่สุ่มมาจำนวน 5 ผลต่อรอบการผลิต มาหั่นให้มีขนาดเล็กลง จากนั้นนำมาคั้นแยกกากและนำไปวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ดังภาคผนวก ข3

3.4.3 ศึกษาคุณภาพทางเคมีกายภาพและจุลินทรีย์ของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งก่อนการเก็บรักษา

3.4.4.1 การผลิตสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง นำสับปะรดมาปอกเปลือกแล้ว เจาะตาและแกนหั่นเป็นวงหนา 1.5 เซนติเมตร ให้มีขนาดใกล้เคียงกัน และทำการอบแห้งตามขั้นตอนการผลิตสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งของโครงการสวนพระองค์สวนจิตรลดารูปที่ 4.1 ในงานวิจัยนี้จะถูกอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาด (tray dryer) แบบใช้ไฟฟ้า(ดังภาคผนวก ก1) โดยการจัดเรียงชิ้นสับปะรดให้มีระยะห่างระหว่างชิ้นที่ใกล้เคียงกัน ทำการอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 ± 2 องสาเซลเซียส และความเร็วลมคงที่ที่ 1 เมตรต่อวินาที เป็นเวลา 8-12 ชั่วโมง โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ และอบแห้งจนกระทั่งสับปะรดมีค่า a_w ประมาณ 0.60

3.4.4.2 นำสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่ได้จากข้อ 3.4.4.1 มาวิเคราะห์ด้านเคมี กายภาพ ได้แก่

- วิเคราะห์ปริมาณความชื้น ดังภาคผนวก ข1
- ค่า Water activity โดยใช้เครื่องวิเคราะห์ค่า a_w ดังภาคผนวก ข2
- ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ในผลิตภัณฑ์ด้วยวิธี A.O.A.C (1995) ดังภาคผนวก ข4
- การวัดการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลของเนื้อสับปะรด โดยวัดความเข้มของสีน้ำตาลที่เกิดขึ้นในเนื้อสับปะรด วัดการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร ดัดแปลงจาก Baloch และ คณะ (1973) ดังภาคผนวก ข5
- วัดค่าสีในระบบ CIE LAB วัดค่า L*a*b* ด้วยเครื่อง Colorimeter

3.4.4.3 นำสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่ได้จากข้อ 3.4.4.1 มาวิเคราะห์ด้านจุลชีววิทยา ได้แก่

- Total plate count (AOAC, 2000) ดังภาคผนวก ค1
- ตรวจหา Coliform (AOAC, 2000) ดังภาคผนวก ค2
- ตรวจหา *E. coli* (AOAC, 2000) ดังภาคผนวก ค3
- ตรวจหายีสต์และรา (AOAC, 2000) ดังภาคผนวก ค4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.4 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีกายภาพและจุลินทรีย์ของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษา

3.4.4.1 นำสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งจากข้อ 3.4.3 บรรจุในบรรจุภัณฑ์ต่างกัน 3 ชนิด ได้แก่ กล่องพลาสติกชนิดโพลีโพรพิลีน (polypropylene หรือ PP) ขนาด 18 เซนติเมตร x 26.5 เซนติเมตร (ดังภาคผนวก ก2) กระปุกพลาสติกชนิดโพลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (polyethylene terepathalate หรือ PET) ขนาด 400 ลูกบาศก์เซนติเมตร (ดังภาคผนวก ก3) ถุงลามิเนตอลูมิเนียมฟอยด์ (laminate aluminum foil) ขนาด 16 เซนติเมตร x 23 เซนติเมตร (ดังภาคผนวก ก4) และ บรรจุ 130 กรัมต่อถุง บรรจุในภาวะบรรยากาศปกติ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง(ประมาณ 35 องศาเซลเซียส) เป็นระยะเวลา 120 วัน

3.4.4.2 นำสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิดที่เก็บตัวอย่างทุก 15 วัน มาวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

- วิเคราะห์ปริมาณความชื้น ดังภาคผนวก ก1
- ค่า Water activity โดยใช้เครื่องวิเคราะห์ค่า a_w ดังภาคผนวก ข2
- การเกิดสีน้ำตาลตามวิธี Baloch และคณะ (1973) ดังภาคผนวก ข5
- วัดค่าสีในระบบ CIELAB วัดค่า L*a*b* ด้วยเครื่อง Colermeter

3.4.4.3 นำสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิดนี้เก็บตัวอย่างทุก 30 วัน มาวิเคราะห์ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ในผลิตภัณฑ์ด้วยวิธี A.O.A.C (1995) ดังภาคผนวก ข4

3.4.4.4 เก็บตัวอย่างสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด ทุก 30 วัน เพื่อนำมาวิเคราะห์คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์โดยตรวจหาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด Total plate count (AOAC, 2000) (ดังภาคผนวก ค1) ตรวจหาจำนวนเชื้อ Coliform (AOAC, 2000) (ดังภาคผนวก ค2) ตรวจหาจำนวนเชื้อ *E. coli* (AOAC, 2000) (ดังภาคผนวก ค3) และตรวจหาจำนวนยีสต์และรา (AOAC, 2000) (ดังภาคผนวก ค4)

3.4.4.5 สถิติที่ใช้ในการทดลอง วางแผนการทดลองแบบ complete randomize design (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS โดยวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยตาราง ANOVA เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ข้อมูลเบื้องต้นของโรงผลิตภัณฑ์อบแห้ง โครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา

4.1.1 ข้อมูลทั่วไป (โครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา, 2554)

งานผลิตภัณฑ์อบแห้ง ตั้งอยู่ภายในโครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา พระราชวังดุสิต ถนน ราชวิถี แขวงจิตรลดา เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร ก่อตั้งขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2538 งานผลิตภัณฑ์อบแห้งได้รับพระราชทานเครื่องอบผลไม้ซึ่งบริษัทศิริวัฒน์ จำกัด น้อมเกล้าฯ ถวายสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ปลายปี พุทธศักราช 2528 งานผลิตภัณฑ์อบแห้งได้ปรับปรุงเครื่องโดยได้รับความร่วมมือจากห้องปฏิบัติการพัฒนาขบวนการผลิต สาขาวิจัยอุตสาหกรรมอาหาร สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย จึงสามารถใช้เครื่องผลิตกระเทียมอบแห้งบรรจุขวดเก็บไว้ได้นาน โดยไม่มีกลิ่นหืน

ต่อมาภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ร่วมกับสถาบันวิศวกรรมเกษตรสำหรับเมืองร้อนและเขตกึ่งเมืองร้อน มหาวิทยาลัยโฮเฮนไฮม์ ภาคเอกชนสถาบันไฮเซลเลนและบริษัทเกวุสมูลเลอร์ ประเทศสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนี น้อมเกล้าฯ ถวายเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ จำนวน 1 เครื่อง และเครื่องอบแห้งแบบใช้ลมร้อนที่ใช้แก๊สเป็นเชื้อเพลิง จำนวน 1 เครื่อง เครื่องอบแห้งไฟฟ้าจำนวน 1 เครื่อง เครื่องรับรังสีควงอาทิตย์สำหรับผลิตลมร้อนเพื่อการอบแห้ง จำนวน 1 เครื่อง ซึ่งงานผลิตภัณฑ์ผลไม้อบแห้งได้ทำการต่อเครื่องกับเครื่องอบแห้งแบบใช้แก๊ส เพื่อให้อบผลไม้ได้ทั้งแบบลมร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ หรือแบบใช้แก๊สเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งสามารถอบผลิตผลทางการเกษตรต่างๆ เช่น เมล็ดธัญพืช เมล็ดถั่ว ผัก ผลไม้ และพืชสมุนไพร เพื่อผลิตผลิตภัณฑ์อบแห้งของโครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา โดยใช้เป็นเครื่องต้นแบบให้เกษตรกรที่ทำอุตสาหกรรมผลไม้อบแห้งเข้ามาศึกษา ซึ่งปัจจุบันยังใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ กล้วยอบ สับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง และมะเขือเทศแช่อิ่มอบแห้ง

ปีพุทธศักราช 2548 มหาวิทยาลัยศิลปากรถวายเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์อุโมงค์ลมร้อนแบบ Greenhouse หลังคาโค้งทำด้วยโพลีคาร์บอเนต และพื้นกระเบื้องเพื่อเก็บความร้อน ส่วนพื้นจะช่วยรักษาอุณหภูมิให้อยู่ได้เมื่อหมดแสงอาทิตย์ โดยค่อยๆปล่อยความร้อนที่ดูดซับไว้ตอนกลางวันออกมา เพื่อใช้ในการผลิตผักและผลไม้อบแห้ง ซึ่งเป็นทางเลือกใหม่ของพลังงานทดแทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 กระบวนการผลิตสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งของโรงงานผลิตภัณฑ์อบแห้ง โครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา

กระบวนการผลิตสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งของงานผลิตภัณฑ์อบแห้ง โครงการสวนพระองค์ สวนจิตรลดานี้ใช้เครื่องอบลมร้อนชนิดถาด (tray dry) แบบไฟฟ้า (ดังภาคผนวก ก) และมีขั้นตอนการผลิตสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง ดังภาพที่ 4.1

สับปะรด เนื้อ 2

⇩

ปอกเปลือก เจาะตาและแกนหั่นเป็นแว่นหนา 1.5 เซนติเมตร

⇩

แช่ในสารละลายผสมระหว่าง สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 3 %

+ สารโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 3 % เป็นเวลา 3 ชั่วโมง

⇩

ล้างน้ำเปล่า นำชิ้นสับปะรดมาลวกในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที

⇩

แช่ในสารละลายซูโครสความเข้มข้น 45 องศาบริกซ์

อัตราส่วนสารละลายต่อเนื้อสับปะรดเป็น 2:1 นาน 12 ชั่วโมง

⇩

แช่ในสารละลายซูโครสซ้ำ ครั้งที่ 2 ความเข้มข้น 45 องศาบริกซ์

อัตราส่วนสารละลายต่อเนื้อสับปะรดเป็น 2:1 นาน 12 ชั่วโมง

⇩

ล้างน้ำเปล่าเพื่อชะล้างน้ำตาลที่ผิวหน้าสับปะรด

อบโดยใช้ตู้อบลมร้อนแบบถาด ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 8-12 ชั่วโมง

หรือจนได้ค่า $a_w < 0.65$

รูปที่ 4.1 ขั้นตอนการผลิตสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งโครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2.1 สับปะรด

สับปะรดที่ใช้ผลิตสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งคือ พันธุ์ปัตตาเวียเนื้อ 2 ไม่ช้ำ ไม่เป็นตำหนิ มีสีเปลือกเขียวปนเหลือง ไม่ฉ่ำเกินไป จากตลาดไท ตำบลคลองหนึ่ง จังหวัดปทุมธานี โดยงานประกันคุณภาพทำการสุ่มตรวจคุณภาพ เพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานสับปะรดของโครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา ก่อนนำเข้าสู่กระบวนการผลิต

4.1.2.2 ขั้นตอนการตัดแต่ง

นำสับปะรดที่ผ่านการตรวจรับมาทำการปอกเปลือก ตัดแต่งหัวท้ายของสับปะรด เจาะตา หั่นเป็นแว่นความหนาประมาณ 1.5 เซนติเมตร รวมทั้งเจาะแกนสับปะรดออก

4.1.2.3 ขั้นตอนการแช่สารละลาย

นำสับปะรดที่หั่นเป็นแว่นเรียบร้อยแล้ว มาแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 3% และโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 3% โดยอัตราส่วนน้ำต่อเนื้อ 2 ต่อ 1 นาน 3 ชั่วโมง

4.1.2.4 ลวกน้ำร้อน

หลังจากแช่สารละลายนาน 3 ชั่วโมงแล้วนำตะแกรงช้อนสับปะรดออกจากสารละลายมาล้างผ่านน้ำเปล่า ตั้งน้ำที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส นำสับปะรดที่ผ่านการล้างน้ำแล้วมาลวกในหม้อต้มนาน 10 นาที แล้วช้อนขึ้นให้สะเด็ดน้ำ

4.1.2.5 ขั้นตอนการออสโมซีส

เตรียมน้ำเชื่อม โดยคำนวณอัตราน้ำที่ใช้ต่อสารละลายเป็น 2 เท่าของเนื้อสับปะรด ที่จะทำการแช่ (2:1) ตั้งน้ำร้อนเติมน้ำตาลทรายให้ได้ความหวาม 45 องศาบริกซ์ ทิ้งไว้ให้เย็นหลังจากนั้นนำสับปะรดแช่ในสารละลายทิ้งไว้นาน 12 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำน้ำเชื่อมที่ผ่านการแช่สับปะรดแล้วมากรองและเพิ่มน้ำให้ได้ตามอัตราส่วนเดิมเติมน้ำตาลให้ได้ความหวาน 45 องศาบริกซ์ ทิ้งไว้ให้เย็นนำสับปะรดลงไปแช่รอบ 2 นาน 12 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำสับปะรด ที่ผ่านการ ออสโมซิส มาล้าง เพื่อชะล้างน้ำตาลที่ผิวหน้าสับปะรด

4.1.2.6 ขั้นตอนการอบแห้ง

นำสับปะรดที่ผ่านขั้นตอนดังกล่าวมาเรียงบนตะแกรงของตู้อบลมร้อนชนิดถาด (tray dry) โดยให้ระยะห่างของแต่ละชิ้นเท่าๆกัน อบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 8-12 ชั่วโมง หรือจนสับปะรดมีค่า a_w น้อยกว่า 0.75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 คุณสมบัติของสับปะรดที่ใช้ในการทำสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง

ในการผลิตสับปะรดที่ทำแห้งโดยวิธีการออสโมซิสนั้นมีความจำเป็นต้องมีการตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้นของวัตถุดิบเพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีความใกล้เคียงกัน ดังนั้นในการวิจัยนี้จึงตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้นทั้งกายภาพและเคมี โดยสับปะรดที่นำมาใช้ในงานวิจัยเป็นสับปะรดปัตตาเวีย เนื้อ 2 หมายถึงสับปะรดที่มีผิวสีเขียว และเนื้อมีสีเหลืองอ่อน ไม่ฉ่ำ ไม่มีตำหนิ ผลการตรวจวัดสมบัติทางเคมีและกายภาพของสับปะรดที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้มีค่าสีเฉลี่ยของเปลือกดังนี้ ค่าความสว่าง (L*) 51.49 ± 5.9 ค่าสีแดง (a*) 4.64 ± 1.26 ค่าสีเหลือง (b*) 15.96 ± 2.02 และสีของเนื้อสับปะรดหลังปอก มีค่าความสว่าง(L*) 76.16 ± 2.60 ค่าสีแดง (a*) 2.60 ± 0.23 ค่าสีเหลือง (b*) 25.79 ± 2.11 โดยระดับความหวานของสับปะรดที่นำมาใช้ในการแช่อิ่มอบแห้ง พิจารณาจากค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ในการศึกษาครั้งนี้มีค่าเฉลี่ย 14.33 ± 1.52 องศาบริกซ์ และค่าความเป็นกรด 3.7 ± 0.2 Chottanom และคณะ, 2007 กล่าวว่าผลไม้ที่สุกเกินไปจะมีผลทำให้เนื้อสัมผัสนิ่มและหลังการลวก และหากดิบจนเกินไปจะมีผลความแน่นเนื้อแข็งเกินไป การซึมผ่านของน้ำตาลจะเกิดไม่ดี เกิดผลึกน้ำตาลที่ผิวเนื่องจากน้ำตาลไม่สามารถซึมผ่านเข้าสู่เนื้อเยื่อภายในได้ คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีอื่นๆของสับปะรดที่ใช้ ในการทดลองครั้งนี้แสดงในตารางที่ 4.1 และลักษณะสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียก่อนปอกและหลังปอกเปลือกดังรูปที่ 4.2

สับปะรดก่อนปอกเปลือก สับปะรดหลังปอกเปลือก

รูปที่ 4.2 ลักษณะสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียก่อนปอกและหลังปอกเปลือก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 สมบัติทางเคมีกายภาพของสับปะรดที่ใช้ในการทดลอง

ปัจจัยคุณภาพ	สมบัติทางเคมีกายภาพของสับปะรด
ปริมาณความชื้น (%)	73.45 ± 4.62
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°บริกซ์)	14.33 ± 1.52
ค่าความเป็นกรด	3.7 ± 0.2
ค่าสีของเปลือกสับปะรด	
L*	51.49 ± 5.9
a*	4.64 ± 1.26
b*	15.96 ± 2.02
ค่าสีของเนื้อสับปะรด	
L*	76.16 ± 2.60
a*	2.60 ± 0.23
b*	25.79 ± 2.11

*ค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

สับปะรดที่ใช้ในการแช่อิ่มและอบแห้งในการทดลองนี้ กำหนดระดับคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของสับปะรดตารางที่ 4.1

4.3 คุณภาพทางเคมีกายภาพและจุลินทรีย์ของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งก่อนการเก็บรักษา

จากการทดลองเตรียมสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งตามวิธีการในรูปที่ 4.1 จากนั้นนำผลิตภัณฑ์สับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่ได้ มาวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีกายภาพและจุลินทรีย์ ผลการทดลองเปรียบเทียบกับมาตรฐานของผลไม้อบแห้ง (มผช.136/2550) แสดงดังตารางที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 คุณภาพทางเคมีกายภาพและจุลินทรีย์ของสับปะรดหลังการอบแห้งก่อนการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์

ปัจจัยคุณภาพ	คุณภาพเคมีกายภาพของสับปะรด	มาตรฐานผลไม้อบแห้ง (มผช.136/2550)
<u>ด้านกายภาพและเคมี</u>		
ปริมาณความชื้น (%)	13.5 ± 0.92	ไม่เกิน 18
ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w)	0.457 ± 0.06	ไม่เกิน 0.75
ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในผลิตภัณฑ์ (SO_2) (ppm.)	120 ± 3.0	ไม่เกิน 1,500 ppm.
ดัชนีการเกิดสีน้ำตาล (browning index)	0.035 ± 0.007	-
ค่าสีของเนื้อสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง		
L*	74.25 ± 2.07	-
a*	3.49 ± 0.19	-
b*	23.39 ± 1.09	-
<u>ด้านจุลินทรีย์</u>		
จุลินทรีย์ทั้งหมด Total plate count (CFU/g)	90	100,000
Coliform (MPN)	น้อยกว่า 3	น้อยกว่า 3
E. coli (MPN)	น้อยกว่า 3	น้อยกว่า 3
ยีสต์ (CFU/g)	N.D.	10,000
เชื้อรา (CFU/g)	N.D.	500

ที่มา : สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ (พ.ศ. 2550)

*ค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

จากตารางที่ 4.2 แสดงผลการวิเคราะห์ทางด้านเคมีกายภาพ ได้แก่ ปริมาณความชื้น (%) เท่ากับ 13.5 ± 0.92 ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในผลิตภัณฑ์ (SO_2) สับปะรดแช่อิ่มอบแห้งมีค่า 120 ± 3.0 ppm. ปริมาณการเกิดสีน้ำตาล (browning index) เท่ากับ 0.035 ± 0.007 และมีค่าสีของเนื้อสับปะรดอบแห้งวัดโดยระบบ CIELAB มีค่าความสว่าง (L*) 74.25 ± 2.07 ค่าความเป็นสีแดง (a*) 3.49 ± 0.19 และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) 23.39 ± 1.09 และผลทางด้านจุลินทรีย์มีปริมาณจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด Total plate count 90 (CFU/g) , Coliform /*E. Coli* น้อยกว่า 3 และตรวจไม่พบปริมาณยีสต์รา เมื่อเปรียบ เทียบกับข้อกำหนดตามมาตรฐานของผลไม้แห้ง (มผช.136/2550)ปริมาณแบคทีเรียที่ตรวจพบไม่เกินค่าที่มาตรฐานกำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การเปลี่ยนแปลงทางเคมีกายภาพ และจุลินทรีย์ของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งระหว่างการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางเคมีกายภาพของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งในบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด ได้แก่ กล่องพลาสติกชนิดโพลีโพรพิลีน (polypropylene หรือ PP) กระปุกพลาสติกชนิดโพลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (polyethylene terepathalate หรือ PET) ,ถุงลามิเนตอลูมิเนียมฟอยด์ (laminate aluminum foil) และ ที่อุณหภูมิห้อง (ambient temperature) อุณหภูมิประมาณ 35 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 120 วัน โดยสุ่มตัวอย่างมาตรวจสอบคุณภาพทุก 15 วัน ศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าความชื้น ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w) ปริมาณการเกิดสีน้ำตาล (browning index) และค่าสีในระบบ CIE LAB และสุ่มตัวอย่างมาตรวจสอบคุณภาพทุก 30 วันสำหรับปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในผลิตภัณฑ์ (SO_2)

4.4.1 การเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษา

การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของตัวอย่างสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด แสดงดังตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์แตกต่างกันที่อุณหภูมิห้อง

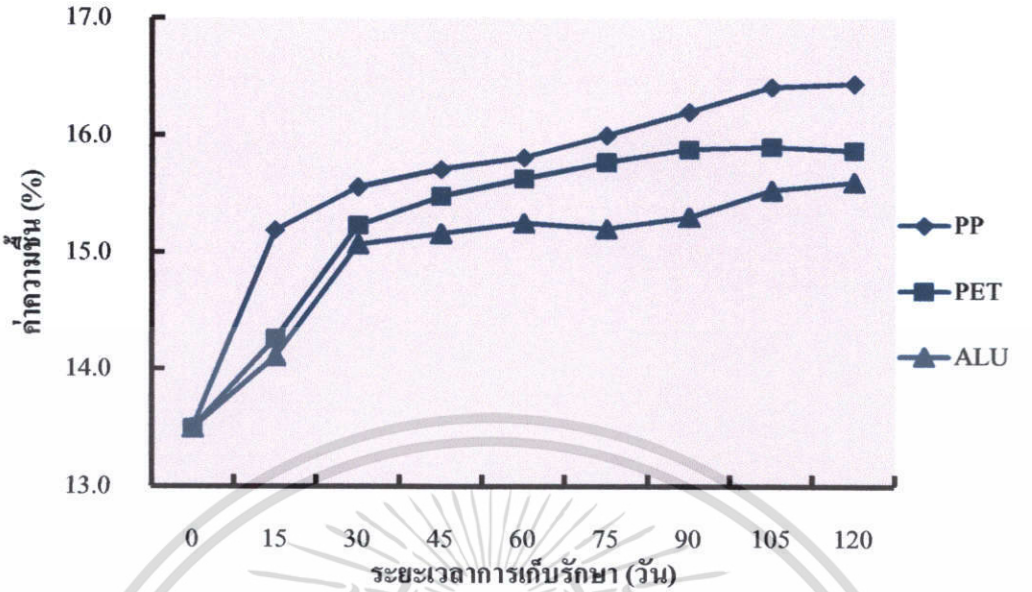
ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ปริมาณความชื้น (%)		
	PP	PET	ALU
0^{ns}	13.50 ±0.92	13.50 ±0.92	13.50 ±0.92
15	15.19^{b}±0.21	14.26^{a}±0.22	14.11^{a}±0.002
30	15.56^{b}±0.06	15.23^{a}±0.11	15.07^{a}±0.002
45	15.71^{c}±0.14	15.48^{b}±0.30	15.16^{a}±0.001
60	15.81^{c}±0.21	15.63^{b}±0.10	15.25^{a}±0.002
75	16.00^{c}±0.10	15.77^{b}±0.11	15.20^{a}±0.003
90	16.20^{c}±0.20	15.88^{b}±0.12	15.30^{a}±0.002
105	16.41^{c}±0.18	15.90^{b}±0.03	15.53^{a}±0.003
120	16.44^{c}±0.10	15.87^{b}±0.04	15.60^{a}±0.003

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนในแต่ละปัจจัย หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

PP หมายถึง กล่องพลาสติกชนิด polypropylene , PET หมายถึง กระปุกพลาสติกชนิด polyethylene terepathalate , ALU หมายถึง ถุง laminate aluminum foil

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์แตกต่างกันที่อุณหภูมิห้อง

PP หมายถึง กล่องพลาสติกชนิด polypropylene , PET หมายถึง กระปุกพลาสติกชนิด polyethylene terepathalate , ALU หมายถึง ถุง laminate aluminum foil

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.3 จะเห็นได้ว่าสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด มีปริมาณความชื้นเพิ่มสูงขึ้นเมื่อระยะการเก็บรักษานานขึ้น โดยในช่วง 30 วันแรกของการเก็บรักษา สับปะรดแช่อิ่มอบแห้งในบรรจุภัณฑ์กระปุกพลาสติก PET และถุงลามิเนต ALU มีปริมาณความชื้นใกล้เคียงกันและไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ในขณะที่ตัวอย่างที่บรรจุในกล่องพลาสติก PP มีปริมาณความชื้นสูงที่สุด ($P \leq 0.05$) นอกจากนี้ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาตั้งแต่ 45 วันขึ้นไป พบว่าตัวอย่างสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด มีปริมาณความชื้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยตัวอย่างที่บรรจุในกล่องพลาสติก PP มีปริมาณความชื้นสูงที่สุดรองลงมาคือ กระปุกพลาสติก PET และถุงลามิเนต ALU ตามลำดับ ซึ่งผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับสมบัติของวัสดุบรรจุภัณฑ์แต่ละชนิด กล่าวคือถุงลามิเนต ALU เป็นวัสดุที่ยอมให้ไอน้ำผ่าน <0.1 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน ในขณะที่กระปุกพลาสติก PET และกล่องพลาสติก PP มีค่าเท่ากับ 10-12 และ 20-30 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน ตามลำดับ (Blakistone, 1999) ซึ่งเกิดจากความชื้นจากบรรยากาศภายนอกเคลื่อนที่ผ่านบรรจุภัณฑ์เข้าไปในตัวอย่างได้ทำให้ตัวอย่างมีปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษาโดยชนิดของวัสดุที่ใช้เป็นภาชนะบรรจุและสภาวะในการบรรจุมีผลต่อความคงตัวของอาหารในการเก็บรักษา ซึ่งสอดคล้องกับ วรภัทร ยุกตานนท์ และคณะ (2550) ศึกษาอายุการเก็บ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รักษาลำไยอบแห้งในบรรจุภัณฑ์ชนิด oriented polypropyleme หรือ OPP และ ชนิด linear low-density polypropyleme หรือ LLDPE เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นปริมาณความชื้นของลำไยอบแห้งที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 2 ชนิดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตามปริมาณความชื้นของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด ภายหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 120 วันยังคงเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ผลไม้อบแห้ง (มผช.136/2550) ที่กำหนดให้มีปริมาณความชื้นไม่เกิน 18%

4.4.2 การเปลี่ยนแปลงค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w) ของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษา

จากการวิเคราะห์ค่า a_w ของตัวอย่างสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่เก็บรักษาในภาชนะบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 120 วัน โดยเก็บตัวอย่างมาวิเคราะห์ทุกๆ 15 วัน ผลการทดลองแสดงดัง ตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 การเปลี่ยนแปลงค่า a_w ของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกันที่อุณหภูมิห้อง

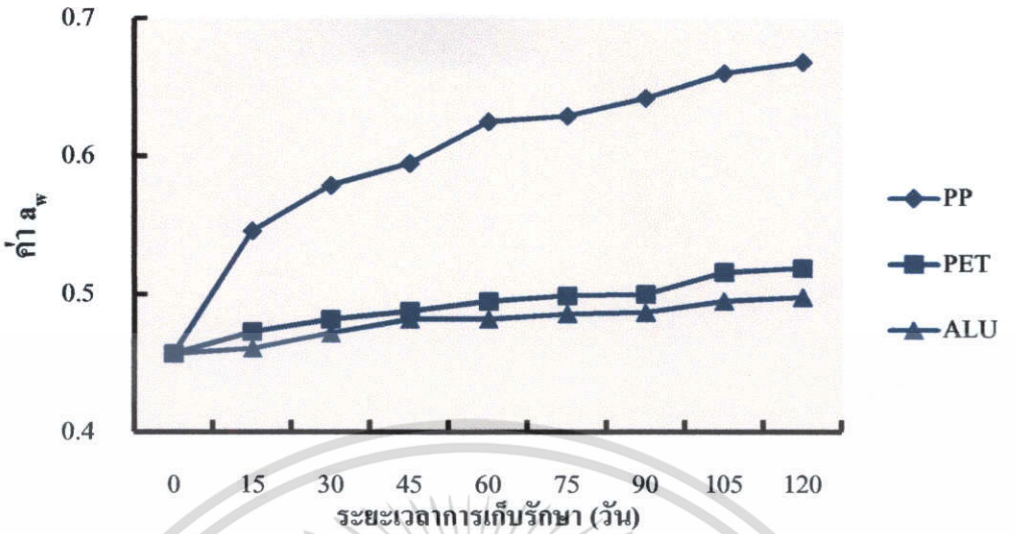
ระยะเวลาการเก็บรักษา	ค่า a_w		
(วัน)	PP	PET	ALU
0^{ns}	0.457±0.006	0.457±0.006	0.457±0.006
15	0.546^{c}±0.005	0.473^{b}±0.004	0.461^{a}±0.002
30	0.579^{c}±0.002	0.482^{b}±0.005	0.472^{a}±0.002
45	0.595^{c}±0.003	0.488^{b}±0.002	0.482^{a}±0.001
60	0.625^{c}±0.006	0.495^{b}±0.005	0.482^{a}±0.002
75	0.629^{c}±0.014	0.499^{b}±0.005	0.486^{a}±0.003
90	0.642^{c}±0.002	0.500^{b}±0.002	0.487^{a}±0.002
105	0.660^{c}±0.005	0.516^{b}±0.003	0.495^{a}±0.003
120	0.668^{c}±0.002	0.519^{b}±0.002	0.498^{a}±0.003

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนในแต่ละปัจจัย หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

PP หมายถึง กล่องพลาสติกชนิด polypropylene, PET หมายถึง กระปุกพลาสติกชนิด polyethylene terepathalate , ALU หมายถึง ถุง laminate aluminum foil

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 การเปลี่ยนแปลงค่า a_w ของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์แตกต่างที่อุณหภูมิห้อง

PP หมายถึง กล่องพลาสติกชนิด polypropylene , PET หมายถึง กระปุกพลาสติกชนิด polyethylene terepathalate , ALU หมายถึง ถุง laminate aluminum foil

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.4 จะเห็นได้ว่าตัวอย่างสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง ที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด มีค่า a_w เพิ่มสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาเก็บรักษานานขึ้น โดยตัวอย่างทั้ง 3 ชนิด มีค่า a_w แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ตลอดช่วงเวลาการเก็บรักษา 120 วัน ตัวอย่างสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่เก็บรักษาในกล่องพลาสติก PP มีอัตราเพิ่มขึ้นของค่า a_w ในระหว่างการเก็บรักษาสูงที่สุด รองลงมา คือ ตัวอย่างที่เก็บในกระปุกพลาสติก PET และถุงลามิเนต ALU ตามลำดับ

ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของตัวอย่างที่กล่าวมาแล้วข้างต้น นอกจากนี้ Aaron และ Kenneth, 1997 ศึกษาอัตราการซึมผ่านก๊าซของบรรจุภัณฑ์ พบว่าถุงลามิเนตอลูมิเนียมฟอยด์มีอัตราการซึมผ่านเข้า – ออกของไอน้ำที่ต่ำคือ 0.45-5 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน จึงทำให้สับปะรดแช่อิ่มอบแห้งมีการแลกเปลี่ยนความชื้นกับอากาศเล็กน้อย และทำให้สับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่บรรจุในซองลามิเนตอลูมิเนียมฟอยด์ มีค่า a_w น้อยที่สุด แต่อย่างไรก็ตามค่า a_w ของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด ภายหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 120 วันยังคงเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ผลไม้อบแห้ง(มผช.136/2550) ที่กำหนดให้มีปริมาณค่า a_w ไม่เกิน 0.75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.3 การเปลี่ยนแปลงปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษา

การวิเคราะห์ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในตัวอย่างสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 120 วัน โดยเก็บตัวอย่างทุกๆ 30 วัน ผลการทดลอง แสดงดังตารางที่ 4.5 และรูปที่ 4.5 จะเห็นได้ว่าตัวอย่างสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในทิศทางที่ลดลง โดยปริมาณคงเหลือของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในตัวอย่างสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ต่างชนิดกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กล่าวคือ ตัวอย่างที่เก็บรักษาในถุงลามิเนต ALU มีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์คงเหลือสูงที่สุดตลอดช่วงระยะเวลาการเก็บรักษา 120 วัน รองลงมาคือตัวอย่างที่เก็บรักษาในกระปุกพลาสติก PET และกล่องพลาสติก PP ตามลำดับ โดยปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ลดลงจากเริ่มต้นคิดเป็น 55.60 , 46.79 และ 38.75%ตามลำดับ ซึ่งผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับสมบัติของวัสดุที่ใช้ทำบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิดดังกล่าว โดยที่ถุงลามิเนต ALU อัตราการซึมผ่านของก๊าซต่ำที่สุดรองลงมาคือ กระปุกพลาสติก PET และกล่องพลาสติก PP ตามลำดับ (Blakistone, 1998)

ตารางที่ 4.5 การเปลี่ยนแปลงปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งระหว่างการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์แตกต่างกันที่อุณหภูมิห้อง

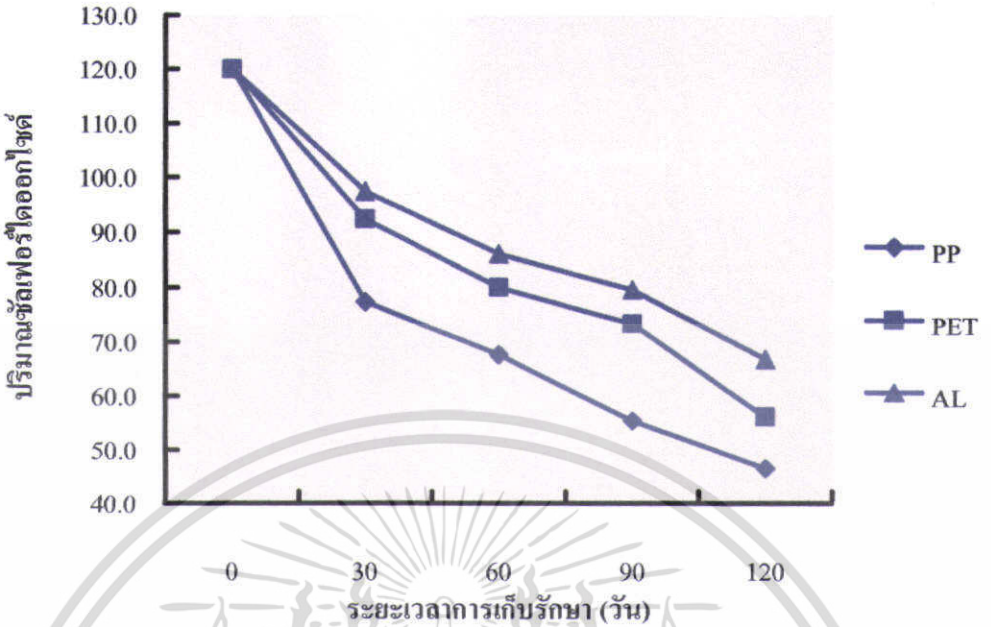
ระยะเวลาการเก็บรักษา	ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์		
(วัน)	PP	PET	ALU
0^{ns}	120.0±3.00	120.0±3.00	120.0±3.00
30	77.4^{b}±3.04	92.4^{a}±4.77	97.5^{a}±2.96
60	67.6^{c}±2.61	80.0^{b}±2.40	86.1^{a}±1.76
90	55.4^{c}±2.68	73.4^{b}±1.62	79.6^{a}±1.13
120	46.5^{c}±1.06	56.15^{b}±3.74	66.8^{a}±1.48

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนในแต่ละปัจจัย หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

PP หมายถึง กล่องพลาสติกชนิด polypropylene , PET หมายถึง กระปุกพลาสติกชนิด polyethylene terepathalate , ALU หมายถึง ถุง laminate aluminum foil

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 การเปลี่ยนแปลงปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกันที่อุณหภูมิห้อง

PP หมายถึง กล่องพลาสติกชนิด polypropylene , PET หมายถึง กระปุกพลาสติกชนิด polyethylene terepathalate , ALU หมายถึง ถุง laminate aluminum foil

ผลการทดลองที่ได้ยังสอดคล้องกับรายงานของ Silveira และคณะ (1996) ที่ศึกษาอายุการเก็บรักษาสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งโดยพบว่าอุณหภูมิที่สูงขึ้นและเวลาการเก็บนานขึ้นส่งผลให้ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ลดลง โดยการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 เดือน จะทำให้ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ลดลงประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ และพบว่าปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ลดลง ประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ หลังการเก็บที่ อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 4 เดือน เช่นเดียวกับ อาพร ละออกอ (2547) ศึกษาผลของอายุการเก็บรักษามะละกอแช่อิ่มอบแห้งที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ถุงพลาสติกชนิดโพลีโพรพิลีน (polypropylene หรือ PP) ที่อุณหภูมิห้องระยะการเก็บรักษา 21 สัปดาห์ พบว่าเมื่อเวลาในการเก็บรักษานานขึ้นส่งผลให้ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของผลิตภัณฑ์ลดลง

4.4.4 การเปลี่ยนแปลงการเกิดสีน้ำตาลของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษา

การเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ผลไม้แช่อิ่มอบแห้งในช่วงการเก็บรักษา คือ การเกิดสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาแบบไม่อาศัยเอนไซม์ โดยปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดแอสคอร์บิก และปฏิกิริยา Mailard เป็นปฏิกิริยาที่เกิดมากที่สุด เนื่องจากผลไม้แช่อิ่มอบแห้งส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใหญ่มีค่า a_w ประมาณ 0.6-0.7 ซึ่งเป็นภาวะที่เหมาะสมต่อการเกิดปฏิกิริยานี้ได้ดี ปฏิกิริยาสีน้ำตาลจัดเป็นปฏิกิริยาสำคัญที่ส่งผลต่ออายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ผลไม้อบแห้ง โดยส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาลคล้ำ ซึ่งไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ก่อให้เกิดการสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการ ซึ่งผลการวิเคราะห์ ค่าการเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์สับปะรดแช่อิ่มอบแห้งในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด ที่อุณหภูมิห้อง อายุการเก็บรักษา 120 วัน แสดงดังตารางที่ 4.6 และรูปที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 การเปลี่ยนแปลงการเกิดสีน้ำตาลของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกันที่อุณหภูมิห้อง

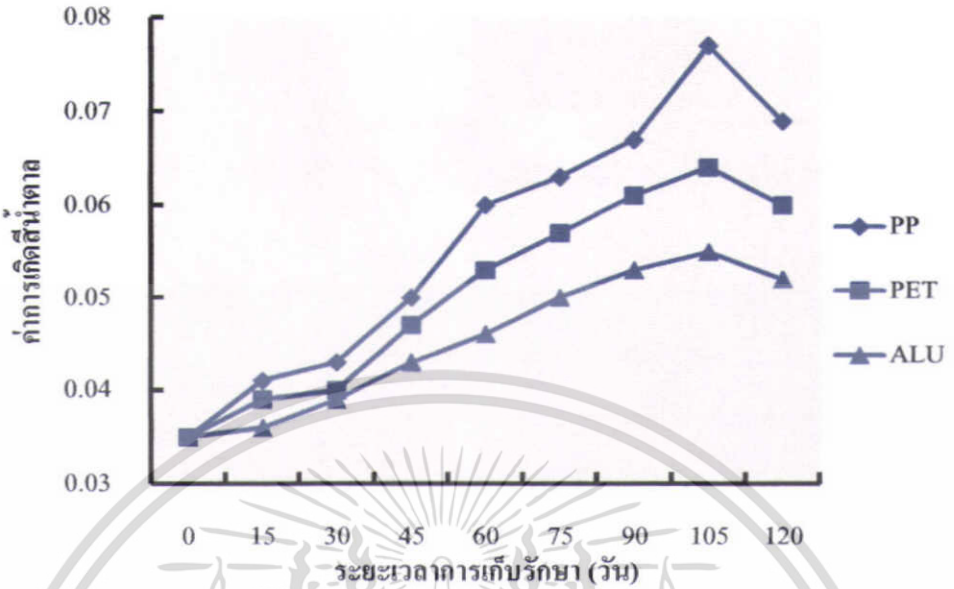
ระยะเวลาการเก็บรักษา	ค่าการเกิดสีน้ำตาล		
(วัน)	PP	PET	ALU
0^{ns}	0.035 ± 0.007	0.035 ± 0.007	0.035 ± 0.007
15	0.041^{b}±0.001	0.039^{a}±0.002	0.036^{a}±0.002
30	0.043^{b}±0.002	0.040^{a}±0.005	0.039^{a}±0.003
45	0.050^{c}±0.002	0.047^{b}±0.002	0.043^{a}±0.001
60	0.060^{c}±0.002	0.053^{b}±0.001	0.046^{a}±0.001
75	0.063^{c}±0.001	0.057^{b}±0.002	0.050^{a}±0.003
90	0.067^{c}±0.004	0.061^{b}±0.001	0.053^{a}±0.002
105	0.077^{c}±0.001	0.064^{b}±0.002	0.055^{a}±0.003
120	0.069^{c}±0.002	0.060^{b}±0.001	0.052^{a}±0.002

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนในแต่ละปัจจัย หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

PP หมายถึง กล่องพลาสติกชนิด polypropylene , PET หมายถึง กระปุกพลาสติกชนิด polyethylene terepathalate , ALU หมายถึง ถุง laminate aluminum foil

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 การเปลี่ยนแปลงการเกิดสีน้ำตาลของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกันที่อุณหภูมิห้อง

PP หมายถึง กล่องพลาสติกชนิด polypropylene , PET หมายถึง กระปุกพลาสติกชนิด polyethylene terepathalate , ALU หมายถึง ถุง laminate aluminum foil

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.6 และรูปที่ 4.6 จะเห็นได้ว่าการเกิดสีน้ำตาลของตัวอย่างสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดระยะการเก็บรักษา 120 วัน โดยในช่วง 30 วันแรกของการเก็บรักษาตัวอย่างที่บรรจุในกระปุกพลาสติก PET และ ถุงลามิเนต ALU มีค่าการเกิดสีน้ำตาล ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) และเมื่อระยะเวลาเก็บรักษาตั้งแต่ 45 วันขึ้นไปพบว่าค่าการเกิดสีน้ำตาลในตัวอย่างที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ทั้ง3 ชนิดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) โดยตัวอย่างที่เก็บรักษาในถุงลามิเนต ALU จะมีค่าการเกิดสีน้ำตาลต่ำที่สุดรองลงมาคือ กระปุกพลาสติก PET และกล่องพลาสติก PP ตามลำดับ ซึ่งผลการทดลองสอดคล้องกับปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์คงเหลือซึ่งมีค่าสูงที่สุดในตัวอย่างที่เก็บรักษาในถุงลามิเนต ALU จึงทำให้ตัวอย่างสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งดังกล่าวมีค่าการเกิดสีน้ำตาลระหว่างการเก็บรักษาต่ำที่สุด

นอกจากนี้ผลที่ได้สอดคล้องกับรายงานของ Wong และ Stanton (1989) ที่ศึกษาการเกิดสีน้ำตาลของน้ำกีวีเข้มข้นที่เก็บรักษาในขวดแก้วควบคุมอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ในช่วงระยะการเก็บรักษานาน 10 สัปดาห์ โดยการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 นาโนเมตร พบว่าค่าการดูดกลืนแสงในน้ำกีวีเพิ่มจาก 0.05 เป็น 0.14 ภายหลังการเก็บรักษานาน 10 สัปดาห์ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Koca และคณะ (2007) ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสีของแครอทอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซลเซียส เก็บรักษาในถุงชนิดโพลีโพรไพลีน (PP) ที่อุณหภูมิต่างๆ พบว่าแครอทอบแห้งที่เก็บรักษาทุกสภาวะมีการเกิดสีน้ำตาลเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา

4.4.5 การเปลี่ยนแปลงค่าสี ของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษา

4.4.5.1 ค่า L*

การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง L* ของตัวอย่างสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิดแสดงดังตารางที่ 4.7 จะเห็นได้ว่า 15 วันแรกของการเก็บรักษาทุกตัวอย่างมีค่า L* ไม่แตกต่างกัน (P>0.05) ในช่วงการเก็บรักษาหลัง 30 วัน พบว่าตัวอย่างสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่ เก็บในถุงลามิเนต ALU มีแนวโน้มของค่าความสว่างสูงที่สุด รองลงมาคือตัวอย่างที่เก็บรักษาในกระปุกพลาสติก PET และกล่องพลาสติก PP ตามลำดับ และทุกตัวอย่างมีค่า L* ลดลงอย่างต่อเนื่องตลอดช่วงระยะเวลาการเก็บรักษา โดยตัวอย่างที่เก็บรักษาในถุงลามิเนต ALU จะมีอัตราการลดลงของค่า L* ช้าที่สุด รองลงมาคือตัวอย่างในกระปุกพลาสติก PET และกล่องพลาสติก PP ตามลำดับ(รูปที่ 4.6) ซึ่งผลการทดลองดังกล่าวสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของค่าการเกิดสีน้ำตาลที่กล่าวมาแล้วในข้อ 4.4.4 ดังนั้นการลดลงค่า L* ของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งจึงสามารถใช้เป็นดัชนีในการบอกถึงการเกิดสีน้ำตาลในตัวอย่างได้ ซึ่งตรงกับคำกล่าวของ Ozkan และ คณะ (2002) ที่พบว่าค่า L* สามารถใช้เป็นดัชนีบ่งบอกถึงการเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ผลไม้อบแห้งได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

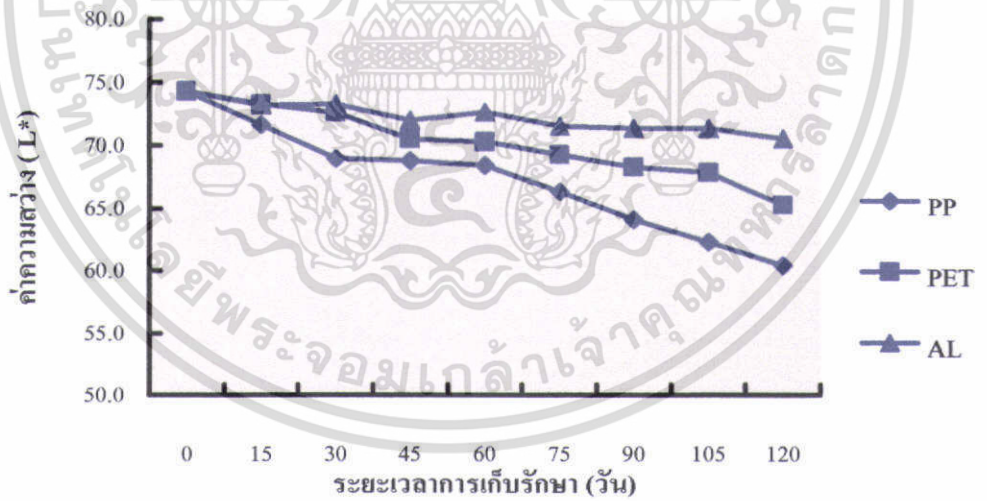
ตารางที่ 4.7 การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L*) ของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์แตกต่างกันที่อุณหภูมิห้อง

ระยะเวลาการเก็บรักษา	ค่า L*		
(วัน)	PP	PET	ALU
0^{ns}	51.49 ± 5.90	51.49 ± 5.90	51.49 ± 5.90
15^{ns}	71.63±2.24	73.26±0.79	73.18±0.92
30	68.94^{b}±1.45	72.57^{ab}±1.32	73.32^{a}±2.67
45	68.80^{b}±1.31	70.49^{ab}±1.31	72.02^{a}±0.57
60	68.44^{b}±1.07	70.27^{ab}±1.77	72.67^{a}±0.78
75	66.33^{c}±1.36	69.30^{b}±0.67	71.54^{a}±0.76
90	64.08^{c}±1.82	68.31^{b}±1.33	71.37^{a}±1.11
105	62.25^{c}±2.15	67.85^{b}±1.15	71.39^{a}±0.79
120	60.42^{c}±2.04	65.26^{b}±1.84	70.56^{a}±1.03

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนในแต่ละปัจจัย หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

PP หมายถึง กล่องพลาสติกชนิด polypropylene , PET หมายถึง กระปุกพลาสติกชนิด polyethylene terepathalate , ALU หมายถึง ถุง laminate aluminum foil



รูปที่ 4.7 การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L*) ของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์แตกต่างกันที่อุณหภูมิห้อง

PP หมายถึง กล่องพลาสติกชนิด polypropylene , PET หมายถึง กระปุกพลาสติกชนิด polyethylene terepathalate , ALU หมายถึง ถุง laminate aluminum foil

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.5.2 ค่า a*

เมื่อระยะการเก็บรักษานานขึ้นพบว่าสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งทุกชนิดบรรจุภัณฑ์มีค่าความเป็นสีแดงเพิ่มสูงขึ้นแสดงในตารางที่ 4.8 และรูปที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 การเปลี่ยนแปลงค่าสีแดง (a*) ของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์แตกต่างกันที่อุณหภูมิห้อง

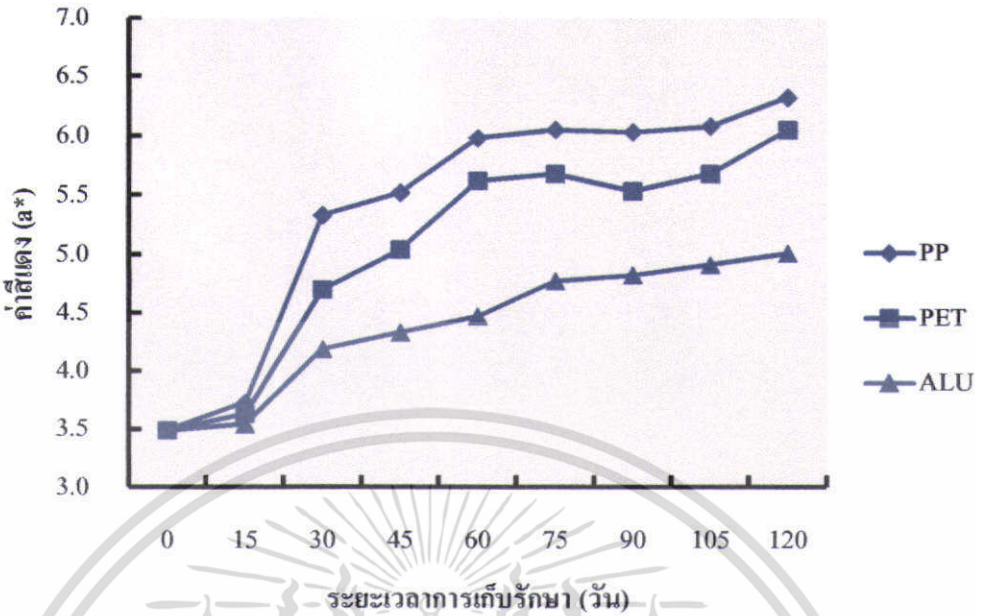
ระยะเวลาการเก็บรักษา	ค่า a*		
(วัน)	PP	PET	ALU
0^{ns}	3.49±0.19	3.49±0.19	3.49±0.19
15	3.73^{b}±0.14	3.63^{ab}±0.05	3.54^{a}±0.01
30	5.33^{c}±0.26	4.70^{b}±0.13	4.19^{a}±0.16
45	5.52^{c}±0.25	5.04^{b}±0.06	4.33^{a}±0.04
60	5.98^{c}±0.14	5.62^{b}±0.15	4.47^{a}±0.05
75	6.05^{c}±0.09	5.68^{b}±0.17	4.77^{a}±0.11
90	6.03^{c}±0.18	5.53^{b}±0.28	4.82^{a}±0.06
105	6.08^{c}±0.17	5.68^{b}±0.03	4.91^{a}±0.02
120	6.32^{c}±0.15	6.05^{b}±0.08	5.01^{a}±0.08

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนในแต่ละปัจจัย หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

PP หมายถึง กล่องพลาสติกชนิด polypropylene , PET หมายถึง กระปุกพลาสติกชนิด polyethylene terepathalate , ALU หมายถึง ถุง laminate aluminum foil

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 การเปลี่ยนแปลงค่าสีแดง (a*) ของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์แตกต่างกันที่อุณหภูมิห้อง

PP หมายถึง กล่องพลาสติกชนิด polypropylene , PET หมายถึง กระปุกพลาสติกชนิด polyethylene terepathalate , ALU หมายถึง ถุง laminate aluminum foil

จากข้อมูลการทดลองที่ได้จะเห็นได้ว่า ตัวอย่างสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่เก็บรักษาในถุงลามิเนต ALU จะมีค่า a* ต่ำสุดรองลงมาคือ ตัวอย่างที่เก็บในกระปุกพลาสติก PET และกล่องพลาสติก PP ตามลำดับ ตลอดช่วงระยะเวลาการเก็บรักษา 120 วัน แสดงให้เห็นว่าตัวอย่างที่เก็บในถุงลามิเนต ALU ซึ่งเกิดสีน้ำตาลน้อยที่สุดจึงทำให้มีค่าสีแดง (a*) ต่ำที่สุด การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวสอดคล้องกับการเกิดสีน้ำตาลและการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L*) ของตัวอย่างทั้ง 3 บรรจุภัณฑ์ ดังได้กล่าวมาแล้วข้างต้น การศึกษาของ ธีรวัลย์ ชาญฤทธิเสน และคณะ (2545) พบว่าการเกิดสีน้ำตาลของน้ำมะม่วงในระหว่างการเก็บรักษาก็มีผลทำให้ค่าสีแดง (a*) ที่วัดได้มีค่าสูงขึ้นเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.5.3 ค่า b*

การเปลี่ยนแปลงค่าสีเหลือง (b*) ของตัวอย่างสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด แสดงดังตารางที่ 4.9 และรูปที่ 4.8 จะเห็นได้ว่าสีเหลืองของตัวอย่างทั้ง 3 ชนิด มีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น โดยในช่วง 30-75 วันของการเก็บรักษา ค่าสีเหลืองในทุกตัวอย่างไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) อย่างไรก็ตามเมื่อระยะการเก็บรักษานานขึ้นคือมากกว่า 90 วัน ตัวอย่างที่เก็บรักษาในกล่องพลาสติก PP จะมีค่าสีเหลืองต่ำที่สุดโดยมีต่ำกว่าตัวอย่างที่เก็บรักษาในกระปุกพลาสติก PET และถุงลามิเนต ALU อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

ตารางที่ 4.9 การเปลี่ยนแปลงค่าสีเหลือง (b*) ของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์แตกต่างกันที่อุณหภูมิห้อง

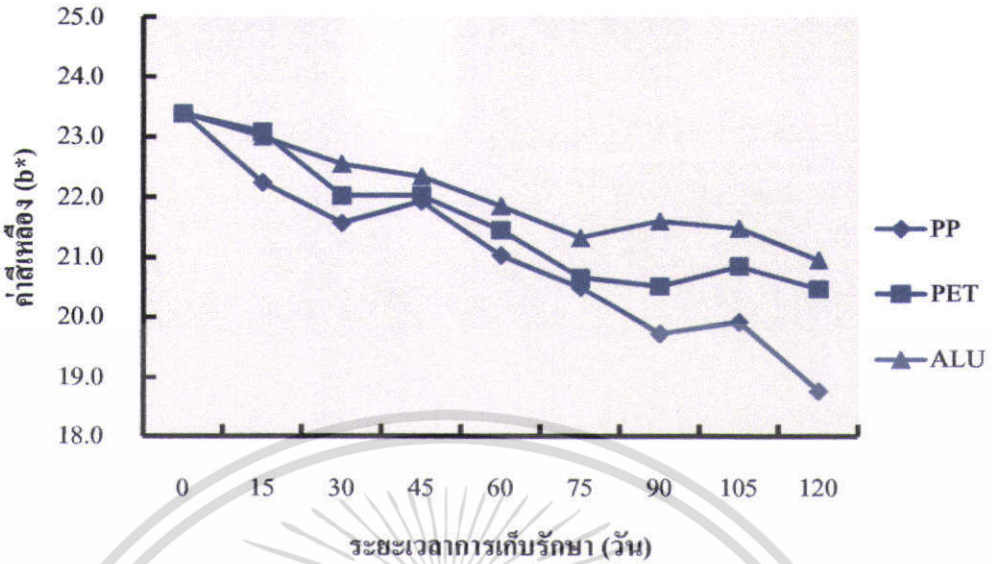
ระยะเวลาการเก็บรักษา	ชนิดบรรจุภัณฑ์		
(วัน)	PP	PET	ALU
0 ^{ns}	23.39±1.09	23.39±1.09	23.39±1.09
15	22.25^{b}±0.37	23.08^{a}±0.28	23.01^{a}±0.50
30^{ns}	21.58±1.12	22.03±0.57	22.56±0.46
45^{ns}	21.94±0.34	22.03±0.17	22.35±0.19
60^{ns}	21.04±0.48	21.46±0.48	21.86±0.25
75^{ns}	20.50±0.51	20.67±0.72	21.33±0.56
90	19.74^{b}±0.79	20.52^{ab}±0.45	21.61^{a}±0.15
105	19.93^{b}±0.59	20.86^{a}±0.24	21.49^{a}±0.08
120	18.78^{b}±0.59	20.48^{a}±0.56	20.97^{a}±0.75

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนในแต่ละปัจจัย หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

PP หมายถึง กล่องพลาสติกชนิด polypropylene , PET หมายถึง กระปุกพลาสติกชนิด polyethylene terepathalate , ALU หมายถึง ถุง laminate aluminum foil

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 การเปลี่ยนแปลงค่าสีเหลือง (b*) ของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษาบรรจุภัณฑ์แตกต่างกันที่อุณหภูมิห้อง

PP หมายถึง กล่องพลาสติกชนิด polypropylene , PET หมายถึง กระปุกพลาสติกชนิด polyethylene terepathalate , ALU หมายถึง ถุง laminate aluminum foil

จากผลการทดลองที่กล่าวมาแล้วข้างต้นแสดงให้เห็นว่าสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งทุกชนิดบรรจุภัณฑ์เกิดการเปลี่ยนแปลงสีเนื่องจากการเกิดสีน้ำตาล เนื่องจากค่า L* เป็นค่าที่ใช้สำหรับเป็นดัชนีบ่งบอกการเกิดสีดำคล้ำ (darkening) ระหว่างการเก็บรักษาที่เป็นผลมาจากทั้งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลและ/ หรือการเพิ่มขึ้นของรงควัตถุ (Lozano และคณะ, 1993) เช่นเดียวกับ Monsalve-Gonzalez และคณะ (1993) ซึ่งกล่าวว่าการลดลงของค่า L* และการเพิ่มขึ้นของค่า a* เป็นดัชนีที่ใช้บ่งบอกการเกิด สีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ได้ สอดคล้องกับการทดลองของ วนิษฐา ตรีหัตถ์ (2551) ซึ่งทำการศึกษาการเกิดสีน้ำตาลในระหว่างการเก็บรักษามะม่วงแช่อิ่มอบแห้งชนิดหวานน้อยที่ไม่มีการเติมสารกลุ่มเมตาไบซัลไฟต์ จากการทดลองทางด้านการเปลี่ยนแปลงสี พบว่าเมื่อระยะการเก็บรักษานานขึ้นค่า L* และ b* ของผลิตภัณฑ์มีค่าลดลง ในขณะที่ค่า a* มีค่าเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเกิดสีน้ำตาลแบบไม่อาศัยเอนไซม์ และการสูญเสียรงควัตถุเบต้าแคโรทีนระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เช่นเดียวกับ Pchayawararakorn และคณะ (2004) ได้ทำการศึกษาจลนพลศาสตร์ของการเปลี่ยนแปลงสีระหว่างการเก็บรักษากระเทียมสไลด์อบแห้งโดยติดตามการเปลี่ยนแปลงค่า L* a* และ b* พบว่าระหว่าง การเก็บรักษากระเทียมอบแห้งมีค่า L*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ b* ลดลง ในขณะที่ a* เพิ่มขึ้น เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลแบบไม่อาศัยเอนไซม์ระหว่างการเก็บรักษาและการสลายตัวของรงควัตถุ

4.4.6 การเปลี่ยนแปลงจุลชีววิทยาของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษา

การเสื่อมเสียของอาหารเนื่องจากจุลินทรีย์จะเกิดเร็วกว่าปฏิกิริยาจากแอนไซม์หรือปฏิกิริยาทางเคมี ซึ่งจะเกิดอย่างช้าๆในระหว่างการเก็บรักษา เพราะปริมาณน้ำในอาหารเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดในการควบคุมอัตราการเสื่อมจากจุลินทรีย์ ซึ่งในผลไม้แช่อิ่มอบแห้งจะมีปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์ที่น้อยกว่าอาหารสดทั่วไปคือมีความชื้นไม่เกิน 18% (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2550) ผลของปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด ยีสต์และรา พบว่าทั้ง 3 บรรจุภัณฑ์ จำนวนแบคทีเรียทั้งหมดมีค่าน้อยกว่า 300 CFU/ml และไม่พบปริมาณยีสต์และราทั้ง 3 บรรจุภัณฑ์เช่นกัน โดยตามข้อกำหนดตามมาตรฐานของผลไม้แห้งกำหนดให้มีปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดได้ไม่เกิน 100,000 CFU/กรัม ปริมาณยีสต์ไม่เกิน 10,000 CFU/กรัม และเชื้อราไม่เกิน 500 CFU/กรัม (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2550) และพบว่าระยะเวลาในการเก็บรักษาไม่มีผลต่อปริมาณจุลินทรีย์ โดยทั้งนี้เนื่องจากปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญเติบโตได้เพราะผลิตภัณฑ์มีค่า a_w ต่ำคืออยู่ในช่วง 0.457-0.668 และนอกจากนี้อาจเป็นเพราะผลิตภัณฑ์มีสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ซึ่งมีสมบัติในการยับยั้งจุลินทรีย์ได้เช่นกัน (Chambers และ Nelson, 1993)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

1. จากการศึกษาคุณภาพทางเคมีกายภาพและจุลินทรีย์ของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งก่อนการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ มีปริมาณความชื้น 13.00±0.92% ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w) 0.457±0.06 ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในผลิตภัณฑ์ (SO_2) 120±3.0 ppm. การเกิดสีน้ำตาล (browning index) 0.035±0.007 ค่าสี L* 74.25±2.07 , a* 3.49±0.19 , b* 23.39±1.09 จุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) 90 CFU/g และไม่พบ Coliform , *E.coli* , ยีสต์และรา

2. การเปลี่ยนแปลงเคมีกายภาพและจุลินทรีย์ของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งระหว่างการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน 3 ชนิด ได้แก่ กล่องพลาสติกชนิดโพลีโพรพิลีน (polypropylene หรือ PP) กระปุกพลาสติกชนิดโพลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (polyethylene terepathalate หรือ PET) และถุงลามิเนตอลูมิเนียมฟอยด์ (laminate aluminum foil) เป็นระยะเวลา 120 วัน

2.1 การเปลี่ยนแปลงความชื้นของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด มีปริมาณความชื้นเพิ่มสูงขึ้นเมื่อระยะการเก็บรักษานานขึ้น โดยตัวอย่างที่บรรจุในกล่องพลาสติก PP มีปริมาณความชื้นสูงที่สุด รองลงมาคือ กระปุกพลาสติก PET และถุงลามิเนต ALU ซึ่งถุงลามิเนต ALU มีความสามารถป้องกันความชื้นซึมผ่านเข้าสู่ผลิตภัณฑ์ได้ดีที่สุด

2.2 การเปลี่ยนแปลงค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w) ของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิดมีค่า a_w เพิ่มสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาเก็บรักษานานขึ้น โดยตัวอย่างสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่เก็บรักษาในกล่องพลาสติก PP มีอัตราการเพิ่มขึ้นของค่า a_w ในระหว่างการเก็บรักษาสูงที่สุด รองลงมาคือ กระปุกพลาสติก PET และถุงลามิเนต ALU

2.3 การเปลี่ยนแปลงปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิดมีทิศทางที่ลดลง โดยตัวอย่างที่เก็บรักษาในถุงลามิเนต ALU จะมีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์คงเหลือสูงที่สุด รองลงมาคือตัวอย่างที่เก็บในกระปุกพลาสติก PET และกล่องพลาสติก PP

2.4 การเปลี่ยนแปลงการเกิดสีน้ำตาลของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด มีค่าเพิ่มขึ้น โดยตัวอย่างที่เก็บรักษาในถุงลามิเนต ALU มีค่าการเกิดสีน้ำตาลต่ำที่สุดรองลงมาคือ กระปุกพลาสติก PET และ กล่องพลาสติก PP ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 การเปลี่ยนแปลงค่าสีของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษา

2.5.1 การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L*) พบว่าตัวอย่างสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่เก็บในถุงลามิเนต ALU มีค่าความสว่างสูงที่สุดรองลงคือตัวอย่างที่เก็บรักษาในกระปุกพลาสติก PET และกล่องพลาสติก PP

2.5.2 การเปลี่ยนแปลงค่าสีแดง (a*) ที่เก็บรักษาในถุงลามิเนต ALU จะมีค่า a* ต่ำที่สุด รองลงมา คือ กระปุกพลาสติก PET และกล่องพลาสติก PP แสดงให้เห็นว่า ตัวอย่างที่เก็บในถุงลามิเนต ALU มีการเกิดสีน้ำตาลน้อยที่สุด จึงทำให้มีค่าสีแดง (a*) ต่ำที่สุด

2.5.3 การเปลี่ยนแปลงค่าสีเหลือง (b*) สีเหลืองของตัวอย่างทั้ง 3 ชนิดบรรจุภัณฑ์มีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะการเก็บรักษานานขึ้น ตัวอย่างที่เก็บรักษาในกล่องพลาสติก PP จะมีค่าสีเหลืองต่ำที่สุด นั่นคือตัวอย่างมีสีคล้ำที่สุด

2.6 การเปลี่ยนแปลงจุลชีววิทยาของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษา พบว่าทั้ง 3 บรรจุภัณฑ์มีจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดน้อยกว่า 300 CFU/g และไม่พบปริมาณยีสต์และราทั้ง 3 บรรจุภัณฑ์

3. จากข้อมูลผลการทดลองทั้งหมดสรุปได้ว่าถุง ALU เป็นบรรจุภัณฑ์ที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดในการคงคุณภาพของผลิตภัณฑ์สับปะรดแช่อิ่มอบแห้งได้ดีในระหว่างการเก็บรักษาระยะเวลา 120 วัน

5.2 ข้อเสนอแนะ

- ควรมีศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์สับปะรดแช่อิ่มอบแห้งด้วย
- มาตรฐานการตรวจวัดฤดิบ การตรวจวัดค่า (°Brix) ของสับปะรดอาจไม่ส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากค่า (°Brix) ของผลิตภัณฑ์จะขึ้นอยู่กับค่า (°Brix) ของน้ำเชื่อม
- สำหรับผู้บริโภคการเลือกซื้อผลไม้อบแห้งลักษณะสีที่ปรากฏอาจไม่ใช่ส่วนที่สำคัญที่สุดในการตัดสินใจ เพราะสีนั้นอาจเกิดจากการเติมสารที่ช่วยรักษาสีแต่อาจมีอันตรายต่อร่างกาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. 2530. **ตารางแสดงคุณค่าอาหารไทยในส่วนที่กินได้ 100 กรัม.** 48 หน้า

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข. 2547. **ซัลเฟอร์ไดออกไซด์.** [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา http://www.webdb.dmsc.moph.go.th [22 มีนาคม 2547].

กรมศุลกากร. 2554.**ข้อมูลการส่งออกผลไม้อบแห้งและแช่อิ่ม**. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http:/www.nfi.or.th/export.htm [15 ธันวาคม 2554]

กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. 2543. **การเลือกใช้บรรจุภัณฑ์สำหรับอุตสาหกรรมอาหารระดับครัวเรือน.** รายงานสภาวะบรรจุภัณฑ์, กรุงเทพฯ.

กุลยา จันทร์อรุณ. 2540. **กรรมวิธีการผลิตผักและผลไม้อบแห้ง.** พิษณุโลก : คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม.

เกตุอร ทองเครือ. 2536. **การปลูกสับปะรด.** พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ : ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

งามทิพย์ ภู่วโรดม. 2550. **การบรรจุอาหาร.** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : เอสพีเอ็มการพิมพ์

จริงแท้ ศิริพานิช. 2538. **วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้.** นครปฐม : คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2549. **สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้.** พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จารุพันธุ์ ทองแถม, หม่อมหลวง. 2536. **การปลูกสับปะรด.** กรุงเทพฯ : สมาคมการค้าปุ๋ยและธุรกิจการเกษตรไทย.

จิตธนา แจ่มเมฆ และคณะ. 2539. **วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร.** กรุงเทพฯ : คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธีรวัลย์ ชาญฤทธิเสน, ภัทราภรณ์ ศรีสมรรถการ, ณัฐทัย เที่ยงบูรณธรรม และวิมลศรี สิริพัฒนากุล. 2545. **ผลกระทบของสายต้น ความสุกแก่และกระบวนการแปรรูปที่มีต่อคุณภาพของน้ำมะม่วงและไวน์มะม่วงจากมะม่วงสามปี (*Mangifera Indica* L.).** ลำปาง : สถาบันวิจัยและฝึกอบรมการเกษตรลำปาง สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2549. **เคมีอาหาร.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นิษณา ลุงรุ่ง และบุศราการณ์ มหาโยธี. 2548. **การพัฒนาบรรจุภัณฑ์สำหรับผลไม้อิ่มอบแห้งชนิดที่มีปริมาณน้ำตาลต่ำปราศจากสารกลุ่มเมตาไบซัลไฟต์และไม่มีการเติมวัตถุกันเสียและศึกษาอายุการเก็บ**. กรุงเทพฯ : โครงการวิจัยสำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัยฝ่ายอุตสาหกรรม.

เบญจมาศ พวงสมบัติ. 2544. **การพัฒนากระบวนการผลิตลิ้นจี่อบแห้งทั้งเปลือกและอายุการเก็บรักษา**.วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ปุ่น คงเจริญเกียรติ และสมพร คงเจริญเกียรติ. 2541. **บรรจุภัณฑ์อาหาร**. กรุงเทพฯ : แพคเมทส์.

พรรณทิพา บุญอินทร์, กานดา หวังชัย, กอบเกียรติ แสงนิล และ จำนงค์ อุทัยบุตร.2549. **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร**. ปีที่ 37 ฉบับที่ 5 (พิเศษ).

ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาสิก. 2532. **กรรมวิธีการแปรรูปอาหาร**. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

ไพศาล วุฒิจำนงค์. 2540. **เอกสารประกอบการอบรมเรื่องอุตสาหกรรมผักและผลไม้อบแห้ง**. กรุงเทพฯ : สำนักพัฒนาอุตสาหกรรมรายสาขา กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.

มนตรี ค้าขาย และสมบัติ บุญรอด. 2535. **สับปะรด**. ระยอง : สำนักงานส่งเสริมการเกษตรภาคตะวันออก.

มยุรี ภาคลำเจียก, อมรรัตน์ สวัสดิทัต, วัลย์ลดา หงษ์ทอง และ นฤมล รื่นไวย์. 2533. **คู่มือการใช้พลาสติกเพื่อการหีบห่อ**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน กระทรวงอุตสาหกรรม. 2550. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผลไม้อบแห้ง มผช. 36/2546**. กรุงเทพฯ

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. 2527. **ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 84 พ.ศ. 2527 เรื่องวัตถุเจือปนอาหาร**. กรุงเทพฯ. กระทรวงสาธารณสุข

รัตนา อัตตปัญโญ และอัจฉรา เทียมภักดี. 2542. **วิธีการยืดอายุการเก็บรักษาลำไยสดเพื่อการแปรรูปเป็นเนื้อลำไยอบแห้งเชิงพาณิชย์**. กรุงเทพฯ : สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. 2538. **คาร์โบไฮเดรตในเคมีและจุลชีววิทยาของอาหาร**. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

วนิษฐา ตรีหัตถ์. 2551. **การชะลอการเกิดสีน้ำตาลในระหว่างการเก็บรักษามะม่วงแช่อิ่มอบแห้งชนิดหวานน้อยที่ไม่มีการเติมสารกลุ่มเมตาไบซัลไฟต์**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

วิไล รังสาดทอง. 2546. **เอกสารการสอนชุดวิชาเทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร**. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2554. **ปริมาณการผลิตพืชเศรษฐกิจ**. กรุงเทพฯ : กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สุคนธ์ชื่น ศรีงาม. 2539. **เอกสารการสอนชุดวิชากระบวนการทำแห้งอาหาร**. กรุงเทพฯ : วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วรภัทร ยุกตานนท์, พลอยไพลิน สมริทร์, กัญญรัตน์ สุทธภักดิ. การออกแบบบรรจุภัณฑ์เพื่อเพิ่มมูลค่าและอายุการเก็บรักษาลำไยอบแห้งของกลุ่มแปรรูปลำไยสันป่าเหียง. ปัญหาพิเศษวิทยศาสตรบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์, มหาวิทยลัยเชียงใหม่

อาพร ละออกอ. 2547.**ผลของแคลเซียมคลอไรด์และน้ำตาลอินเวิร์ตต่อคุณภาพของมะละกอ *carica papaya* L. ที่ทำแห้งโดยการออสโมซิล**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Aaron, L.B. and Kenneth, S.M. 1997. **The Wiley Encyclopedia of packaging Technogy.** Edition[2nd]. New York: John Wiley & Sons

Association of Official Analytical Chemist (AOAC). 2000. **Official Methods of Analysis.** 17[th] **Edition.United States of America : Association of Analytical Communities.**

Blakistone, B.A. 1998. **Principles and Applications of Modified Atmosphere Packaging of Foods**. London: Chapman & Hall.

Braverman, J.B.S. 1963. **Introduction to the Biochemistry of Food.** New York: Elsevier Publishing Company.

Chambers, J.V. and Netson, P.E. 1993. Principles of Aseptic Processing and Packaging. Washington. **The Food Processors Institute.** 115-131.

Chen, J.P., Tai, C.Y. and Chen, B.H. 2007. Effects of different drying treatments on the stability of carotenoids in Taiwanese mango (*Mangifera in dica* L.). **Journal of Food Chemistry.** 100(3): 1005-1010.

Chichester, D.F. and Tanner, F.W. 1972. **Food additives.** 2[nd] Edition. United States of America : CRC Press.

Chottanom, P., Phoungchandang, S., Bohuon, P. and Dumas, J.C. 2007. Mass Transter during Osmotic Dehydration and Its Effect on Air Drying Behavior of Mango Slices. **The 9[th]AgroIndustrial Conference**. 59: 344-350.

DiPersio, P.A., Kenndall,P.A. and Sofos,J.N. 2004. Inactivation of *Listeria monocytogenes* during drying and storage of peach slices treated with acidic or sodium metabisulfite solution. **Food Microbiology** (in press).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

El-Gazzar, F.E. and Marth, E.H. 1987. Sodium benzoate in the control of growth and aflatoxin production by *Hspergillus perasiticus*. **Journal of Food Protection.** 50: 305-308.

Eskin,N.A. 1990. **Biochemistry of Foods.** 2nd Edition. New York : Academic Press.

Fellows, P. 2000. **Food processing technology.** 2nd Edition. New York : Ellis Hornood Publishing.

Fennema, O.R. 1996. **Food Chemistry**. New York : Marcel Dekker.

Gogus, F. and Eren, S. 1998. Effect of Temperature and pH on Nonenzymic Browning in Minced Dried Pepper During Storage. **Journal of Engineering and Environmental Science.** 22: 33-38.

Gordon, L.R. 1993. **Food Packaging Principles and Practice**. New York : Marcel Dekker.

Jermini, M.F.G. and Schmidt–Lorenz, W. 1987. Activity of Na-benzoate against osmotolerant yeast at different water activity value. **Journal of Food Protection.** 50: 920-925.

Kaymak-Ertekin, F., Sultanoglu, M. 2000. Modelling of mass transfer during osmotic dehydration of apples. **Journal of Food Engineering.** 40: 243-250.

Koca, N., Burdurlu, H.S. and Karadeniz, F. 2007. Kinetics of colors changes in dehydrated carrots. **Journal of Food Engineering.** 78: 449-455.

Lozano, P.G., Barret, D.M., Wrolstad, R.E. and Durst, R.W. 1993. Enzymatic browning inhibited in fresh dried apple ring by pineapple juice. **Journal of Food Science.** 58(2): 399-404.

Marwan, A.G. and Nagel, C.W. 1986. Quantitative determination of infinite inhibition concentration of antimicrobial agents. **Applied and Environmental Microbiology.** 51: 559- 564.

Miao, S. and Ross, Y.H. 2005. Comparison of nonenzymicried browning kineics in spray-dried and Freeze-dried carbohydrate-based food model system. **Journal of Food Science.** 69(7): E322-E331.

Monsalve-Gonzalez, A., Barbosa-Conovas, G.V., Cavalieri, R.P., Mcevily, A.J. and Iyenger, R. 2006. Control of browing during storage of apple sice preserved by combined methods. 4-hyxylresorcinaol as anti-browning agent. **Journal of Food science.** 54(4): 797-800.

Ough, C.S. 1987. Use of sulfur dioxide in winemaking. **Journal of Food Science.** 52: 386-388

Ozkan, M., Kirca, A. and Cemeroglu, B. 2002. Effect of moisture content on CIE color values in died apritcots. **European Food Research and Technology.** 216: 217-219.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Petrotos, K.B. and Lazarides, H.N. 2001. Osmotic concentration of liquid foods. **Journal of food Engineering.** 49: 201-206.

Pongsakul, N., Rakariyatham, N. and Leelasart, B. 2004. **Inhibition of enzymatic browning in dried longan fruit.** Department of Chemistry Faculty of Science, Chiang Mai University.

Pott, I., Marx, M., Neidhart, S., Muhlbaure, W. and Carle, R. 2003. Quantitative determination of carotene stereo isomers in fresh dried and solar-dried mangoes (*Magnifier indica* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry.** 51(16): 4527-4531.

Pott, I., Neidhart, S., Muhbauer, W. and Carle, R. 2005. Quality improvement of non sulphited mango slices by drying at high temperature. **Innovation Food Science and Emerging.** 6(4): 412-419

Prachayawarakorn, S., Sawangduanpen, S., Saynamphueng, S.,Poolpatarachewin, T., Soponronn arit,S. and Nathakarakule, A. 2004. Kinetics of colors change during storage of dried garlic slices as affected by relative humidity and temperature. **Journal of Food Engineering**. 62: 1-7.

Roland, J.O., Beuchat, L.R., Worthingyon, R.E. and Hitchcock, H.L. 1984. Effects of sorbate, benzoate, sulfur dioxide and temperature on growth and payulin production. **Journal of Food Protection.** 47: 237-241.

Saengnil, K., Lueangprasert, K. and Uthaibutra, J. 2006. Control of Enzymatic Browning of Harvested 'Hong Huay' Litchi Fruit with Hot Water and Oxalic Acid Dips. **Science Asia.** 32: 345-350.

Saper, G.M. and Hicks, K.B. 1989. Inhibition of Enzymatic Browning in Fruits and Vegetables. In Quality Factors of Fruits and Vegetables. **Chemistry and Technology.** 405: 29-43

Silveira, E.T, Rahman,A.F., Buckle,K.A. 1996. Osmotic dehydration of pineapple: Kinetics and product quality. **Food Research International.** 29: 227-233

Shy, C.M. 1980. **Effect of sulfur dioxides on human exposure.** New York : Marcel Dekker.

Taoukis, P. and Labuza, T.P. 1996. **Food Chemistry.** 3nd Edition. New York : Marcel Dekker.

Topoz, A. 2008. A novel approach for color degradation kinetics of paprika as a function of water activity. **Lebensmitted-Wissenschaft and Technology.** 41: 1672-1677.

Torreggiani, D. and Bertolo, G. 2001. Osmotic pre-treatmennts in fruit processing: chemical, physical and structural effects. **Journal of Food Engineering.** 49: 247-253

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Tosun, I. 2004. Color Changes and 5-hydroxymethyl furfural formation in zile pekmezi during storage. **First American Scientific Corporation.** 3: 259 – 263.

Warczok, J. 2005. **Concentration of osmotic dehydration solution using membrane separation Processes.** Ph.D. Thesis. Rovirai Virgili University.

Wong, M. and Stanton, D.W. 1992. Effect of removal of amino acids and phenolic compounds on non-enzymatic browning in stored kiwi fruit juice concentrates. **Lebensmitted-Wissenschaft and Technology.** 26:138-143.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

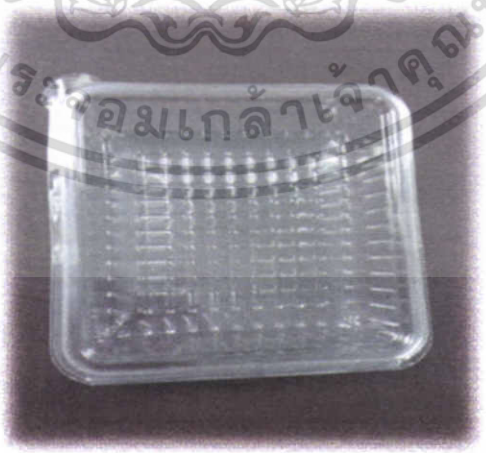
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ข้อมูลพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิต

ก1 เครื่องอบแห้งแบบถาด (tray dryer) แบบใช้ไฟฟ้า

ก2 กล่องพลาสติกชนิดโพลีโพรพิลีน (polypropylene หรือ PP) ขนาด 18 เซนติเมตร x 26.5 เซนติเมตร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก3 กระปุกพลาสติกชนิดโพลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (polyethylene terepathalate หรือ PET) ขนาด 400 ลูกบาศก์เซนติเมตร

ก4 ถุงลามิเนตอลูมิเนียมฟอยด์ (laminate aluminum foil) ขนาด 16 เซนติเมตร x 23 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

วิธีการวิเคราะห์ทางเคมีและกายภาพ

ข1 การหาค่าความชื้น

เครื่องวัดค่าความชื้น Mettler (HR83 moisture analyzers)

วิธีวัดค่าความชื้น

ปรับลูกน้ำให้อยู่ตรงกลาง โดยหมุนที่แท่นหมุนตรงฐานเครื่อง

กดปุ่ม ON/OFF รอจนหน้าจอเครื่องขึ้นเลข 0.000

นำถาดสแตนเลสสำหรับชั่งสารมาวางและกดปุ่ม เพื่อให้ถาดเลื่อนเข้าไป

กดปุ่ม →O/T← เพื่อเซ็ตค่าให้เป็น 0.000

กดปุ่ม เพื่อให้ถาดเลื่อนออกมาเพื่อเตรียมใส่ตัวอย่าง

ชั่งตัวอย่างลงในถาดสแตนเลส เกลี่ยให้กระจายและให้มีความสูงสม่ำเสมอทั่วถาดกดปุ่ม เพื่อให้ถาดเลื่อนเข้าไป

กดปุ่ม START หน้าจอจะขึ้นสัญลักษณ์ % รอจนเครื่องทำงานเสร็จ หน้าจอจะปรากฏคำว่า END

ข2 การวัดค่า Water Activity (a_w)

เครื่องวิเคราะห์ปริมาณ a_w (Water Activity Meter ; AQUA LAB Series 3 USA)

วิธีวัดค่า a_w

1. เปิดเครื่อง a_w meter (AQUA LAB Series 3) โดยวอร์มเครื่องทิ้งไว้ 30 นาที

2. เติมตัวอย่างบดละเอียดไม่เกินครึ่งหนึ่งของภาชนะบรรจุและต้องครอบคลุมพื้นที่ของก้นภาชนะบรรจุ

3. ทำความสะอาดขอบริมและด้านนอกของภาชนะให้สะอาด

4. ตัวอย่างที่เตรียมต้องมีอุณหภูมิไม่สูงเกิน 4 องศาเซลเซียส เมื่อเทียบกับอุณหภูมิของ chamber

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ใส่ภาชนะลงในลิ้นชักใส่ตัวอย่าง ปิดลิ้นชัก หมุนปุ่มของลิ้นชักจากตำแหน่งOPEN ไปยังตำแหน่ง READ

6. เมื่อเครื่องเริ่มทำงานการวัดค่า a_w จะมีสัญญาณเตือนหนึ่งครั้ง

7. เครื่องจะแสดงผลของค่า a_w ที่อ่านได้ครั้งแรก เมื่อเวลาผ่านไป 40 วินาที

8. เมื่อเครื่องทำการวัดค่า a_w เสร็จเรียบร้อยจะมีสัญญาณเตือน

9. หน้าจอ LCD ของเครื่องจะแสดงค่า a_w ที่อ่านได้ค่าสุดท้าย พร้อมอุณหภูมิของตัวอย่าง

ข3 การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง (มอก.257-2521, 2521)

นำตัวอย่างสับปะรดสดจำนวน 2 ผล มาหั่นให้มีขนาดเล็กลง จากนั้นน้ำมาคั้นแยกกาก และนำไปวัดค่า pH โดยใช้เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง pH รุ่น HM-20P จากบริษัท Hanna Instrument, U.S.A.

การสอบเทียบเครื่องมือก่อนใช้งาน (Calibration)

1. เปิดเครื่องโดยกดปุ่ม POWER

2. ล้าง probe ด้วยน้ำกลั่นให้สะอาด ซับให้แห้งด้วยกระดาษทิชชู

3. จุ่ม probe ใน Standard Buffer pH 4.0 กดปุ่ม CAL

4. หน้าจอจะแสดงสัญลักษณ์ CAL กระพริบ รอจนสัญลักษณ์ CALหยุดนิ่ง

5. ล้าง probe ด้วยน้ำกลั่นให้สะอาด ซับให้แห้งด้วยกระดาษทิชชู

6. จุ่ม probe ใน Standard Buffer pH 7.0 กดปุ่ม CAL

7. หน้าจอจะแสดงสัญลักษณ์ CAL กระพริบ รอจนสัญลักษณ์ CALหยุดนิ่ง

8. ล้าง probe ด้วยน้ำกลั่นให้สะอาด ซับให้แห้งด้วยกระดาษทิชชู

9. จุ่ม probe ใน KCl Electrolyte

วิธีการใช้เครื่อง

1. เมื่อทำการสอบเทียบเครื่องมือเรียบร้อยแล้ว ให้ทำการวัดค่าตัวอย่างได้ทันที

2. ล้าง probe ด้วยน้ำกลั่นให้สะอาด ซับให้แห้งด้วยกระดาษทิชชู

3. เติมน้ำตัวอย่างใส่บีกเกอร์ 100 มิลลิลิตร ประมาณ 80 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. จุ่ม probe ในน้ำตัวอย่าง กดปุ่ม Auto Hold รอจนกระทั่ง Auto Hold หยุดนิ่ง

5. บันทึกค่าที่วัดได้

ข4 การวิเคราะห์ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ตามวิธี A.O.A.C. (1995)ข้อ 963.20

<u>เตรียมสารเคมี</u>

1. 0.015% Formaldehyde solution

2. Acid-bleached *p*-rosaniline hydrochloride

- ชั่ง *p*-rosaniline hydrochloride HCl 100 มิลลิกรัม ผสมน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร และ HCl (1+1) 160 มิลลลิตร ใส่ขวดปริมาตรและปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร ทิ้งไว้ 12 ชั่วโมงก่อนนำไปใช้

3. Sodium tetrachloromerurates

-ชั่ง NaCl 23.4 กรัม ผสม $HgCl_2$ 54.3 กรัม และน้ำกลั่น 1900 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรเป็น 2000 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นในขวดวัดปริมาตร

4. Sulfur dioxide standard solution

- ชั่ง $NaHSO_3$ 170 มิลลิกรัม ละลายในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตรในขวดวัดปริมาตรและ standardize ด้วย 0.01 N สารละลายไอโอดีนก่อนใช้

<u>วิธีการวิเคราะห์</u>

1. ชั่งสับปะรดที่บดละเอียดแล้วมา 10 ± 0.02 กรัม

2. นำไปปั่นผสมกับน้ำกลั่น 290 มิลลิลิตรนาน 2 นาที

3. ดูดส่วนล่างของน้ำสับปะรดมา 10 มิลลิลิตร ผสมลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร ที่มีสารละลาย 0.5 N NaOH ปริมาตร 4 มิลลิลิตร แล้วเขย่าให้เข้ากัน (13-30 วินาที)

4. เติม 0.5 N H_2SO_4 murcurate reagent ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ลงในสารละลายข้อ 4 ตามลำดับ แล้วเขย่าให้เข้ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ปรับปริมาตรของสารละลายในข้อ 5 เป็น 100 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น (สำหรับ blank ใช้น้ำกลั่นแทนสับปะรดในข้อ 1 แล้วทำตามขั้นตอนเหมือนกัน)

6. ปิเปต sample solution มา 2 มิลลิลิตร ใส่ใน test tube ที่มี rosaniline reagent ปริมาตร 5 มิลลิลิตร

7. เติม 0.05% Formaldehyde solution ปริมาตร 10 มิลลิลิตร เขย่าเข้ากัน

8. ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที

9. ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 550 nm เทียบ blank

10. นำผลของการวัดค่าการดูดกลืนแสงเทียบกับกราฟมาตรฐานแล้วคำนวณความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในหน่วย ppm.

ถ้าใช้ tube หรือ cell ในการวัดค่าดูดกลืนแสงติดต่อกันให้ล้าง cell ด้วย HCl (1+1) ที่เจือจางด้วยน้ำก่อนวัดตัวอย่างต่อไป

ข5 การเกิดสีน้ำตาล ตามวิธี Baloch และคณะ (1973)

<u>วิธีการวิเคราะห์</u>

1. ชั่งสับปะรดอบแห้งที่หั่นละเอียด 10 กรัม ใส่ในบีกเกอร์
2. เติม 1.5 %acetic acid ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์ แช่ทิ้งไว้ 10 นาที
3. ปั่นให้ละเอียดด้วย Blender นาน 2 นาที แล้วกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 2
4. นำสารละลายที่กรองได้มาปรับปริมาตรเป็น 200 มิลลิลิตร ด้วย 1.5 %acetic acid
5. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 nm. โดยใช้ 1.5 % acetic acid เป็น blank

ข6 การวัดค่าสีระบบ CIELAB (L*,a*,b*)

ปรับเทียบมาตรฐานของเครื่องวัดสี (calibation) โดยใช้แผ่นเทียบสีมาตรฐานสีขาวก่อนการวัดสีทุกครั้งทำการวัดทั้งสองด้านของตัวอย่าง ด้านละ 4 ตำแหน่ง

L = The lightness factor values เป็นค่าแสดงถึงความสว่าง (lightness) ของวัตถุ ถ้าค่า L เข้าใกล้ 0 แสดงว่าวัตถุมีความทึบ ถ้าค่า L เข้าใกล้ 100 แสดงว่าวัตถุมีความสว่าง ถ้าค่า L เท่ากับ 100 แสดงว่าวัตถุมีสีขาว และถ้าค่า L เท่ากับ 0 แสดงว่าวัตถุมีสีดำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

a* = เป็นค่าแสดงสีแดงและสีเขียวของวัตถุ ถ้า a* เป็นบวก (+) แสดงว่าวัตถุมีสีแดง ถ้าค่า a* เป็นลบ (-) แสดงว่าวัตถุมีสีเขียว

b* = เป็นค่าแสดงสีเหลืองและสีน้ำเงินของวัตถุ ถ้าค่า b* เป็นบวก (+) แสดงว่าวัตถุมีสีเหลือง ถ้าค่า b* เป็นลบ (-) แสงว่าวัตถุมีสีน้ำเงิน

ถ้าค่าทั้ง a* และ b* เท่ากับ 0 แสดงว่าวัตถุมีสีน้ำเงิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

วิธีวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา

ค1 ตรวจหาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) (AOAC, 2000)

อาหารเลี้ยงเชื้อ plate count agar

ชั่ง plate count agar 23.5 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร แล้วนำมาฆ่าเชื้อใน autoclave ที่ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 lb/in^2 เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นนำมาเทลงในจานเลี้ยงเชื้อจานละ 15-20 มิลลิลิตร แล้วทิ้งให้แข็งตัว

วิธีการวิเคราะห์

1. เตรียมตัวอย่างสับปะรดน้ำหนัก 25 กรัม ใส่ในถุงพลาสติกปราศจากเชื้อใช้สำหรับตีป่นอาหาร เติมสารละลายเปปโตน ร้อยละ 0.1 ปริมาตร 225 มิลลิลิตร นำไปตีป่นอให้ตัวอย่างกระจายนาน 10 นาที (ระดับความเจือจาง 1:10 หรือ 10^{-1}) เจือจางอาหารโดยปิเปตตัวอย่างที่ระดับความเจือจาง10^{-1} ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในสารละลายเปปโตนร้อยละ 0.1 ปริมาตร 9 มิลลิลิตร ทำการเจือจางต่อจนถึงระดับความเจือจาง 10^{-3}

2. การวิเคราะห์หาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในตัวอย่างอาหารปิเปตตัวอย่างอาหาร ที่ระดับความเจือจาง 10^{-1} 10^{-2} และ 10^{-3} ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ PCA (plate count agar) ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร ทำซ้ำที่ระดับความเจือจางละ 2 ซ้ำแล้วทำการ Spread plate และนำไปบ่ม ในตู้บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 35±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง ตรวจนับจำนวนโคโลนีบนอาหารเลี้ยงเชื้อให้อยู่ในช่วง 30-300 โคโลนี คำนวณในรูปของ CFU/กรัม

ค2 ตรวจหาโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (AOAC, 2000)

อาหารเลี้ยงเชื้อ Lauryl sulfate tryptose broth

ชั่ง Lauryl sulfate tryptose broth 35.5 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร ปิเปตลงในหลอดทดลองปริมาตร 10 มิลลิลิตรที่มีหลอดดักก๊าซบรรจุอยู่ แล้วนำมาฆ่าเชื้อใน autoclave ที่ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 lb/in^2 เป็นเวลา 15 นาที

ชั่งอาหารเลี้ยงเชื้อ BGLB (brilliant green bile broth) 40.5 กรัม ในน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร ปิเปตลงในหลอดทดลองปริมาตร 10 มิลลิลิตรที่มีหลอดดักก๊าซบรรจุอยู่ แล้วนำมาฆ่าเชื้อใน autoclave ที่ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 lb/in^2 เป็นเวลา 15 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีวิเคราะห์

1. เตรียมตัวอย่างสับปะรดน้ำหนัก 25 กรัม ใส่ในถุงพลาสติกปราศจากเชื้อใช้สำหรับตีป่นอาหาร เติมสารละลายเปปโตน ร้อยละ 0.1 ปริมาตร 225 มิลลิลิตร นำไปตีป่นอให้ตัวอย่างกระจายนาน 10 นาที (ระดับความเจือจาง 1:10 หรือ 10^{-1}) เจือจางอาหารโดยปิเปตตัวอย่างที่ระดับความเจือจาง10^{-1} ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในสารละลายเปปโตนร้อยละ 0.1 ปริมาตร 9 มิลลิลิตร ทำการเจือจางต่อจนถึงระดับความเจือจาง 10^{-3}

2. การวิเคราะห์หาโคลิฟอร์มแบคทีเรียในตัวอย่างอาหาร

Presumptive Test : ปิเปตตัวอย่างอาหารที่ระดับความเจือจาง 10^{-1} 10^{-2} และ 10^{-3} ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ LSTB (Lauryl sulfate tryptose broth) ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ทำซ้ำที่ระดับความเจือจางละ 3 หลอด (MPN-method) นำหลอดอาหารทั้งหมดไปบ่มในตู้บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 35±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง โดยสังเกตก๊าซที่เกิดในหลอดอาหารแต่ละหลอดหลังบ่มครบ 24 ชั่วโมงและหากไม่มีหลอดใดเกิดก๊าซให้บ่มต่ออีก 24 ชั่วโมงจึงนำมาตรวจผลอีกครั้งหนึ่ง บันทึกจำนวนหลอดที่เกิดก๊าซในแต่ละระดับความเจือจางไปเทียบตาราง MPN รายงานผลเป็น MPN ของโคลิฟอร์ม (ขั้นตอนแรก) ต่อกรัมหรือมิลลิลิตรของตัวอย่างอาหาร

Confirmed Test : ใช้ loop ปราศจากเชื้อถ่ายเชื้อจากหลอดที่เกิดก๊าซในอาหารเลี้ยงเชื้อ LSTB ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ BGLB ทำซ้ำละ 3 หลอด นำไปบ่มในตู้บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 35±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง บันทึกจำนวนหลอดที่เกิดก๊าซในแต่ละดับความเจือจางไปเทียบตาราง MPN รายงานผลเป็น MPN ของโคลิฟอร์ม (ขั้นยืนยัน) ต่อกรัมหรือมิลลิลิตรของตัวอย่างอาหาร

ค3 ตรวจหา *E. coli* (AOAC, 2000)

วิธีการวิเคราะห์

1. เตรียมหลอดทดลองพร้อมหลอดที่ดักก๊าซวางคว่ำในหลอดทดลอง เพื่อบรรจุหารหารเหลว EC broth ใส่ในหลอดทดลองหลอดละ 9 มิลลิลิตร ฆ่าเชื้อใน autoclave ที่ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 lb/in^2 เป็นเวลา 15 นาที

2. นำหลอดที่เกิดก๊าซจากการตรวจสอบ Presumptive Test เขย่าเบาๆ ใช้ loop ลนไฟจนแดง ทิ้งไว้ให้เย็นถ่ายจากหลอด LSTB ที่ให้ผลบวก ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอด EC broth หลอด ต่อหลอด เขย่าหลอดอาหารด้วย vortex จากนั้นนำไปเข้าตู้บ่มเชื้ออุณหภูมิ 44.5±2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง หลอดที่เป็นบวกเขี่ยเชื้อบน EMB agar เข้าตู้บ่มเชื้อ 35 ±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

3. ถ่ายเชื้อจากโคโลนีที่สงสัย ซึ่งมีจุดดำตรงกลาง มีหรือไม่มี Metallic sheen นำไปทดสอบ IMViC test นำผลที่ได้มาเปิดตาราง Most Probable Number Index (MPN)

ค4 ตรวจหายีสต์และรา (AOAC, 2000)

อาหารเลี้ยงเชื้อ Potato dextrose agar

ชั่ง potato dextrose agar 39.0 กรัม ละลายในน้ำกลั่นร้อน 1 ลิตร บรรจุลงใน flask ปิดปากด้วยจุกสำลี นำมาฆ่าเชื้อใน autoclave ที่ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 lb/in^2 เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นปรับ pH โดยเติม tataric acid (ที่ปลอดเชื้อ) ความเข้มข้น 10% ปริมาตร 1.6 มิลลิลิตร ต่อ potato dextrose agar 100 มิลลิลิตรดก (จะได้ pH 3.74-4.00) เท potato dextrose agar ลงในจานเลี้ยงเชื้อจานละ 15-20 มิลลิลิตร แล้วทิ้งให้แข็งตัว

<u>วิธีการวิเคราะห์</u>

1. เตรียมตัวอย่างสับปะรดน้ำหนัก 25 กรัม ใส่ในถุงพลาสติกปราศจากเชื้อใช้สำหรับตีป่นอาหาร เติมสารละลายเปปโตน ร้อยละ 0.1 ปริมาตร 225 มิลลิลิตร นำไปตีป่นอให้ตัวอย่างกระจายนาน 10 นาที (ระดับความเจือจาง 1:10 หรือ 10^{-1}) เจือจางอาหารโดยปิเปตตัวอย่างที่ระดับความเจือจาง10^{-1} ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในสารละลายเปปโตนร้อยละ 0.1 ปริมาตร 9 มิลลิลิตร ทำการเจือจางต่อจนถึงระดับความเจือจาง 10^{-4}

2. การวิเคราะห์หาปริมาณยีสต์ราในตัวอย่างอาหาร ปิเปตตัวอย่างอาหารที่ระดับความเจือจาง 10^{-1}, 10^{-2}, 10^{-3} , 10^{-4} ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA (potato dextrose agar) ที่เติมคลอแรมฟีนิคอล ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร ทำซ้ำที่ระดับความเจือจางละ 2 ซ้ำ แล้วทำการ Spread plate

3. นำจานเลี้ยงเชื้อไปบ่มที่ 25±2 องศาเซลเซียส นาน 72-120 ชั่วโมง ตรวจนับเชื้อยีสต์และราโคโลนีบนอาหารเลี้ยงเชื้อให้อยู่ในช่วง 30-300 โคโลนี คำนวณในรูปของ CFU/กรัม กรณีตรวจไม่พบจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดให้รายงานผล n.d.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นางสาวมาลิสา แก้วเต็ม
วันเดือนปีเกิด	3 กันยายน พ.ศ. 2524
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2546 จบการศึกษาในหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาอนามัยสิ่งแวดล้อม คณะสาธารณสุขศาสตร์และสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ
ประสบการณ์ทำงาน	
พ.ศ. 2555-ปัจจุบัน	ตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ งานผลิตภัณฑ์บรรจุกระป๋องโครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา
พ.ศ. 2550-2554	ตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ งานผลิตภัณฑ์ผลไม้อบแห้ง โครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา
พ.ศ. 2546-2550	ตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ งานควบคุมผลิตภัณฑ์ โครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา
การนำเสนอผลงาน	มาลิสา แก้วเต็ม และ ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม. 2555 **คุณภาพทางเคมีกายภาพและจุลินทรีย์ของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งระหว่างการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์.** ในงานการประชุมทางวิชาการ "วลัยลักษณ์วิจัย ครั้งที่ 4 " 21 มิถุนายน พ.ศ. 2555 มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ จังหวัดนครศรีธรรมราช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้