ผลด้านคุณภาพของฝรั่ง *Psidium guajava* L. ที่ทำแห้งด้วยวิธีออสโมซิสเมื่อใช้น้ำผึ้งทดแทนโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์บางส่วน

นางสาวศุภลักษณ์ ขจรศักดิ์เมธี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2548

ISBN 974-17-4975-9

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECTS ON THE QUALITIES OF OSMOTICALLY DEHYDRATED GUAVA *Psidium guajava* L. USING HONEY FOR PARTIAL REPLACEMENT OF SODIUM METABISULFITE

Miss Supaluck Khachonsakmetee

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Food Technology
Department of Food Technology
Faculty of Science
Chulalongkorn University
Academic Year 2005

ISBN 974-17-4975-9

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลด้านคุณภาพของฝรั่ง *Psidium guajava* L. ที่ทำแห้งด้วยวิธีออสโมซิสเมื่อใช้น้ำผึ้งทดแทนโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์บางส่วน
โดย	นางสาวศุภลักษณ์ ขจรศักดิ์เมธี
สาขาวิชา	เทคโนโลยีทางอาหาร
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร. เกียรติศักดิ์ ดวงมาลย์

คณะวิทยาศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร.เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุเมธ ตันตระเธียร)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ ดร. เกียรติศักดิ์ ดวงมาลย์)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. รมณี สงวนดีกุล)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร. จิรารัตน์ ทัตติยกุล)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศุภลักษณ์ ขจรศักดิ์เมธี: ผลด้านคุณภาพของฝรั่ง *Psidium guajava* L. ที่ทำแห้งด้วยวิธีออสโมซิสเมื่อใช้น้ำผึ้งทดแทนโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์บางส่วน (EFFECTS ON THE QUALITIES OF OSMOTICALLY DEHYDRATED GUAVA *Psidium guajava* L. USING HONEY FOR PARTIAL REPLACEMENT OF SODIUM METABISULFITE) อ. ที่ปรึกษา : อ.ดร.เกียรติศักดิ์ ดวงมาลย์, 112 หน้า. ISBN 974-17-4975-9

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของการใช้น้ำผึ้งทดแทนโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์บางส่วนต่อคุณภาพของฝรั่งที่ทำแห้งด้วยวิธีออสโมซิส ในขั้นต้นได้ศึกษาปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ซึมเข้าเนื้อฝรั่งทุกวันแปรระยะเวลาการแช่ตั้งแต่ 1 ถึง 7 วัน พบว่าระยะเวลาแช่นานขึ้น ส่งผลให้ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในเนื้อฝรั่งเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) การศึกษาต่อในขั้นตอนการอบแห้ง โดยแปรอุณหภูมิการอบแห้ง 3 ระดับ (55 60 และ 65°ซ.) และแปรระยะเวลาแช่ 2 ระดับ (6 และ 7 วัน) พบว่าปัจจัยของอุณหภูมิและระยะเวลาแช่มีผลต่อค่าเนื้อสัมผัสและค่าความสว่าง (L*) ของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) ผลิตภัณฑ์ที่มีภาวะการแช่นาน 7 วัน อบแห้งที่อุณหภูมิ 60°ซ. มีค่าเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับตัวอย่างทางการค้าและมีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสสูงสุด จึงเลือกภาวะการผลิตดังกล่าวมาใช้ในการผลิตฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งเพื่อศึกษาในขั้นตอนต่อไป โดยในขั้นตอนการแช่ฝรั่งในสารละลายผสมช่วง pretreatment ระยะเวลา 7 วัน มีการแปรระดับความเข้มข้นของน้ำผึ้งเป็น 3 ระดับคือ 0 1 และ 3% (w/v) และแปรระดับความเข้มข้นของโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์เป็น 2 ระดับคือ 0.1 และ 0.25% (w/v) เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมที่ใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.5% (w/v) แล้วนำมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 60°ซ. พบว่าระดับความเข้มข้นของน้ำผึ้งมีผลต่อปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) ในขณะที่ระดับความเข้มข้นของโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์มีผลต่อปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และค่าการเกิดสีน้ำตาลของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) แต่ปัจจัยทั้ง 2 ไม่มีผลต่อค่าเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยผลิตภัณฑ์ที่ใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ระดับความเข้มข้น 0.25% เท่ากันทั้งสามชนิด มีการเปลี่ยนแปลงค่าสี (ΔE^*_{ab}) และค่าการเกิดสีน้ำตาลน้อยกว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้น 0.1% รวมทั้งมีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์เหลืออยู่เพียงพอที่จะรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในช่วงการเก็บรักษาได้ จึงเลือกภาวะดังกล่าวมาศึกษาต่อในช่วงการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 24 สัปดาห์ เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม พบว่าผลิตภัณฑ์ที่เติมน้ำผึ้งมีการเปลี่ยนแปลงทางด้านค่าสีและลักษณะเนื้อสัมผัสน้อยกว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้เติมน้ำผึ้ง ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์คงเหลือสัมพัทธ์มีแนวโน้มลดลงเมื่อเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ส่วนปริมาณความชื้นและค่า a_w มีค่าใกล้เคียงกับช่วงแรกของการเก็บรักษา ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรา อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ และเมื่อเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งทั้งสามชนิดกับตัวอย่างควบคุม พบว่าผลิตภัณฑ์ที่เติมน้ำผึ้งมีการเปลี่ยนแปลงทางด้านค่าสี และคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏโดยรวมใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุม ขณะที่เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่เติมน้ำผึ้งมีการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าตัวอย่างควบคุมเมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น ดังนั้นการเติมน้ำผึ้งที่ระดับความเข้มข้นในช่วง 1-3% เหมาะสมต่อการทดแทนการใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์บางส่วนในการรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ฝรั่งอิ่มอบแห้งในช่วงการเก็บรักษานาน 24 สัปดาห์

ภาควิชา.....เทคโนโลยีทางอาหาร..... ลายมือชื่อนิสิต.....ศุภลักษณ์ ขจรศักดิ์เมธี.....
สาขาวิชา...เทคโนโลยีทางอาหาร.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ปีการศึกษา...2548.....

4472532923 : MAJOR FOOD TECHNOLOGY

KEY WORD : GUAVA / HONEY / SODIUMMETABISULFITE / OSMOTIC DEHYDRATION

SUPALUCK KHACHONSAKMETEE : EFFECTS ON THE QUALITIES OF OSMOTICALLY DEHYDRATED GUAVA *Psidium guajava* L. USING HONEY FOR PARTIAL REPLACEMENT OF SODIUM METABISULFITE. THESIS ADVISOR : KIATTISAK DAUNGMAL, Ph.D., 112 pp. ISBN 974-17-4975-9

The aim of this research was to investigate the effectiveness of honey on qualities of osmotic dehydration guava to partially replace sodiummetabisulfite. Initially, guava slices were soaked in a mix solution containing 0.5% sodiummetabisulfite and ascorbic acid, 1% calcium chloride and citric acid. The sulfurdioxide content was determined for a period of 7 days. The immersion time significantly affected sulfurdioxide content of guava slices ($P \leq 0.05$). After that, the combinations of 3 levels of drying temperature (55, 60, 65°C) and 2 levels of immersion time (6, 7 days) were applied to guava slices. It was found that both drying temperature and immersion time significantly affected the texture and L* value of the dried product. Among all combinations, the result from sensory analysis showed that guava treated with 7-day immersion time and 60°C drying was the most acceptable. Moreover, the texture of products was also similar to that of commercial ones. Further studies showed that, the level of honey (0, 1, 3%) significantly affected reducing sugar content ($P \leq 0.05$) and the level of sodiummetabisulfite (0.1, 0.25%) significantly affected sulfurdioxide content and browning of product ($P \leq 0.05$). Among the above conditions, guavas treated with 0.25% sodiummetabisulfite were selected for further processing and shelf-life study. After 24 weeks storage, it was found that the products containing honey had a smaller change in colour and texture compared to those products without honey. Reducing sugar and remaining sulfurdioxide contents in the products decreased while moisture content and a_w of products were constant over a 24-week period. The microbiological assay (total plate count, yeast and mold) showed that the products were acceptable during a period of 24 weeks. When guavas treated with 0.25% sodiummetabisulfite were compared to the control sample (0.5% sodiummetabisulfite), the qualities (changes in colour, acceptable appearance) of the products were alike. However, the texture changes were smaller in products containing honey when storage period increased. The result of this study indicated that the addition of 1-3% honey in guava slices was effective in maintaining the qualities of products, especially colour, as compared to the control sample during a period of 24 weeks.

Department.....Food Technology.....Student's signature.....S. Khachonsakmetee.....

Field of study....Food Technology..... Advisor's signature.....K. Daungmal.....

Academic year.....2005.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ได้ โดยความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก อ.ดร.เกียรติศักดิ์ ดวงมาลย์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้เสียสละเวลาอันมีค่าให้คำแนะนำเกี่ยวกับแนวทางการวิจัย และคำปรึกษาที่มีประโยชน์อย่างมากกับวิทยานิพนธ์นี้

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.สุเมธ ตันตระเธียร ผศ.ดร. รมณี สงวนดีกุล และ อ.ดร. จิรารัตน์ ทัตติยกุล ที่กรุณาเป็นคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ท่านได้กรุณาให้คำแนะนำ และตรวจสอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

ขอขอบคุณ เพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ระดับปริญญาโท ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำหรับกำลังใจ และน้ำใจที่มีให้ และขอบคุณพี่ๆ นักวิทยาศาสตร์ประจำห้องปฏิบัติการ สำหรับการอำนวยความสะดวกในการวิจัย

สุดท้ายนี้ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และขอบคุณพี่ชายและน้องสาว ที่สนับสนุนด้านการเงิน ให้ความห่วงใย และให้กำลังใจแก่ข้าพเจ้าจนสำเร็จการศึกษา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ
กิตติกรรมประกาศ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง..... ฌ
สารบัญรูป ..... ฑ

บทที่

1. บทนำ..... 1
2. วารสารปริทัศน์..... 3
   - 2.1 ฝรั่ง 3
   - 2.2 การทำแห้งผลไม้ด้วยวิธีออสโมซิส..... 6
   - 2.3 การเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ผลไม้แช่อิ่มอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษา..... 8
   - 2.4 การใช้สารประกอบในการยับยั้งการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ผลไม้อบแห้ง 9
3. อุปกรณ์และวิธีดำเนินงานวิจัย..... 18
   - 3.1 วัตถุดิบ 18
   - 3.2 สารเคมี..... 18
   - 3.3 อุปกรณ์..... 19
   - 3.4 ขั้นตอนและวิธีดำเนินงานวิจัย 20
4. ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง 25
   - 4.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและกายภาพของฝรั่ง 25
   - 4.2 ศึกษาการซึมผ่านของซัลเฟอร์ไดออกไซด์เข้าไปในเนื้อฝรั่ง.....26
   - 4.3 ศึกษาผลของระยะเวลาแช่และอุณหภูมิในการอบแห้งด้วยลมร้อนที่มีต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้ง 27
   - 4.4 ศึกษาผลของน้ำผึ้งและโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้ง 36

4.5 ศึกษาผลของน้ำผึ้งและโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษา.....44
5. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 70
รายการอ้างอิง..... 72
ภาคผนวก..... 77
ภาคผนวก ก 78
ภาคผนวก ข 87
ภาคผนวก ค 101
ภาคผนวก ง..... 110
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 112

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 องค์ประกอบทางเคมีของฝรั่ง 5
2.2 คุณค่าทางโภชนาการของฝรั่ง 5
2.3 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำผึ้ง..... 12
2.4 คุณค่าทางโภชนาการในน้ำผึ้ง..... 13
4.1 องค์ประกอบ สมบัติทางเคมีและสมบัติทางกายภาพของฝรั่ง 25
4.2 ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ซึมเข้าไปในเนื้อฝรั่งเมื่อแช่ฝรั่งในสารละลายผสมเป็น ระยะเวลาต่างๆ 26
4.3 ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งที่ภาวะการผลิตต่างกัน.....29
4.4 ค่างานที่ใช้ในการตัดของฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งที่ภาวะการผลิตต่างกัน..... 29
4.5 ค่า adhesiveness ของฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งที่ภาวะการผลิตต่างกัน 30
4.6 ค่าเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งทางการค้า..... 31
4.7 ค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งที่ภาวะการผลิตต่างกัน..... 32
4.8 ค่าสีแดงของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งที่ภาวะการผลิตต่างกัน..... 32
4.9 ค่าสีเหลืองของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งที่ภาวะการผลิตต่างกัน 33
4.10 คะแนนการประเมินผลทางประสาทสัมผัสของฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งที่ภาวะการผลิตต่างกัน... 35
4.11 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งที่มีการแปร ปริมาณโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และน้ำผึ้ง.....37
4.12 ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งที่มีการแปร ปริมาณโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และน้ำผึ้ง.....38
4.13 ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งที่มีการแปร ปริมาณโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และน้ำผึ้ง.....39
4.14 ค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 nm. ของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งมีการแปร ปริมาณโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และน้ำผึ้ง.....40
4.15 ค่าสีของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งที่มีการแปรปริมาณโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ และน้ำผึ้ง.....41
4.16 คุณภาพของฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งที่มีการแปรปริมาณโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และ น้ำผึ้งเมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม.....43

ตารางที่ หน้า

4.17 ค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 nm.ของฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งในช่วงระยะเวลาการเก็บรักษา 24 สัปดาห์..... 46
4.18 ค่าการเปลี่ยนแปลงสีของฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งในช่วงระยะเวลาการเก็บรักษา 24 สัปดาห์.....49
4.19 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งในช่วงระยะเวลาการเก็บรักษา 24 สัปดาห์..... 51
4.20 ค่าความแข็งของฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งในช่วงระยะเวลาการเก็บรักษา 24 สัปดาห์.....54
4.21 ค่างานที่ใช้ในการกัดเคี้ยวของฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งในช่วงระยะเวลาการเก็บรักษา 24 สัปดาห์....54
4.22 ค่า adhesiveness ของฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งในช่วงระยะเวลาการเก็บรักษา 24 สัปดาห์.. . 55
4.23 ปริมาณความชื้นของฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งในช่วงระยะเวลาการเก็บรักษา 24 สัปดาห์.....58
4.24 การเปลี่ยนแปลงค่า a_w ของฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งในช่วงระยะเวลาการเก็บรักษา 24 สัปดาห์.... 59
4.25 คะแนนประเมินผลทางประสาทสัมผัสของฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งทางด้านสีตลอดระยะเวลาการเก็บ 24 สัปดาห์..... 61
4.26 คะแนนประเมินผลทางประสาทสัมผัสของฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งทางด้านการหดตัวตลอดระยะเวลาการเก็บ 24 สัปดาห์..... 62
4.27 คะแนนประเมินผลทางประสาทสัมผัสของฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งทางด้านลักษณะปรากฏตลอดระยะเวลาการเก็บ 24 สัปดาห์..... 62
4.28 คะแนนประเมินผลทางประสาทสัมผัสของฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งทางด้านการยอมรับโดยรวมด้านลักษณะปรากฏตลอดระยะเวลาการเก็บ 24 สัปดาห์.....64
ข.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ซึมเข้าเนื้อฝรั่งโดยแปรระยะเวลาแช่เป็น 7 วัน 87
ข.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณความชื้นในเนื้อฝรั่งโดยแปรระยะเวลาแช่เป็น 7 วัน.....87
ข.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งที่ภาวะการผลิตต่างกัน..... 87
ข.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่างานที่ใช้ในการตัดของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งที่ภาวะการผลิตต่างกัน 88
ข.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า adhesiveness ของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งที่ภาวะการผลิตต่างกัน 88
ข.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งที่ภาวะการผลิตต่างกัน..... 88

ตารางที่ หน้า

ข.7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสีแดงของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งที่ภาวะการผลิตต่างกัน 89
ข.8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสีเหลืองของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งที่ภาวะการผลิตต่างกัน 89
ข.9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้ง 89
ข.10 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งที่มีการแปรปริมาณโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และน้ำผึ้ง 90
ข.11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งในด้านเนื้อสัมผัสที่ที่มีการแปรปริมาณโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และน้ำผึ้ง 90
ข.12 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งที่ที่มีการแปรปริมาณโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และน้ำผึ้ง 90
ข.13 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 nm. ในผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งที่มีการแปรปริมาณโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และน้ำผึ้ง.... 91
ข.14 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งที่ที่มีการแปรปริมาณโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และน้ำผึ้งเทียบกับตัวอย่างควบคุม.... 91
ข.15 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งในด้านเนื้อสัมผัสที่มีการแปรปริมาณโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และน้ำผึ้งเทียบกับตัวอย่างควบคุม 91
ข.16 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งที่มีการแปรปริมาณโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และน้ำผึ้ง เทียบกับตัวอย่างควบคุม.... 92
ข.17 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 nm. ในผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งที่มีการแปรปริมาณโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และน้ำผึ้งเทียบกับตัวอย่างควบคุม.... 92
ข.18 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 nm. ของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งในแต่ละภาวะที่ช่วงเวลาต่างกันตลอดการเก็บรักษานาน 24 สัปดาห์..... 93
ข.19 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 nm. ของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งในแต่ละภาวะในช่วงการเก็บรักษานาน 24 สัปดาห์..... 94

ตารางที่ หน้า

ข.20 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของผลิตภัณฑ์ฝรั่งในแต่ละภาวะที่ช่วงเวลาต่างกันตลอดการเก็บรักษานาน 24 สัปดาห์ 94
ข.21 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งในแต่ละภาวะในช่วงการเก็บรักษานาน 24 สัปดาห์..... 94
ข.22 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของผลิตภัณฑ์ฝรั่งในแต่ละภาวะที่ช่วงเวลาต่างกันตลอดการเก็บรักษานาน 24 สัปดาห์ 95
ข.23 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งในแต่ละภาวะในช่วงการเก็บรักษานาน 24 สัปดาห์..... 95
ข.24 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลิตภัณฑ์ฝรั่งในด้านลักษณะเนื้อสัมผัสในแต่ละด้านทั้งในแต่ละภาวะที่ช่วงเวลาต่างกันตลอดการเก็บ 24 สัปดาห์..... 96
ข.25 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลิตภัณฑ์ฝรั่งที่มีการเติมโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.25% และไม่เติมน้ำผึ้งในด้านลักษณะเนื้อสัมผัสในแต่ละด้านในช่วงการเก็บรักษานาน 24 สัปดาห์..... 96
ข.26 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลิตภัณฑ์ฝรั่งที่มีการเติมโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.25% และเติมน้ำผึ้ง 1% ในด้านลักษณะเนื้อสัมผัสในแต่ละด้านในช่วงการเก็บรักษานาน 24 สัปดาห์..... 97
ข.27 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลิตภัณฑ์ฝรั่งที่มีการเติมโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.25% และเติมน้ำผึ้ง 3% ในด้านลักษณะเนื้อสัมผัสในแต่ละด้านในช่วงการเก็บรักษานาน 24 สัปดาห์..... 97
ข.28 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ฝรั่งในแต่ละภาวะที่ช่วงเวลาต่างกันตลอดการเก็บ 24 สัปดาห์..... 98
ข.29 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ฝรั่งในแต่ละภาวะในช่วงการเก็บรักษานาน 24 สัปดาห์ 98
ข.30 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า a_w ของผลิตภัณฑ์ฝรั่งในแต่ละภาวะที่ช่วงเวลาต่างกันตลอดการเก็บ 24 สัปดาห์..... 99
ข.31 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า a_w ของผลิตภัณฑ์ฝรั่งในแต่ละภาวะในช่วงการเก็บรักษานาน 24 สัปดาห์ 99
ข.32 การวิเคราะห์ความแปรปรวนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ฝรั่งในแต่ละภาวะที่ช่วงเวลาต่างกันตลอดการเก็บ 24 สัปดาห์..... 100

ตารางที่ หน้า

ค.1 ปริมาณความชื้นในชิ้นฝรั่งเมื่อแปรระยะเวลาแช่เป็น 8 วัน 101
ค.2 ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์คงเหลือในผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งภายหลังการอบแห้ง 101
ค.3 ปริมาณความชื้นของฝรั่งในระหว่างการออสโมซิส 102
ค.4 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของฝรั่งในระหว่างการออสโมซิส 102
ค.5 ปริมาณความชื้นและค่า water activity ของฝรั่งในช่วงการอบแห้งที่อุณหภูมิ 55°ซ. 103
ค.6 ปริมาณความชื้นและค่า water activity ของฝรั่งในช่วงการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60°ซ. 104
ค.7 ปริมาณความชื้นและค่า water activity ของฝรั่งในช่วงการอบแห้งที่อุณหภูมิ 65°ซ. 105
ค.8 ค่า water loss ของฝรั่งที่ภาวะการแช่ต่าง ๆ หลังจากออสโมซิส 105
ค.9 ค่า solid gain ของฝรั่งที่ภาวะการแช่ต่าง ๆ หลังจากออสโมซิส 106
ค.10 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของฝรั่งในช่วงก่อนการออสโมซิสและหลังการออสโมซิส 106
ค.11 ค่าสีของฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งในช่วงระยะเวลาการเก็บรักษา 24 สัปดาห์ 107
ค.12 ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งในช่วงระยะเวลาการเก็บรักษา 24 สัปดาห์ 108
ค.13 ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์คงเหลือสัมพัทธ์ของฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งในช่วงระยะเวลาการเก็บรักษา 24 สัปดาห์ 108
ค.14 สมบัติทางเคมีและกายภาพของน้ำผึ้ง 109
ง.1 แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสของฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งที่ภาวะการผลิตต่างกัน 110
ง.2 แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษา 111

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 การถ่ายเทมวลสารระหว่างเนื้อเยื่อผลไม้กับสารละลายออสโมติก..... 6
2.2 กลไกการทำงานของกรดแอสคอร์บิกในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล 16
3.1 ขั้นตอนการผลิตฝรั่งแช่อิ่มอบแห้ง..... 22
4.1 ค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์ฝรั่งในช่วงการเก็บรักษา 24 สัปดาห์..... 47
4.2 ค่าสีแดงของผลิตภัณฑ์ฝรั่งในช่วงการเก็บรักษา 24 สัปดาห์..... 47
4.3 ค่าสีเหลืองของผลิตภัณฑ์ฝรั่งในช่วงการเก็บรักษา 24 สัปดาห์ 48
4.4 ค่าการเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์ฝรั่งในช่วงการเก็บรักษา 24 สัปดาห์..... 50
4.5 ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์คงเหลือสัมพัทธ์ของฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งในช่วง ระยะเวลาการเก็บรักษา 24 สัปดาห์..... 52
4.6 ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ฝรั่งในช่วงการเก็บรักษา 24 สัปดาห์..... 56
4.7 ค่างานที่ใช้ในการตัดของผลิตภัณฑ์ฝรั่งในช่วงการเก็บรักษา 24 สัปดาห์..... 56
4.8 ค่า adhesiveness ของผลิตภัณฑ์ฝรั่งในช่วงการเก็บรักษา 24 สัปดาห์..... 57
4.9 ผลิตภัณฑ์ฝรั่งในช่วงเริ่มต้นของการเก็บรักษา (0 สัปดาห์) 67
4.10 ผลิตภัณฑ์ฝรั่งหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์..... 68
4.11 รูปการเกิดผลึกน้ำตาลของผลิตภัณฑ์ฝรั่งหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์..... 69
ก.1 กราฟมาตรฐานของการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์..... 80
ก.2 กราฟจากเครื่อง Texture analyzer..... 82
ก.3 กราฟมาตรฐานของการวิเคราะห์ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์..... 84

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

ฝรั่ง เป็นผลไม้ที่มีขายตลอดปี มีรสชาติดี ราคาไม่แพง มีคุณค่าทางโภชนาการสูงโดยเฉพาะวิตามินซีและวิตามินเอ (จุไรรัตน์ แสงสวัสดิ์, 2540) สำหรับประเทศไทยมีการปลูกฝรั่งเพื่อบริโภคภายในประเทศเป็นส่วนใหญ่ และนิยมรับประทานเป็นผลสด ในช่วงที่ผลผลิตออกมากมักประสบปัญหาราคาตกต่ำ นอกจากนี้ผลผลิตยังเน่าเสียง่าย ดังนั้นแนวทางในการแก้ไขปัญหาดังกล่าวจึงมุ่งเน้นการแปรรูปฝรั่ง ทั้งนี้นอกจากจะช่วยให้สามารถเก็บผลผลิตไว้ได้นานแล้ว ยังเป็นการเพิ่มมูลค่าของฝรั่งให้มากขึ้น ผลิตภัณฑ์ฝรั่งแปรรูปมีหลายรูปแบบที่สำคัญได้แก่ ฝรั่งตีป่นบรรจุกระป๋อง(canned guava puree) น้ำฝรั่ง (guava juice) ฝรั่งอบแห้ง (dehydrated or dried guava) นอกจากนี้ยังมีผลิตภัณฑ์แปรรูปฝรั่งชนิดอื่นอีกเช่น แยมฝรั่ง เจลลี่ฝรั่ง ข้าวเกรียบฝรั่ง เป็นต้น (สรัสวดี เผือกสกนธ์, 2531; ไพโรจน์ ผลประสิทธิ์, 2541) ผลิตภัณฑ์ฝรั่งแปรรูปอีกอย่างหนึ่งที่น่าสนใจคือ ฝรั่งอบแห้งโดยใช้วิธีออสโมซิสร่วม หรือที่รู้จักกันในชื่อฝรั่งแช่อิ่มอบแห้ง ซึ่งเป็นสินค้าที่วางขายทั่วไป นอกจากนี้ยังสามารถส่งออกได้ โดยมูลค่าการส่งออกผลไม้แช่อิ่มอบแห้งตั้งแต่ปี พ.ศ 2545 ถึง พ.ศ 2547 เพิ่มขึ้นจาก 1,600 ล้านบาท เป็น 2,400 ล้านบาท (กรมศุลกากร, 2548) ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความต้องการบริโภคผลไม้แช่อิ่มอบแห้งของตลาดต่างประเทศนั้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในอนาคต ตลาดส่งออกที่สำคัญในสินค้าผลไม้แช่อิ่มอบแห้งได้แก่ สหรัฐอเมริกา เยอรมนี เนเธอร์แลนด์ และสหราชอาณาจักร เป็นต้น (กรมศุลกากร, 2548) อย่างไรก็ตามผลไม้แช่อิ่มอบแห้งมักประสบปัญหาการเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากปฏิกิริยาสีน้ำตาลทั้งในระหว่างกระบวนการผลิตและเก็บรักษา ซึ่งจะมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพด้อยลงทั้งทางด้านสี กลิ่นรส คุณค่าทางโภชนาการ และทำให้อายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์สั้นลง โดยปฏิกิริยาสีน้ำตาลอาจเกิดได้ทั้งแบบอาศัยเอนไซม์ และแบบที่ไม่อาศัยเอนไซม์ การป้องกันการเกิดสีน้ำตาลมักนิยมใช้สารประกอบซัลไฟต์ ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงสามารถป้องกันการเกิดสีน้ำตาลทั้งแบบอาศัยเอนไซม์และแบบที่ไม่อาศัยเอนไซม์ได้ แต่สารดังกล่าวมีข้อจำกัดในการใช้เพราะอาจก่อให้เกิดอาการแพ้โดยเฉพาะผู้ที่เป็นโรคหอบหืด และหากใช้สารนี้ในปริมาณมากอาจส่งผลต่อกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ได้ ในปัจจุบันมีการศึกษาวิจัยเพื่อใช้สารอื่นทดแทนเช่น น้ำผึ้ง กรดแอสคอร์บิก และกรดซิตริก เป็นต้น ซึ่งสารแต่ละชนิดมีประสิทธิภาพในการป้องกันการเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์แตกต่างกัน การนำสารหลายชนิดมาใช้ร่วมกันอาจเพิ่มประสิทธิภาพได้ (Sapers, 1993; Chen et al., 2000) โดยเฉพาะน้ำผึ้งเป็นสารที่มาจากธรรมชาติและมีองค์ประกอบของสารประกอบฟีนอลิค ฟลาโวนอยด์ กรดแอสคอร์บิก และ

เอนไซม์กลูโคสออกซิเดส ซึ่งมีสมบัติเป็น antioxidant สามารถควบคุมการเกิดสีน้ำตาลและป้องกันการสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการได้ นอกจากนี้ยังช่วยส่งเสริมให้ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นรสเฉพาะตัว (Gheldof, Wang and Engeseth, 2002) จากเหตุผลข้างต้นจึงมีแนวคิดที่จะศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการผลิตฝรั่งแช่อิ่มอบแห้ง รวมทั้งผลของการใช้น้ำผึ้ง กรดแอสคอร์บิก และกรดซิตริก เพื่อทดแทนการใช้สารประกอบซัลไฟต์บางส่วนในการควบคุมการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลทั้งในระหว่างการผลิตและเก็บรักษาฝรั่งแช่อิ่มอบแห้ง เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาคุณภาพผลิตภัณฑ์ผลไม้แช่อิ่มอบแห้งต่อไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

2.1 ฝรั่ง

ฝรั่ง (guava) มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Psidium guajava* Linn. หรือบางครั้งจะพบในชื่อ *Psidium aromatica* Blanco อยู่ในวงศ์ Myrtaceae ฝรั่งมีถิ่นกำเนิดอยู่ในเขตร้อนและเขตอบอุ่นของทวีปอเมริกา สามารถปลูกได้ดีในประเทศเขตร้อน ประเทศกึ่งร้อนหรือประเทศที่มีอากาศค่อนข้างอบอุ่น (Adsule and Kadam, 1995) ในประเทศไทย ฝรั่งเป็นผลไม้ที่เจริญเติบโตได้ดีในทุกภาคของประเทศและให้ผลผลิตตลอดทั้งปี แหล่งผลิตที่สำคัญได้แก่ จังหวัดนครปฐม ราชบุรี สมุทรสาคร และชลบุรี (จุไรรัตน์ แสงสวัสดิ์, 2540)

ฝรั่งเป็นไม้ผลยืนต้นขนาดเล็กถึงขนาดกลาง ทรงต้นสูงประมาณ 3-10 เมตร แผ่กิ่งก้านสาขา ใบเป็นประเภทใบคู่ ดอกเป็นดอกเดี่ยวหรือดอกช่อจำนวน 2-3 ดอกต่อช่อ ในแต่ละดอกมีเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมียอยู่ในดอกเดียวกัน ผลมีรูปร่างกลมหรือรูปไข่ป้องตรงปลาย เส้นผ่านศูนย์กลาง 5-9 เซนติเมตร ยาว 5-12 เซนติเมตร ผิวเรียบ บางพันธุ์ผิวขรุขระเล็กน้อย เมื่อผลยังอ่อนจะมีผิวสีเขียวเข้ม เมื่อผลแก่จะมีผิวสีเขียวอ่อน และเมื่อสุกจะมีผิวสีเหลืองอ่อน เนื้อในสีขาว ฉ่ำน้ำ มีเมล็ดเกาะติดอยู่กับเนื้อชั้นในใจกลางของผล เริ่มให้ผลได้เมื่อปลูกได้ประมาณ 1 ปี ผลผลิตประมาณ 170 ผล/ต้น/ไร่ น้ำหนักเฉลี่ย 300-500 กรัม/ผล โดยปกติแล้วฝรั่งจะให้ผลผลิตตลอดทั้งปี สามารถปลูกได้ในดินแทบทุกชนิด มีความต้านทานต่อสภาพแห้งแล้งได้ดี จึงนิยมปลูกกันอยู่ทั่วไปในทุกภาคของประเทศไทย (ไพโรจน์ ผลประสิทธิ์, 2541)

2.1.1 พันธุ์ฝรั่ง (สรัสวดี เผือกสกนธ์, 2531)

การแบ่งประเภทฝรั่ง โดยถือตามถิ่นกำเนิด สามารถแบ่งได้ 4 พันธุ์ ดังนี้

2.1.1.1 ฝรั่งพันธุ์พื้นเมือง ได้แก่ พันธุ์ขี้นก ผลมีขนาดเล็กมาก รูปร่างมีทั้งกลมและรูปไข่ป้องปลาย ผิวเรียบ เนื้อบางและมีสีชมพู รสหวานอมเปรี้ยวหรือรสฝาดปน เมล็ดมีจำนวนมาก ลำต้นแข็งแรงทนทานต่อสภาพแวดล้อมได้ดี ไม่ต้องดูแลรักษามาก แต่ไม่เป็นที่นิยมปลูกเพราะเนื้อน้อย

2.1.1.2 ฝรั่งพันธุ์จีน ได้แก่ พันธุ์บางเสาธงหรือพันธุ์หลวงทองสื่อ ผลมีขนาดกลางค่อนข้างใหญ่ มีน้ำหนักผลละ 350 ถึง 450 กรัม รูปร่างเป็นรูปไข่ค่อนข้างยาว ผิวขรุขระแต่เป็นมัน

และมีสีเขียวเข้ม เมื่อผลสุกมีสีนวล เนื้อชั้นกลางสีขาว เนื้อหนาปานกลาง รสหวานอมเปรี้ยว มีเมล็ดมาก กลิ่นแรง ให้ผลดก ลำต้นแข็งแรง สามารถทนทานต่อสภาพน้ำท่วมขังได้ดีมาก เคยนิยมปลูกตามท้องนาในภาคกลางของประเทศไทย

2.1.1.3 ฝรั่งพันธุ์อินเดีย มีถิ่นเดิมอยู่ในประเทศอินเดีย นำเข้ามาในประเทศไทยเมื่อประมาณ พ.ศ 2490 แบ่งออกเป็น 2 พันธุ์ คือ พันธุ์มีเมล็ดและไม่มีเมล็ด

- พันธุ์มีเมล็ด ได้แก่ พันธุ์อาลาฮาบัด และพันธุ์ลัคเนาว์เบอร์ 16 มีผลกลมขนาดใหญ่ เนื้อหนาและกรอบ มีรสหวานอมเปรี้ยว

- พันธุ์ไม่มีเมล็ด ได้แก่ พันธุ์อีแห้ว มีผลกลมขนาดกลางหรือใหญ่ ผิวค่อนข้างขรุขระ เนื้อหนามากและกรอบ มีรสหวาน ไม่มีเมล็ด หรือมีเพียง 4 ถึง 5 เมล็ด ลำต้นแข็งแรง แต่ให้ผลไม่ดก

2.1.1.4 ฝรั่งพันธุ์เวียดนาม มีถิ่นเดิมอยู่ในประเทศเวียดนาม นำเข้ามาในประเทศไทยเมื่อประมาณ พ.ศ 2517 แบ่งออกได้หลายพันธุ์ตามรูปร่างลักษณะของผลที่กลายพันธุ์ออกไป ได้แก่

- กลมสาลี่ มีผลกลม ขนาดใหญ่ ผิวสีเขียวอ่อน เนื้อหนา แน่นและกรอบ รสหวานอมเปรี้ยวเล็กน้อย

- ยาวเศวต (ศรีวิชัยหนึ่ง) มีผลขนาดใหญ่มาก เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 15 เซนติเมตร รูปร่างยาว รสหวาน ผิวสีเขียวอ่อนเกือบขาว

- กลมทูลเกล้า (ศรีวิชัยสอง) ลักษณะเหมือนพันธุ์ยาวเศวต แต่ผลมีรูปร่างกลมมากกว่า รสชาติเหมือนพันธุ์ยาวเศวต

- บางกอกแอปเปิล เป็นฝรั่งลูกผสมระหว่างพันธุ์กลมสาลี่กับพันธุ์อีแห้ว มีลักษณะของพันธุ์กลมสาลี่คือมีผลขนาดใหญ่ ผิวสีเขียวอ่อน เนื้อหนา แน่น กรอบ รสหวานอมเปรี้ยวเล็กน้อย และมีลักษณะของพันธุ์อีแห้วคือไม่มีเมล็ดทำให้ผลสุกช้า เมื่อสุกแล้วเนื้อไม่เละ

ฝรั่งที่ปลูกในประเทศไทยมีหลายพันธุ์แต่ที่นิยมปลูกมากได้แก่ ฝรั่งพันธุ์เวียดนาม เนื่องจากมีผลใหญ่และดก รสอร่อย เช่น พันธุ์กลมสาลี่ ทูลเกล้า นอกจากนี้ยังมีพันธุ์พื้นเมืองต่างๆ เช่น พันธุ์อินเดีย พันธุ์จีน เป็นต้น

2.1.2 องค์ประกอบของฝรั่ง

องค์ประกอบหลักที่พบในฝรั่งคือ คาร์โบไฮเดรตประมาณร้อยละ 6-11 ของน้ำหนักผลสด ซึ่งประกอบด้วยน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวเป็นส่วนใหญ่ ฝรั่งเป็นผลไม้ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยเฉพาะวิตามินซีและวิตามินเอ ตารางที่ 2.1 และ 2.2 แสดงองค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนาการของฝรั่ง

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบทางเคมีของฝรั่ง

องค์ประกอบ	ปริมาณ
ความชื้น (%)	77.9-86.9
เถ้า (%)	0.51-1.02
ไขมัน (%)	0.10-0.70
โปรตีน (%)	0.82-1.45
เส้นใย (%)	2.0-7.2
น้ำตาล	
น้ำตาลรีดิวซ์ (%)	2.1-6.1
น้ำตาลนอนรีดิวซ์ (%)	1.0-4.5
ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°Brix)	8.0-12.4
กรดในรูปกรดซิตริก (%)	0.08-2.20
ค่าความเป็นกรดด่าง	4.1-5.4

ที่มา: ดัดแปลงจาก Adsule และ Kadam (1995)

ตารางที่ 2.2 คุณค่าทางโภชนาการของฝรั่ง

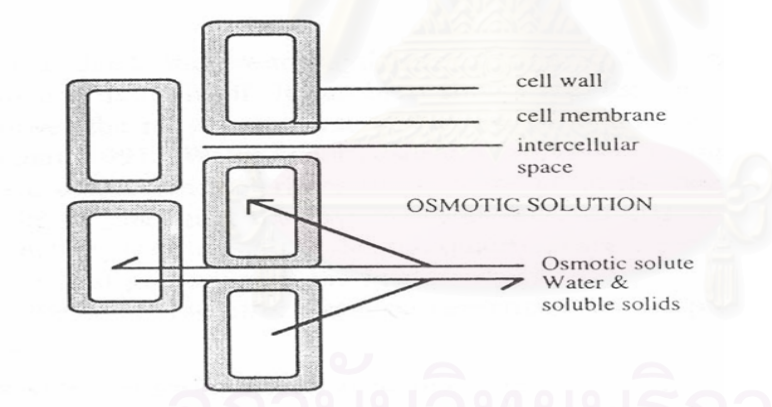
คุณค่าทางโภชนาการ (ต่อ 100 กรัมที่รับประทานได้)	ปริมาณ
พลังงาน(กิโลแคลอรี)	51.0
โปรตีน (กรัม)	0.8
ไขมัน (กรัม)	0.6
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	11.9
เส้นใย (กรัม)	5.4
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	20.0
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม)	25.0
เหล็ก (มิลลิกรัม)	0.2
วิตามินเอ (IU)	792.0
ไทอะมิน (มิลลิกรัม)	0.05
ไรโบฟลาวิน (มิลลิกรัม)	0.05
วิตามินซี (มิลลิกรัม)	183.5

ที่มา : ดัดแปลงจาก USDA National Nutrient Database for Standard Reference (2002)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2 การทำแห้งผลไม้ด้วยวิธีออสโมซิส

การทำแห้งผลไม้ด้วยวิธีออสโมซิส (osmotic dehydration) คือกระบวนการแยกน้ำบางส่วนออกจากผลไม้โดยอาศัยการสัมผัสกันโดยตรงระหว่างผลไม้กับสารละลายออสโมติก เช่น สารละลายความเข้มข้นสูงของน้ำตาล ทำให้เกิดความแตกต่างของแรงดันออสโมติก (osmotic pressure) ระหว่างน้ำภายในเซลล์ผลไม้กับสารละลายภายนอกเกิดเป็นแรงขับ (driving force) ทำให้มีการถ่ายเทมวลสารที่เป็นการเคลื่อนที่แบบสวนทางกันผ่านเยื่อเลือกผ่าน การถ่ายเทมวลสารที่เกิดขึ้นแบ่งได้เป็น 3 ประเภทคือ ประเภทแรก น้ำภายในเซลล์ผลไม้จะไหลออกไปยังสารละลายภายนอก ประเภทที่สอง ตัวถูกละลายภายนอก (solutes) จะเกิดการแพร่เข้าไปสู่เซลล์ผลไม้ ประเภทที่สาม ตัวถูกละลายที่มีอยู่ในเซลล์ผลไม้ เช่น น้ำตาล กรดอินทรีย์ เกลือแร่ และวิตามิน จะแพร่ออกจากเซลล์ผลไม้มายังสารละลายภายนอก ดังแสดงในรูปที่ 2.1 ซึ่งภายหลังกระบวนการออสโมซิสแล้วสามารถลดปริมาณความชื้นของผลไม้ลงได้ 40-70 กรัมต่อ 100 กรัมของน้ำหนักผลไม้สด และมีการรับตัวถูกละลายจากภายนอก (solutes) เข้ามาในผลไม้ 5-25 กรัมต่อ 100 กรัมของน้ำหนักผลไม้สด (Raoult-Wack, 1994) ภายหลังการออสโมซิสแล้วจะนำผลไม้ผ่านการทำให้แห้งโดยใช้ลมร้อนจนได้ปริมาณความชื้นที่เหมาะสม



รูปที่ 2.1 การถ่ายเทมวลสารระหว่างเนื้อเยื่อผลไม้กับสารละลายออสโมติก
ที่มา: Lazarides (2001)

ข้อดีของการทำแห้งผลไม้ด้วยวิธีออสโมซิสเมื่อเทียบกับการอบแห้งธรรมดามีหลายประการดังนี้ ประการแรก สามารถลดการสูญเสียและการถูกทำลายด้านกลิ่นรสและคุณค่าทางโภชนาการของผลไม้ เนื่องจากใช้ความร้อนในการอบแห้งที่อุณหภูมิไม่สูงจนเกินไปและผลไม้สัมผัสกับอุณหภูมิสูงเป็นเวลาไม่นาน ประการที่สอง ช่วยรักษาลักษณะเนื้อสัมผัสของผลไม้เนื่องจากไม่มีการเปลี่ยนสถานะของน้ำเมื่อถูกขับออกจากเซลล์ผลไม้ในระหว่างการออสโมซิส

ประการที่สาม ช่วยป้องกันการเปลี่ยนแปลงสีอันเนื่องมาจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลโดยใช้เอนไซม์ เนื่องจากในระหว่างกระบวนการผลิตจะแช่ผลไม้ในสารละลายออสโมติกไม่ให้สัมผัสกับอากาศมากนัก และประการสุดท้าย ช่วยประหยัดพลังงานเพราะอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งอยู่ในช่วงไม่สูงมากนัก เนื่องจากมีการลดความชื้นบางส่วนของผลไม้ออกไปในช่วงออสโมซิสแล้ว ดังนั้นผลไม้ที่ทำแห้งด้วยวิธีนี้จึงยังคงรักษากลิ่นรส และสีตามธรรมชาติไว้ได้ดีกว่าเมื่อเทียบกับการอบแห้งธรรมดา (Lerici, Mastrocola and Nicoli, 1988; Lazarides, 2001)

ขั้นตอนการผลิตผลไม้อบแห้งโดยวิธีออสโมซิสสามารถแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

2.2.1 การเตรียมและการจัดการกับวัตถุดิบ

การเตรียมวัตถุดิบได้แก่ การล้างทำความสะอาด ปอกเปลือก และหั่นเป็นชิ้น โดยขนาดและรูปร่างของชิ้นผลไม้ขึ้นอยู่กับความต้องการของตลาดซึ่งมีหลากหลายรูปแบบ เช่น ชิ้นตามยาว ชิ้นตามขวาง ชิ้นแบบวงแหวน หรือชิ้นสี่เหลี่ยมแบบลูกเต๋า เป็นต้น

การจัดการกับวัตถุดิบก่อนนำไปผ่านกระบวนการออสโมซิส หรือที่เรียกว่าการทำ pretreatment ได้แก่ การใช้สารเคมี และการใช้ความร้อน หลังการตัดแต่งผลไม้ก่อนเข้าสู่ขั้นตอนการออสโมซิส ซึ่งจุดประสงค์ของการทำ pretreatment เพื่อชะลอการเปลี่ยนแปลงที่อาจเกิดขึ้นในระหว่างขั้นตอนการผลิต เช่น การเกิดสีน้ำตาลขึ้นในผลิตภัณฑ์ และปรับปรุงกระบวนการทำแห้ง

2.2.2 กระบวนการออสโมซิส

การแช่ชิ้นผลไม้ในสารละลายออสโมติกเป็นขั้นตอนการลดความชื้นบางส่วนออกจากเนื้อเยื่อผลไม้ก่อนที่จะนำไปอบแห้งต่อไป ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการออสโมซิสของชิ้นผลไม้ได้แก่ รูปร่างและขนาดของผลไม้ ชนิดและความเข้มข้นของสารละลายออสโมติก อัตราส่วนระหว่างสารละลายออสโมติกกับผลไม้ และอุณหภูมิ เป็นต้น

2.2.3 การทำแห้ง

การทำแห้ง (drying) คือการลดความชื้นของอาหารจนถึงระดับที่สามารถระงับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ซึ่งเป็นสาเหตุของการเน่าเสียได้ โดยมีค่า water activity (a_w) ต่ำกว่า 0.65 ทำให้เก็บอาหารไว้ได้นาน การทำแห้งเป็นวิธีถนอมอาหารแบบหนึ่งที่นิยมใช้ในการเก็บรักษาผลไม้ อาหารแห้งแต่ละชนิดมีความชื้นในระดับที่ปลอดภัยแตกต่างกัน โดยผลไม้อบแห้งเก็บได้ที่ความชื้นในช่วงประมาณร้อยละ15-20 กระบวนการนี้นอกจากจะช่วยให้สามารถเก็บอาหารไว้ได้นานขึ้นโดยไม่ต้องใช้อุณหภูมิต่ำแล้ว ยังช่วยลดค่าใช้จ่ายของการบรรจุหีบห่อ การเก็บรักษาและการขนส่งให้น้อยลง เนื่องจากการทำแห้งนั้นสามารถลดน้ำหนักและปริมาตรของอาหารได้

2.3 การเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ผลไม้แช่อิ่มอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษา

ในระหว่างการเก็บรักษา ผลไม้แช่อิ่มอบแห้งอาจสัมผัสกับภาวะแวดล้อมต่างๆ ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ออกซิเจน และแสง ซึ่งมีผลกระตุ้นการเกิดปฏิกิริยาต่าง ๆ ทำให้อาหารมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นทั้งทางด้านเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ ส่งผลให้อาหารเสื่อมคุณภาพด้านสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และคุณค่าทางโภชนาการ (Singh, 2000)

2.3.1 การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ

ผลิตภัณฑ์ผลไม้อบแห้งมักมีสีเข้มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา สาเหตุอาจเกิดจากอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาสูงเกินไป การเปลี่ยนแปลงทางด้านสีจัดเป็นปัญหาสำคัญที่ส่งผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค เนื่องจากสีเป็นลักษณะปรากฏภายนอกที่มองเห็นได้ชัดเจน

Forni และคณะ (1997) ศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์เอพริคอทแช่อิ่มอบแห้ง โดยนำเอพริคอทที่ผ่านการแช่อิ่มด้วยสารละลายซูโครสความเข้มข้น 65% มาอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 °ซ.จนกระทั่งผลิตภัณฑ์มีค่า a_w เท่ากับ 0.86 นำมาเก็บในถุงพลาสติก ควบคุมอุณหภูมิที่ -20 °ซ. นาน 0 และ 8 เดือน แล้วนำมาวัดค่าสีด้วยระบบ Hunter พบว่าเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น ค่าความสว่างมีแนวโน้มลดลง โดยค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 0 และ 8 เดือนมีค่าเท่ากับ 41 และ 36 ตามลำดับ

2.3.2 การเปลี่ยนแปลงทางเคมี

ในผลิตภัณฑ์ผลไม้อบแห้ง การเกิดสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาแบบที่ไม่อาศัยเอนไซม์มักเกิดในช่วงการอบแห้งและการเก็บรักษา โดยปฏิกิริยาเมลลาร์ดเป็นปฏิกิริยาที่เกิดมากที่สุดเนื่องจากผลไม้อบแห้งส่วนใหญ่มีค่า a_w ประมาณ 0.6-0.7 ซึ่งเป็นช่วงที่สามารถเกิดโดยปฏิกิริยานี้ได้ดี ปฏิกิริยาเมลลาร์ดจัดเป็นปฏิกิริยาสำคัญที่ส่งผลต่ออายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ผลไม้อบแห้ง โดยส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาลคล้ำซึ่งไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และก่อให้เกิดการสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการ

Silveira, Rahman และ Buckle (1996) ศึกษาผลของระยะเวลาในการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงสีและการเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์สับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง โดยนำสับปะรดแช่อิ่มที่ผ่านการอบแห้งจนมีความชื้นสุดท้ายเท่ากับ 26% มาเก็บในถุง polypropylene ควบคุมอุณหภูมิที่ 25 °ซ. นาน 0 2 และ 4 เดือน แล้วนำมาวัดค่าสีด้วยระบบ Hunter และค่าการเกิดสีน้ำตาล

ตามวิธี Lead-alcohol precipitation โดยวัดจากค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 nm. ผลทางด้านสี พบว่าเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น ค่าความสว่างและค่าสีเหลืองมีแนวโน้มลดลง ส่วนค่าสีแดงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยค่าสีของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 0 2 และ 4 เดือน มีค่าดังนี้ ค่าความสว่าง มีค่า 48.31 46.27 และ 44.51 ค่าสีแดงมีค่า 0.68 2.41 และ 4.33 ค่าสีเหลืองมีค่า 24.76 22.99 และ 17.34 ตามลำดับ ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับการเกิดสีน้ำตาลโดยวัดจากค่าการดูดกลืนแสง พบว่าเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น การเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์จะเพิ่มขึ้น ค่าการดูดกลืนแสงของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 0 2 และ 4 เดือนมีค่าดังนี้คือ 0.008 0.012 และ 0.014 ตามลำดับ

2.3.3 การเปลี่ยนแปลงทางจุลินทรีย์

จุลินทรีย์เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้อาหารเสื่อมคุณภาพและเน่าเสีย ดังนั้นในการเก็บรักษาผลไม้แช่อิ่มอบแห้งจึงจำเป็นต้องควบคุมค่า a_w และปริมาณความชื้นให้ต่ำ เพื่อป้องกันการเน่าเสีย ในกรณีที่ความชื้นของผลิตภัณฑ์หลังจากการอบแห้งไม่ต่ำพอ หรือการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในภาชนะบรรจุที่ไม่เหมาะสม เช่นไม่สามารถกันความชื้นได้ ผลิตภัณฑ์จะดูดความชื้นจากอากาศทำให้มีความชื้นเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์โดยเฉพาะเชื้อรา ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ผลไม้อบแห้งมีอายุการเก็บรักษาสั้นลง

2.4 การใช้สารประกอบในการยับยั้งการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ผลไม้อบแห้ง

2.4.1 สารประกอบซัลไฟต์ (Sulfiting agent)

สารประกอบซัลไฟต์ หมายถึง สารประกอบที่มีสมบัติในการปลดปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โดยสารประกอบซัลไฟต์ที่ได้รับอนุญาตให้ใช้ในอาหารมี 6 ชนิดได้แก่ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) โซเดียมซัลไฟต์ (Na_2SO_3) โซเดียมไบซัลไฟต์ ($NaHSO_3$) โพแทสเซียมไบซัลไฟต์ ($KHSO_3$) โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ($Na_2S_2O_5$) และโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ ($K_2S_2O_5$) (Modderman, 1985; Fazio and Warner, 1990) ซึ่งการเลือกใช้สารประกอบซัลไฟต์ในรูปของก๊าซ เกลือซัลไฟต์ ไบซัลไฟต์ หรือเมตาไบซัลไฟต์ ชนิดใดขึ้นอยู่กับความเหมาะสมในการใช้งาน

ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เป็นสารที่มีประสิทธิภาพสูงในการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล จึงนิยมใช้กันทั่วไป แต่มีการใช้ในปริมาณที่จำกัดเพราะมีผลเสียต่อสุขภาพเมื่อใช้ในปริมาณสูง โดย FDA ได้กำหนดปริมาณสารตกค้างของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในผลไม้อบแห้งไว้สูงสุดที่ 2000 ppm. (FDA, 1988) สารประกอบซัลไฟต์ที่อยู่ในรูปของโซเดียมซัลไฟต์ โซเดียมและโปแตสเซียมไบซัลไฟต์ และเมตาไบซัลไฟต์มีผลในการป้องกันปฏิกิริยาสีน้ำตาลทั้งแบบที่อาศัยเอนไซม์และแบบไม่อาศัย

เอนไซม์ นอกจากนี้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ยังป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ ช่วยในการฟอกสี และเป็น antioxidant (Sapers, 1993)

บทบาทของสารประกอบซัลไฟต์ทางด้านต่าง ๆ ในผลิตภัณฑ์ผลไม้อบแห้ง

2.4.1.1 บทบาททางด้านสี

สารประกอบซัลไฟต์ สามารถป้องกันการเกิดสีน้ำตาลได้ทั้งแบบที่อาศัยเอนไซม์และแบบที่ไม่อาศัยเอนไซม์

การป้องกันการเกิดสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาชนิดที่อาศัยเอนไซม์ สารประกอบซัลไฟต์ทำหน้าที่ 3 อย่างคือ หน้าที่แรกยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ PPO โดยไปเปลี่ยนแปลงโครงสร้างระดับตติยภูมิ (tertiary structure) ของเอนไซม์ PPO หน้าที่ที่สอง สร้างพันธะโควาเลนท์โดยจับกับสาร intermediate (enzymatically produced *o*-quinone) เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนขึ้น ทำให้สาร intermediate ไม่สามารถเกิดปฏิกิริยาต่อเนื่องไปเป็นสารสีน้ำตาลได้ และหน้าที่สุดท้าย เป็นสาร antioxidant ซึ่งสามารถรีดิวซ์เปลี่ยนสารออร์โธควิโนนให้กลับไปเป็นสับสเตรทได้ (Sayavedra-Soto and Montgomery, 1986; Sapers, 1993)

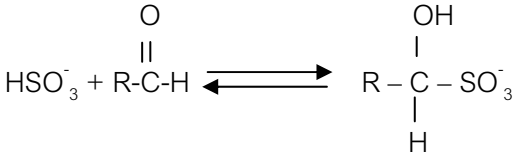
การป้องกันการเกิดสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาชนิดที่ไม่อาศัยเอนไซม์ สารประกอบซัลไฟต์เมื่อละลายน้ำจะมีสมดุลระหว่าง species ต่าง ๆ (ดังสมการ) ซึ่งขึ้นกับ pH โดยพบว่าที่ระดับ pH มากกว่า 7 ขึ้นไป การแตกตัวของสารประกอบซัลไฟต์จะมีแต่อิออนของซัลไฟต์ ($SO_3^{=}$) ในระดับที่ pH ต่ำกว่า 4 ลงมา การแตกตัวจะมีไบซัลไฟต์อิออน (HSO_3^-) และกรดซัลฟูรัสที่ไม่แตกตัว (H_2SO_3) ซึ่งภาวะที่สารประกอบซัลไฟต์มีประสิทธิภาพสูงสุดในการป้องกันการเกิดสีน้ำตาลคือระดับที่ pH ต่ำกว่า 4 การแตกตัวของสารประกอบซัลไฟต์ ตามสมการดังนี้

$$SO_2 + H_2O \rightleftharpoons [H_2SO_3]$$

$$[H_2SO_3] \rightleftharpoons HSO_3^- + H^+$$

$$HSO_3^- \rightleftharpoons SO_3^{=} + H^+$$

การขัดขวางมิให้เกิดสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด จากการที่สารประกอบซัลไฟต์ไปทำปฏิกิริยากับกลุ่มอัลดีไฮด์ของน้ำตาลรีดิวซ์ ดังนั้นจึงไม่มีหมู่อัลดีไฮด์อิสระไปรวมกลุ่มกับกรดอะมิโนหรือโปรตีนได้ ดังสมการ



จากสมการ ไบซัลไฟต์อิออน (HSO^-_3) จะเข้าทำปฏิกิริยากับหมู่อัลดีไฮด์เกิดเป็น hydroxysulfonate ซึ่งเป็นสารที่อยู่ในรูปคงตัว (stable sulfonate) ไม่สามารถเกิดปฏิกิริยากับหมู่อะมิโนต่อไปได้ จึงสามารถป้องกันปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลได้ (Ough, 1983)

Baloch, Buckle และ Edwards (1973) ศึกษาผลของโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ต่อการเกิดสีน้ำตาลในแครอทอบแห้ง โดยนำชิ้นแครอทมาแช่ในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้น 0.2% เป็นเวลา 1 นาที เปรียบเทียบกับการแช่ในน้ำกลั่น (control) หลังจากนั้นนำไปอบแห้ง แล้วหาค่าการเกิดสีน้ำตาล ตามวิธี Lead-alcohol precipitation โดยวัดจากค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 nm. พบว่าค่าการดูดกลืนแสงของชิ้นแครอทอบแห้งที่แช่ในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และแช่ในน้ำกลั่นมีค่า 0.025 และ 0.033 ตามลำดับ และเมื่อเก็บแครอทอบแห้งไว้นาน 20 วัน พบว่าสีน้ำตาลในชิ้นแครอทอบแห้งที่แช่ในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ และแช่ในน้ำกลั่นมีค่า 0.027 และ 0.068 ตามลำดับ ดังนั้นการใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์สามารถใช้ป้องกันการเกิดสีน้ำตาลในแครอทอบแห้งทั้งในระหว่างกระบวนการผลิตและเก็บรักษาได้

2.4.1.2 บทบาททางด้านจุลินทรีย์

สารประกอบซัลไฟต์สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา แบคทีเรีย และยีสต์ได้ แต่ประสิทธิภาพจะแตกต่างกันไปขึ้นกับปัจจัยที่เกี่ยวข้อง โดยปัจจัยที่สำคัญคือ pH ซึ่งพบว่าประสิทธิภาพของสารประกอบซัลไฟต์จะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อ pH น้อยกว่า 4 เนื่องจากสารประกอบซัลไฟต์จะทำปฏิกิริยากับน้ำเกิดเป็นกรดซัลฟูรัส และแตกตัวเป็นอิออนต่างๆ ซึ่งมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ โดยที่ระดับ pH น้อยกว่า 4 จะมีปริมาณของกรดซัลฟูรัสที่ไม่แตกตัวและไบซัลไฟต์อิออนอยู่มาก โดยกรดซัลฟูรัสสามารถซึมผ่านผนังเซลล์ของจุลินทรีย์เข้าไปรบกวนการทำงานของเซลล์ได้ นอกจากนี้ไบซัลไฟต์อิออนก็สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ได้เช่นกัน โดยไบซัลไฟต์อิออนจะเข้าไปรวมตัวกับสาร nicotinamide adenine dinucleotide (NAD^+) เกิดเป็นสารประกอบที่อยู่ในรูปคงตัวไม่สามารถเกิดปฏิกิริยาต่อไปได้ ทำให้กิจกรรมทางชีวเคมีของจุลินทรีย์ถูกยับยั้งลง จึงสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ได้ (Ough, 1983)

DiPersio, Kendall และ Sofos (2004) ศึกษาผลของโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์พีชอบแห้ง โดยนำจุลินทรีย์สายพันธุ์ *Listeria monocytogenes* ปริมาณ 7.8 log cfu/g มาเพาะลงบนบริเวณผิวของพีชที่หั่นเป็นแผ่นบางหนาประมาณ 0.6 ซม.ทิ้งไว้ 15 นาทีที่อุณหภูมิห้อง หลังจากนั้นนำมาแช่ในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้น 4% นาน 10 นาที เทียบกับตัวอย่างควบคุมที่ไม่ผ่านการแช่ในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ หลังจากนั้นนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 °ซ. นาน 6 ชั่วโมง แล้วเก็บไว้ในถุงพลาสติกที่ปลอดเชื้อเป็นระยะเวลา 7 วัน ควบคุมอุณหภูมิที่ 25 °ซ. ความชื้นสัมพัทธ์

30% เมื่อนำผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ภาวะมาตรวจนับปริมาณเชื้อจุลินทรีย์สายพันธุ์ *Listeria monocytogenes* พบว่าการแช่พืชในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ก่อนนำไปอบแห้งนั้นสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม โดยปริมาณจุลินทรีย์สายพันธุ์ *Listeria monocytogenes* ที่พบในผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการแช่ในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และตัวอย่างควบคุม เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานาน 7 วัน มีค่า 2.14 และ 3.80 log cfu/g ตามลำดับ

2.4.2 น้ำผึ้ง

น้ำผึ้ง เป็นของเหลวรสหวานซึ่งผลิตจากน้ำหวานของดอกไม้ หรือจากส่วนใดส่วนหนึ่งของต้นไม้แล้วมาเก็บสะสมไว้ในรังผึ้ง โดยผ่านขั้นตอนการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและกายภาพบางประการ ทำให้น้ำผึ้งมีกลิ่นรสเฉพาะตัว มีสีตั้งแต่สีขาว สีเหลืองทองไปจนถึงสีน้ำตาลเข้ม ซึ่งแตกต่างกันตามแหล่งหรือชนิดของพืช (The National Honey Board, 2004)

น้ำผึ้ง เป็นสารที่ให้ความหวานตามธรรมชาติ ประกอบด้วยสารอาหารต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน วิตามิน และแร่ธาตุต่าง ๆ โดยองค์ประกอบหลักที่พบในน้ำผึ้งคือ คาร์โบไฮเดรตประเภทน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว โดยเฉพาะฟรุคโตสและกลูโคส น้ำเป็นองค์ประกอบที่พบรองลงมา ส่วนองค์ประกอบอื่นเช่น กรดอินทรีย์ วิตามิน แร่ธาตุ และโปรตีน พบในปริมาณน้อย (Belitz and Grosch, 1999) ตารางที่ 2.3 และ 2.4 แสดงองค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนาการของน้ำผึ้ง

ตารางที่ 2.3 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำผึ้ง

องค์ประกอบ	ปริมาณ
ความชื้น (%)	17.20
เถ้า (%)	0.15
โปรตีน (mg/100g)	168.60
ฟรุคโตส (%)	38.38
กลูโคส (%)	30.31
ซูโครส (%)	1.31
น้ำตาลรีดิวซ์ (%)	76.75
กรดทั้งหมด (meq[1]/kg)	29.12
ค่าความเป็นกรดด่าง (pH)	3.91

[1]meq คือ milliequivalent

ที่มา : The National Honey Board (2004)

ตารางที่ 2.4 คุณค่าทางโภชนาการในน้ำผึ้ง

คุณค่าทางโภชนาการ (ต่อปริมาณ 100 กรัมของน้ำผึ้ง)	ปริมาณ
พลังงาน (กิโลแคลอรี)	304
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	82.4
โปรตีน (กรัม)	0.3
ไขมัน (กรัม)	0.0
เส้นใย (กรัม)	0.2
ไรโบฟลาวิน (มิลลิกรัม)	0.04
ไนอะซิน (มิลลิกรัม)	0.12
วิตามินซี (มิลลิกรัม)	0.50
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	6.0
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม)	4.0
โซเดียม (มิลลิกรัม)	4.0
โพแทสเซียม (มิลลิกรัม)	52.0
เหล็ก (มิลลิกรัม)	0.42

ที่มา: The National Honey Broad (2004)

บทบาทของน้ำผึ้งทางด้านต่างๆ ในผลิตภัณฑ์ผลไม้อบแห้ง

2.4.2.1 บทบาททางด้านสี

น้ำผึ้งมีองค์ประกอบของกรดฟีนอลิค ฟลาโวนอยด์ กรดแอสคอร์บิก กรดอินทรีย์ กรดอะมิโน และเอนไซม์ ได้แก่ glucose oxidase, catalase และ peroxidase ซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้มีสมบัติเป็นสาร antioxidant สามารถป้องกันการเสื่อมคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันเช่น ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลในผักและผลไม้ โดยปริมาณและชนิดของสาร antioxidant ที่มีอยู่ในน้ำผึ้งจะแตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแหล่งที่มาของน้ำผึ้ง (Gheldof et al., 2002)

Oszmianski และ Lee (1990) ศึกษาผลของการใช้น้ำผึ้งเป็นสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในชิ้นแอปเปิ้ลและน้ำองุ่น โดยส่วนของชิ้นแอปเปิ้ล ได้ทดลองแช่ชิ้นแอปเปิ้ลขนาด 300 กรัมในสารละลายน้ำผึ้ง 10% เปรียบเทียบกับสารละลายซูโครส 8% และน้ำกลั่น ทิ้งไว้นาน 2 ชม. แล้วนำมาวัดค่าการเกิดสีน้ำตาลด้วยระบบ Hunter โดยคำนวณจากการเปลี่ยนแปลงของค่า L (δL) พบว่า ชิ้นแอปเปิ้ลที่แช่ในสารละลายน้ำผึ้งเกิดสีน้ำตาลน้อยกว่าชิ้นแอปเปิ้ลที่แช่ในสารละลายซูโครสและน้ำกลั่น โดยมีค่าการเกิดสีน้ำตาล (δL) เป็น 1.75 3.62 และ 5.75 ตามลำดับ และในส่วนของน้ำองุ่น ได้ทดลองเติมสารละลายน้ำผึ้งเข้มข้น 5% ลงในน้ำองุ่นเปรียบเทียบกับน้ำองุ่นที่ไม่ได้เติมน้ำผึ้ง ทิ้งไว้นาน 1 ชม. เพื่อให้เกิดปฏิกิริยา แล้วนำมาวัดความเข้มข้นของสารโพลีฟีนอลด้วย

วิธี HPLC พบว่าน้ำองุ่นที่มีการเติมสารละลายน้ำผึ้งมีความเข้มข้นของสารโพลีฟีนอลเหลืออยู่มากกว่าน้ำองุ่นที่ไม่มีการเติมน้ำผึ้งถึงสองเท่า โดยมีค่า 12.48 และ 27.09 mg/l ตามลำดับ แสดงว่าการเติมน้ำผึ้งเข้มข้น 5% ลงในน้ำองุ่นสามารถรักษาระดับสารโพลีฟีนอลได้ โดยพบว่า ส่วนของน้ำผึ้งที่ทำหน้าที่ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ PPO คือเปปไทด์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 600 ดาลตัน ซึ่งเปปไทด์นี้จะเข้าไปจับกับทองแดงที่อยู่บริเวณ active site ของเอนไซม์ PPO แล้วเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่เสถียรกับทองแดงขึ้น ทำให้สามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ได้

Martyniuk (1994) ศึกษาสารยับยั้งเอนไซม์ PPO ในน้ำผึ้งโดยทดลองสกัดสาร จากน้ำผึ้งและแยกสารโพลีฟีนอลออกเป็นสองส่วนคือ acidic phenolics และ neutral phenolics แล้วนำมาทดสอบการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลใน model solution ที่มี catechin เป็นสับสเตรท พบว่าทั้งส่วนของ acidic phenolics และ neutral phenolics สามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ได้ โดยมีค่า 99 และ 40% ตามลำดับ หลังจากนั้นได้นำส่วนของ acidic phenolics มาวิเคราะห์พบ coumaric acid และ cinnamic acid ซึ่งสารทั้งสองชนิดนี้สามารถยับยั้งการเกิดออกซิเดชั่นของ catechin ไม่ให้เปลี่ยนไปเป็นสารออร์โธควิโนนได้

McLellan และคณะ(1995) ศึกษาผลของการใช้น้ำผึ้งเป็นสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในลูกเกด โดยแช่องุ่นในสารละลายน้ำผึ้งเข้มข้น 10% และ 20% ภายใต้ความดัน 25 psi. ก่อนนำไปผ่านการทำแห้งโดยตู้อบแห้งแบบลมร้อน เปรียบเทียบกับการใช้สารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลชนิดอื่นหรือวิธีการอื่นดังนี้ คือ การแช่ในสารละลายซัลไฟต์เข้มข้น 0.5% ภายใต้ความดันและไม่ใช้ความดัน การรมด้วยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ การลวกด้วยไอน้ำและการแช่ในสารละลายผสมระหว่างกรดซิตริก แคลเซียมคลอไรด์ และกรดอีริทอร์บิค ภายใต้ความดัน แล้วนำมาวัดค่าสีด้วยระบบ Hunter พบว่า ลูกเกดที่แช่ในสารละลายน้ำผึ้งทั้งสองความเข้มข้น มีค่าความสว่าง (L) และค่าสีเหลือง (b) มากกว่าการใช้วิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แสดงว่า การแช่องุ่นลงในสารละลายน้ำผึ้งก่อนนำไปอบแห้งสามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้

Chen และคณะ (2000) ศึกษาการใช้น้ำผึ้งจากแหล่งที่แตกต่างกันเป็นตัวควบคุมการเกิดสีน้ำตาลแบบอาศัยเอนไซม์ในชิ้นมันฝรั่ง แอปเปิ้ล และแพร์ โดยเปรียบเทียบระหว่างชิ้นมันฝรั่ง แอปเปิ้ล และแพร์ที่เติมและไม่เติมน้ำผึ้งที่มีความเข้มข้นตั้งแต่ 0.5-4% ผสมแล้วนำมาวัดค่า browning index ด้วยวิธี spectrophotometric assay พบว่าชิ้นมันฝรั่ง แอปเปิ้ล และแพร์ที่เติมน้ำผึ้งลงไปเกิดสีน้ำตาลน้อยกว่าชิ้นมันฝรั่ง แอปเปิ้ล และแพร์ที่ไม่เติมน้ำผึ้ง โดยมีค่าการลดลงของ browning index 2.57-12.07 units ซึ่งประสิทธิภาพในการป้องกันการเกิดสีน้ำตาลของน้ำผึ้งจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับแหล่งของน้ำผึ้ง เนื่องจากน้ำผึ้งแต่ละแหล่งมีปริมาณและส่วนประกอบของสารแอนติออกซิแดนท์แตกต่างกัน นอกจากนี้ได้ทำการทดลองเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างน้ำผึ้งความเข้มข้น 1% และสารป้องกันการเกิดสีน้ำตาลที่ใช้ในทางการค้าคือ

เมตาไบซัลไฟต์ และกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้นอย่างละ 0.1% พบว่าน้ำผึ้งมีประสิทธิภาพน้อยกว่า โดยน้ำผึ้ง เมตาไบซัลไฟต์ และกรดแอสคอร์บิกมีค่าการลดลงของ browning index เป็น 2.57-12.07 31.07-39.43 และ 20.27-27.67 units ตามลำดับ แต่เมื่อเติมน้ำผึ้งความเข้มข้น 1% ผสมกับเมตาไบซัลไฟต์ หรือกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 0.1% พบว่าประสิทธิภาพในการป้องกันการเกิดสีน้ำตาลของสารผสมเพิ่มขึ้น โดยมีค่าการลดลงของ browning index เป็น 31.80-44.07 และ 21.02-31.80 units ตามลำดับ

2.4.1.2 บทบาททางด้านเนื้อสัมผัส

น้ำตาลรีดิวซ์เป็นองค์ประกอบหลักที่พบในน้ำผึ้ง ประกอบด้วยฟรุคโตสและกลูโคสเป็นส่วนใหญ่ สมบัติบางประการของน้ำตาลทั้งสองชนิดนี้มีผลต่อเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น สมบัติดูดความชื้น สมบัติควบคุมการเกิดผลึก (Kitts, 2004)

สมบัติดูดความชื้น (hygroscopicity) น้ำตาลรีดิวซ์ในน้ำผึ้งมีความสามารถในการดูดความชื้นได้ดี ด้วยเหตุผลนี้น้ำตาลรีดิวซ์ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีความชุ่มชื้น สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น

สมบัติควบคุมการเกิดผลึก (crystallisation control) การควบคุมการเกิดผลึกในผลิตภัณฑ์ผลไม้อบแห้งถือว่ามีความสำคัญต่อคุณภาพมาก เพราะการเกิดผลึกน้ำตาลส่งผลให้ผลิตภัณฑ์แห้งกรอบและมีเกล็ดน้ำตาลเกาะบริเวณรอบๆ โดยมีลักษณะสีขาวคล้ายเชื้อราซึ่งไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค ดังนั้นการควบคุมการเกิดผลึกจึงช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น

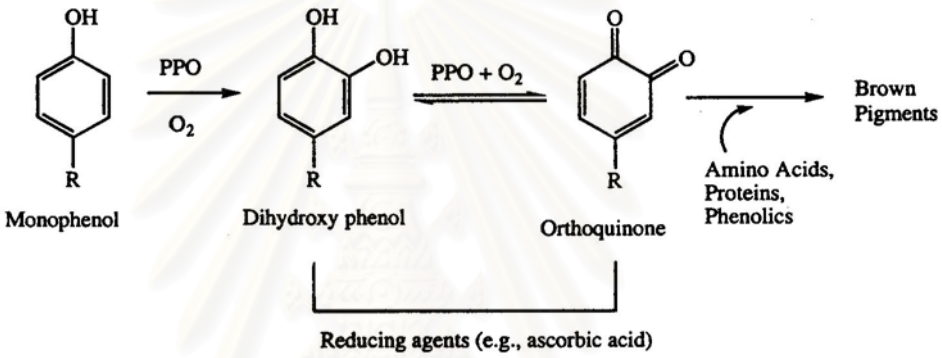
McLellan และคณะ (1995) ศึกษาผลของการใช้น้ำผึ้งในการพัฒนาคุณภาพผลิตภัณฑ์ลูกเกด โดยแช่องุ่นในสารละลายน้ำผึ้งเข้มข้น 10% ก่อนนำไปทำแห้ง เปรียบเทียบกับตัวอย่างลูกเกดทางการค้า แล้วนำมาประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส ด้วยวิธี Friedman rank analysis ใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 18 คน (O' Mahoney, 1986; McLellan et al., 1987) พบว่าผู้ทดสอบร้อยละ 94 ให้การยอมรับลูกเกดที่แช่ในสารละลายน้ำผึ้งมากกว่าลูกเกดทางการค้า โดยผู้ทดสอบให้การยอมรับว่าน้ำผึ้งช่วยส่งเสริมให้ลูกเกดมีกลิ่นรสผลไม้มากขึ้น มีเนื้อสัมผัสที่อ่อนนุ่มและเคี้ยวง่าย

2.4.1.3 บทบาททางด้านจุลินทรีย์

น้ำผึ้งสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ได้ เนื่องจากน้ำผึ้งเป็นสารละลายที่มี a_w และ pH ต่ำคือมีค่า a_w และ pH เท่ากับ 0.5 และ 3.9 ตามลำดับ และมีแรงดันออสโมติกสูง ซึ่งเป็นภาวะที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ รวมทั้งน้ำผึ้งยังมีองค์ประกอบของ hydrogen peroxide ที่เกิดจากการย่อยสลายกลูโคสด้วยเอนไซม์ glucose oxidase ซึ่งเป็นสารที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ จึงช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น (Cardetti, 2004)

2.4.3 กรดแอสคอร์บิก

กรดแอสคอร์บิก ทำหน้าที่เป็นสารรีดิวซ์ (reducing agent) คือจะรีดิวซ์ออร์โธควิโนนให้กลับมาอยู่ในรูปสารประกอบฟีนอลิกตามเดิม ก่อนที่ออร์โธควิโนนจะทำปฏิกิริยาต่อไปจนกลายเป็นสารสีน้ำตาล ดังนั้นจึงช่วยชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้ กลไกการทำงานของกรดแอสคอร์บิกแสดงในรูปที่ 2.2 แต่อย่างไรก็ตามเมื่อกรดแอสคอร์บิกถูกใช้ในการรีดิวซ์หมดแล้ว สารออร์โธควิโนนจะเกิดการสะสมมากขึ้นและเกิดปฏิกิริยาต่อไปจนเกิดเป็นสารสีน้ำตาลในที่สุด ดังนั้นการใช้กรดแอสคอร์บิกควรกำหนดปริมาณให้เหมาะสมและอาจใช้ร่วมกับสารอื่นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ โดยสารที่นิยมใช้ร่วมกับกรดแอสคอร์บิกคือ กรดซิตริก (Miller, 1998 ;Sapers, 1993)



รูปที่ 2.2 กลไกการทำงานของกรดแอสคอร์บิกในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล
ที่มา: Miller (1998)

Langdon (1987) ศึกษาผลของการใช้กรดแอสคอร์บิกร่วมกับกรดซิตริก เปรียบเทียบกับการใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ต่อการเกิดสีน้ำตาลในชิ้นมันฝรั่ง โดยนำชิ้นมันฝรั่งมาแช่ในสารละลายผสมระหว่างกรดแอสคอร์บิกร่วมกับกรดซิตริก ความเข้มข้นอย่างละ 0.5% เป็นเวลา 1 นาที เปรียบเทียบกับการแช่ในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้น 0.1% นาน 1 นาที หลังจากนั้นนำชิ้นมันฝรั่งมาเก็บในถุง polyolefin เป็นเวลา 20 วัน ที่อุณหภูมิ 4°ซ. แล้วนำชิ้นมันฝรั่งที่เก็บไว้มาวัดค่าการเปลี่ยนแปลงของสี (ΔE_{ab}) ด้วยระบบ CIELAB พบว่า ชิ้นมันฝรั่งที่แช่ในสารละลายผสมระหว่างกรดแอสคอร์บิกร่วมกับกรดซิตริก สามารถป้องกันการเกิดสีน้ำตาลในชิ้นมันฝรั่งได้อย่างมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับการใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ โดยค่า ΔE_{ab} ของชิ้นมันฝรั่งที่ผ่านการแช่ในสารละลายผสมระหว่างกรดแอสคอร์บิกร่วมกับกรดซิตริกและชิ้นมันฝรั่งที่ผ่านการแช่ในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์แล้วเก็บรักษาเป็นเวลา 20 วัน มีค่าเท่ากับ 1.4 และ 1.7 ตามลำดับ

2.4.4 กรดซิตริก

กรดซิตริกสามารถป้องกันการเกิดสีน้ำตาลแบบอาศัยเอนไซม์ โดยทำหน้าที่เป็น acidulant มีบทบาทรักษาค่า pH ในระบบให้ต่ำกว่า optimum pH ของเอนไซม์ PPO ทำให้เอนไซม์ทำงานได้ไม่ดี นอกจากนี้กรดซิตริกยังเป็น chelating agent โดยจับกับทองแดงที่อยู่บริเวณ active site ของเอนไซม์ ทำให้สามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ได้ (Sapers, 1993)

ประสงค์ ศิริวงศ์วิไลชาติ และ ลดาพร ต่อศรีสกุล (2540) ศึกษาผลของการใช้กรดซิตริกและโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ต่อการเกิดสีน้ำตาลในฝรั่งแช่อิ่มอบแห้ง พบว่าถ้าใช้สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้น 0 2.5 และ 5.0% ปริมาณ hydroxymethylfurfural (HMF) เกิดขึ้น 6.42 2.55 และ 2.42 ppm ตามลำดับ สาร HMF นี้เกิดจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด แสดงว่าการเกิดสีน้ำตาลลดลงเมื่อใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์เพิ่มขึ้น และถ้าใช้กรดซิตริก 0.5% ร่วมกับสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0 2.5 และ 5.0% จะมีปริมาณ HMF เกิดขึ้น 5.52 2.35 และ 2.25 ppm ตามลำดับ ดังนั้นการใช้กรดซิตริกและโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ร่วมกันสามารถป้องกันการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้ดียิ่งขึ้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีดำเนินงานวิจัย

วัตถุดิบ

ฝรั่งที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการวิจัยคือ ฝรั่งพันธุ์กลมสาลี่ที่อยู่ในระยะแก่เต็มที่ ซื้อจากตลาดสดบางขุนศรี ปากซอยจรัญสนิทวงศ์ 35 กรุงเทพมหานคร (ในช่วงเดือนพฤษภาคม ปี พ.ศ 2547 ถึงมกราคม ปี พ.ศ 2548)

ตัวอย่างทางการค้าฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งจากบริษัท ซีแพค จำกัด บริษัท ทวีผลสามร้อยยอด จำกัด และบริษัท ดอยคำผลิตภัณฑ์อาหาร จำกัด

น้ำผึ้งที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิตคือ น้ำผึ้งตราสวนจิตรลดา การเก็บรักษาน้ำผึ้งที่ใช้ในงานวิจัยจะเก็บรักษาในที่มืด และอุณหภูมิต่ำ (4^{o}ซ.) เพื่อป้องกันการเปลี่ยนแปลงสี โดยตรวจสอบคุณภาพของน้ำผึ้งทางด้านปริมาณความชื้น (A.O.A.C, 1995) รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก.1 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดโดยใช้ Hand refractometer ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (Somogyi, 1952) รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก.2 ค่าความเป็นกรดด่างโดยใช้ pH meter และค่าสีในระบบ CIE L*a*b* ผลการตรวจสอบสมบัติทางเคมีและกายภาพของน้ำผึ้งแสดงดังตารางที่ ค.14

สารเคมี

สำหรับวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี และกายภาพ

Acetic acid	Merck	A.R. grade
Ammonium molybdate	Univar	A.R. grade
Copper sulfate pentahydrate	Univar	A.R. grade
Formaldehyde	Merck	A.R. grade
Hydrochloric acid	Carlo Erba	A.R. grade
Iodine	Univar	A.R. grade
Methylene blue	Merck	A.R. grade
Mercury chloride	Carlo Erba	A.R. grade

Potassium iodine	Merck	A.R. grade
Potassium hydrogen phthalate	Univar	A.R. grade
Potassium sodium tartrate	Univar	A.R. grade
p-Rosaniline hydrochloride	Fluka	A.R. grade
Sodium bisulfite	Himedia	A.R. grade
Sodium chloride	Univar	A.R. grade
Sodium hydroxide	Univar	A.R. grade
Sodium sulphate anhydrous	Carlo Erba	A.R. grade
di-Sodium hydrogen arsenate heptahydrate	Sigma	A.R. grade
di-Sodium hydrogen phosphate anhydrous	Carlo Erba	A.R. grade
Sulfuric acid	Carlo Erba	A.R. grade
Sucrose	Univar	A.R. grade

สำหรับวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา

Plate count agar	Merck	A.R. grade
Potato dextrose agar	Merck	A.R. grade
Tartaric acid	Univar	A.R. grade

สำหรับใช้ในกระบวนการผลิต

น้ำตาลทรายขาว	บริษัทมิตรผล จำกัด
Ascorbic acid	Food grade
Calcium chloride	Food grade
Citric acid	Food grade
Sodium metabisulfite	Food grade

อุปกรณ์

Hand refractometer (รุ่น 2110-w06 บริษัท Atago, Japan)

pH meter (รุ่น F-21 บริษัท Horiba, Japan)

Spectrophotometer (รุ่น Lamda 25 บริษัท Perkin Elmer, USA)

เครื่องวัดสี (รุ่น CR-300 บริษัท Minolta, Japan)

เครื่อง Texture Analyzer (รุ่น TA-XT2, Stable Micro System, Surry, UK)

ตู้อบ 100-110 องศาเซลเซียส (รุ่น 600 บริษัท Memmert, Germany)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตู้อบลมร้อน (รุ่น BZ-17H บริษัท Kobishi, Japan)

Autoclave (รุ่น SS832, Tomy, Japan)

เครื่องวัด a_w (รุ่น Testo 650 บริษัท Testo, GmbH &Co, Germany)

เครื่องชั่งน้ำหนักชนิดหยาบ (รุ่น BP 31003 บริษัท Sartorius, Germany)

เครื่องชั่งน้ำหนักชนิดละเอียด (รุ่น HR-200 บริษัท A&D, Japan)

ขั้นตอนและวิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและกายภาพของฝรั่ง

นำฝรั่งพันธุ์กลมสาลี่ที่อยู่ในระยะแก่เต็มที่มาทำความสะอาด แล้วนำมาตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมีและกายภาพ ดังต่อไปนี้

3.1.1 ปริมาณความชื้น (A.O.A.C, 1995) รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก.1

3.1.2 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total soluble solids) โดยใช้ Hand refractometer

3.1.3 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (Somogyi, 1952) รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก. 2

3.1.4 ค่าความเป็นกรดในรูปกรดซิตริก (titratable acidity) (A.O.A.C, 1990) รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก. 3

3.1.5 เนื้อสัมผัส ใช้เครื่อง Texture analyzer โดยใช้หัว Cylinder probe ขนาด 2 มิลลิเมตร วัดเนื้อสัมผัสโดยใช้แรงเจาะทะลุ หั่นชิ้นฝรั่งตามยาวของผลฝรั่งหนาประมาณ 1 เซนติเมตร วัด 3 ครั้งต่อ 1 ตัวอย่าง ทำการวัด 8 ครั้ง หาค่า peak force (g) จากกราฟซึ่งแรงที่ได้เป็นค่าบ่งบอกถึงความแข็งของเนื้อฝรั่ง รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก. 4

3.1.6 ค่าสี ในระบบ CIE L*a*b* แหล่งกำเนิดแสง D 65 มุมการมอง 10 ^{o}

พิจารณาเพื่อกำหนดเกณฑ์สำหรับคัดเลือกวัตถุดิบมาใช้ในการทดลองแต่ละครั้ง

3.2 ศึกษาการซึมผ่านของซัลเฟอร์ไดออกไซด์เข้าไปในเนื้อฝรั่ง

เลือกฝรั่งที่มีสมบัติตามเกณฑ์ที่พิจารณาคัดเลือกจากข้อ 3.1 มาใช้เป็นวัตถุดิบในการศึกษาผลของระยะเวลาแช่ชิ้นฝรั่งต่อปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ซึมเข้าเนื้อฝรั่ง โดยนำฝรั่งมาล้างทำความสะอาด ผ่าครึ่ง คว้านเมล็ดออก แล้วหั่นเป็นชิ้นตามยาวของผลฝรั่งหนาประมาณ 1 ซม. แช่ชิ้นฝรั่งในสารละลายผสมที่ประกอบด้วยโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้นอย่างละ 0.5%(w/v) กรดซิตริกและแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นอย่างละ 1%(w/v) อัตราส่วนของสารละลายต่อเนื้อฝรั่งเป็น 3:1 (ดัดแปลงจากวิธีการผลิตในโรงงาน) แปรระยะเวลา

แช่ตั้งแต่ 1 ถึง 7 วัน วิเคราะห์ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ซึมเข้าเนื้อฝรั่ง ด้วยวิธี Colorimetric Method (A.O.A.C, 1995) รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก. 5

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test (Cochran and Cox, 1992) เลือกเวลาที่เหมาะสมโดยพิจารณาจากปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ซึมเข้าเนื้อฝรั่ง ปริมาณความชื้นในเนื้อฝรั่ง และพิจารณาร่วมกับปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์หลังการอบแห้งจากการทำ preliminary study

3.3 ศึกษาผลของระยะเวลาแช่และอุณหภูมิในการอบแห้งด้วยลมร้อนที่มีต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้ง

นำฝรั่งจากภาวะที่ดีที่สุด 2 ภาวะ ที่คัดเลือกจากข้อ 3.2 มาล้างน้ำ แล้วนำฝรั่งเข้าสู่กระบวนการผลิตดังรูปที่ 3.1 โดยแปรอุณหภูมิในการอบแห้งเป็น 3 ระดับคือ 55 60 และ 65 ^{o}ซ. อบจนมีความชื้นสุดท้าย 15% จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งที่ได้จากแต่ละภาวะมาประเมินผลโดยตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งดังนี้

3.3.1 ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ โดยใช้เครื่อง texture analyzer ใช้หัววัดแบบ BSK with knife รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก.4

3.3.2 ค่าสีของผลิตภัณฑ์ ระบบ CIE L*a*b* แหล่งกำเนิดแสง D65 มุมการมอง 10^{o}

3.3.3 ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสแบบ Quantitative Descriptive Analysis โดยประเมินคุณภาพด้านสี เนื้อสัมผัส กลิ่นแปลกปลอม และการยอมรับโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบประเภทไม่ฝึกฝนจำนวนทั้งหมด 30 คน ทำการทดลอง 2 ซ้ำ แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสแสดงดังภาคผนวก ง. 1

วางแผนการทดลองแบบ Asymmetric factorial design ขนาด 2x3 ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลในข้อ 3.3.1-3.3.2 ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS วิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยตาราง ANOVA เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test (Cochran and Cox, 1992) และวางแผนการทดลองแบบ Randomized completely block design (RCBD) ในข้อ 3.3.3 วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS วิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยตาราง ANOVA เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test (Cochran and Cox, 1992) แล้วคัดเลือกภาวะการแช่และอุณหภูมิโดยพิจารณาจากผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับตัวอย่างทางการค้า และมีคะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสสูงสุด

ฝรั่ง ล้างทำความสะอาด ผ่าครึ่ง คว้านเมล็ดออก
หั่นเป็นชิ้นตามยาวของผลฝรั่งหนาประมาณ 1 ซม

⇩

แช่ในสารละลายผสม $Na_2S_2O_5$ 0.5% ascorbic acid 0.5% $CaCl_2$ 1%
และ citric acid 1% ตามเวลาที่เลือกได้จากข้อ 3.2
อัตราส่วนสารละลายผสมต่อเนื้อฝรั่งเป็น 3:1

⇩

ล้างน้ำ

⇩

ต้มในน้ำร้อนอุณหภูมิ 80 °ซ.เป็นเวลา 10 นาที อัตราส่วนน้ำต่อเนื้อฝรั่งเป็น 3:1

⇩

แช่ในสารละลายซูโครสความเข้มข้น 35°Brix นาน 4 ชม.
อัตราส่วนสารละลายต่อเนื้อฝรั่งเป็น 5:1 อุณหภูมิเริ่มต้นของน้ำเชื่อม 55°C

⇩

แช่ในสารละลายซูโครสความเข้มข้น 45°Brix นาน 4 ชม.
อัตราส่วนสารละลายต่อเนื้อฝรั่งเป็น 5:1 อุณหภูมิเริ่มต้นของน้ำเชื่อม 55°C

⇩

แช่ในสารละลายซูโครสความเข้มข้น 55°Brix นาน 4 ชม.
อัตราส่วนสารละลายต่อเนื้อฝรั่งเป็น 5:1 อุณหภูมิเริ่มต้นของน้ำเชื่อม 55°C

⇩

สะเด็ดน้ำเชื่อม 10 นาที ก่อนอบ

⇩

แปรอุณหภูมิอบที่ 55 60 และ 65°ซ. อบจนกระทั่งความชื้นสุดท้ายของผลิตภัณฑ์เท่ากับ 15 %

⇩

ทิ้งไว้ให้เย็น แล้วเก็บรักษาในถุง polypropylene

⇩

ตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์

รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการผลิตฝรั่งแช่อิ่มอบแห้ง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.4 ศึกษาผลของน้ำผึ้งและโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้ง

นำฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งที่ผลิตตามภาวะที่เลือกจากข้อ 3.3 มาแปรระดับความเข้มข้นของโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์เป็น 2 ระดับคือ 0.1 และ 0.25% และแปรระดับความเข้มข้นของน้ำผึ้งเป็น 3 ระดับคือ 0, 1 และ 3% ในขั้นตอนการแช่ เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมที่ใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.5% แล้วนำฝรั่งเข้าสู่กระบวนการผลิตโดยอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 °ซ. จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งที่ได้จากแต่ละภาวะมาประเมินผลโดยตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งดังนี้

3.4.1 ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ โดยใช้เครื่อง texture analyzerใช้หัววัดแบบ BSK with knife รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก.4

3.4.2 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (Somogyi, 1952) รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก.2

3.4.3 ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (A.O.A.C, 1995) รายละเอียดแสดงในภาค ผนวก ก.5

3.4.4 การเกิดสีน้ำตาล (Baloch, Buckle and Edwards, 1973) รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก.6

3.4.5 ค่าสีของผลิตภัณฑ์ ระบบ CIE L*a*b* แหล่งกำเนิดแสง D65 มุมการมอง 10° คำนวณหาค่า ΔE^*_{ab} ตามภาคผนวก ก.7

วางแผนการทดลองแบบ Asymmetric factorial design with control ขนาด 2x3 ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลในข้อ 3.4.1-3.4.5 ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS วิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยตาราง ANOVA เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test (Cochran and Cox, 1992) คัดเลือกระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และน้ำผึ้ง โดยพิจารณาจากผลิตภัณฑ์ที่ได้ตามเกณฑ์ในข้อ 3.4.1 -3.4.5

3.5 ศึกษาผลของน้ำผึ้งและโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษา

นำผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการคัดเลือกจากข้อ 3.4 และตัวอย่างควบคุมที่ใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้น 0.5% มาเก็บในถุง polypropylene ขนาด 6×10 ซม. ขนาดบรรจุ 40 กรัมต่อถุง บรรจุในภาวะบรรยากาศปกติ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30°ซ.) สุ่มตัวอย่างมาตรวจสอบคุณภาพทุก 3 สัปดาห์ เป็นระยะเวลา 24 สัปดาห์ โดยตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งดังนี้

3.5.1 ปริมาณความชื้น (A.O.A.C, 1995) รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก.1

3.5.2 ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ โดยใช้เครื่อง texture analyzerใช้หัววัดแบบ BSK with knife รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก.4

3.5.3 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (Somogyi, 1952) รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก.2

3.5.4 ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (A.O.A.C, 1995) รายละเอียดแสดงในภาค ผนวก ก.5

3.5.5 การเกิดสีน้ำตาล (Baloch et al., 1973) รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก.6

3.5.6 ค่าสีของผลิตภัณฑ์ ระบบ CIE L*a*b* แหล่งกำเนิดแสง D 65 มุมการมอง 10° คำนวณหาค่า ΔE^*_{ab} ตามภาคผนวก ก.7

3.5.7 ค่า water activity (a_w) โดยใช้เครื่องวัด a_w ตามภาคผนวก ก.8

3.5.8 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ และรา (Harrigan and McCance, 1976) รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก.9 และ ก.10

3.5.9 ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส แบบ acceptance test โดยประเมินความชอบด้านสี การหดตัวของผลิตภัณฑ์ ลักษณะปรากฏ (การเกิดผลึกน้ำตาล) และการยอมรับโดยรวมต่อลักษณะปรากฏ ใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน แบบทดสอบตามภาคผนวก ง.2

ในข้อ 3.5.1-3.5.8 วางแผนการทดลองแบบ CRD และในข้อ 3.5.9 วางแผนการทดลองแบบ RCBD ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS วิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยตาราง ANOVA เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test (Cochran and Cox, 1992)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและทางกายภาพของฝรั่ง

ในการผลิตฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งจะเลือกใช้ฝรั่งพันธุ์กลมสาลี่ในระยะแก่เต็มที่เป็นวัตถุดิบ โดยมีการตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้นของวัตถุดิบเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความสม่ำเสมอกันทุกครั้ง ซึ่งผลการวิเคราะห์องค์ประกอบ สมบัติทางเคมีและกายภาพของฝรั่งแสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบ สมบัติทางเคมีและสมบัติทางกายภาพของฝรั่ง

	ค่าเฉลี่ย[1]±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ปริมาณความชื้น (%)	86.81±0.26
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (^{o}Brix)	9.1±0.8
ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (g/100g)	2.68±0.03
ค่าความเป็นกรด (% as citric acid)	0.22 ±0.02
ค่าความแข็ง (hardness, g)	593.1±8.0
ค่าสีของเนื้อฝรั่ง	
L*	82.73±0.24
a*	-1.82±0.02
b*	11.50±0.12

[1] ค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

ในงานวิจัยนี้ การคัดเลือกฝรั่งเป็นวัตถุดิบเพื่อให้ตัวอย่างสม่ำเสมอจะพิจารณาจากปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดและค่าความแข็งเพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกวัตถุดิบให้อยู่ในเกณฑ์เดียวกันทุกครั้งที่ทำการทดลอง โดยคัดเลือกฝรั่งที่มีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดอยู่ในช่วง 8-10 บริกซ์ และค่าความแข็งอยู่ในช่วง 585-601 กรัม (ตารางที่ 4.1) เพราะสมบัติดังกล่าวเป็นตัวบ่งชี้ระดับความสุกของฝรั่ง โดยผลฝรั่งที่อยู่ในระยะแก่เต็มที่จะมีค่าในช่วงดังกล่าว ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Mercado-Silva และคณะ (1998) ที่ศึกษาผลของระดับความสุกต่อสมบัติของฝรั่ง โดยใช้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดและค่าความแข็งเป็นเกณฑ์ พบว่าฝรั่งในระยะแก่เต็มที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดอยู่ในช่วง 9-11 บริกซ์ และค่าความแข็งอยู่ในช่วง 580-630 กรัม

4.2 ศึกษาการซึมผ่านของซัลเฟอร์ไดออกไซด์เข้าไปในเนื้อฝรั่ง

นำฝรั่งที่คัดเลือกตามเกณฑ์จากข้อ 4.1 มาหั่นเป็นชิ้นตามยาวของผลฝรั่งหนาประมาณ 1 ซม.แช่ในสารละลายผสมที่ประกอบด้วยโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้นอย่างละ 0.5%(w/v) กรดซิตริกและแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นอย่างละ 1%(w/v) แปรระยะเวลาแช่ตั้งแต่ 1 ถึง 7 วัน วิเคราะห์ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (A.O.A.C, 1995) ตามวิธีการทดลองในข้อ 3.2 และวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (A.O.A.C, 1995) ตามวิธีการทดลองในข้อ 3.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์และปริมาณความชื้นในเนื้อฝรั่งแสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์และปริมาณความชื้นในเนื้อฝรั่งเมื่อแช่ฝรั่งในสารละลายผสมเป็นระยะเวลาต่างๆ

ระยะเวลาแช่ (วัน)	ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ซึมเข้าเนื้อฝรั่ง (ppm)	ปริมาณความชื้น (%)
1	$279.78^{e}\pm9.64$	$93.10^{d}\pm0.12$
2	$300.78^{d}\pm10.71$	$93.31^{cd}\pm0.17$
3	$304.98^{cd}\pm19.92$	$93.43^{bc}\pm0.24$
4	$309.76^{cd}\pm1.77$	$93.65^{b}\pm0.02$
5	$320.51^{c}\pm1.28$	$93.91^{a}\pm0.01$
6	$345.80^{b}\pm1.38$	$94.05^{a}\pm0.03$
7	$410.94^{a}\pm6.18$	$94.13^{a}\pm0.08$

a,b,c... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแต่ละสดมภ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$)

จากผลการทดลอง พบว่าระยะเวลาแช่นานขึ้น ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ซึมเข้าในเนื้อฝรั่งเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) (ตารางที่ ข.1) โดยระยะเวลาแช่ที่ 6 และ 7 วัน มีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ซึมเข้าในเนื้อฝรั่งสูงเมื่อเทียบกับตัวอย่างที่ระยะเวลาอื่น ๆ คือมีค่าอยู่ในช่วง 344-347 และ 404-417 ppm. ตามลำดับ ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับงานวิจัยของ Stafford และ Bolin (1972) ที่ศึกษาการซึมผ่านของปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในชิ้นเอพริคอตโดยแปรระยะเวลาในการแช่ พบว่าเมื่อระยะเวลาในการแช่นานขึ้น ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ซึมเข้าในเนื้อเอพริคอตจะเพิ่มสูงขึ้นเช่นกัน ส่วนผลของปริมาณความชื้น พบว่าระยะเวลาแช่นานขึ้น ปริมาณความชื้นในเนื้อฝรั่งเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) เช่นกัน (ตารางที่ ข.2)

นอกจากนี้พบว่าการแช่ฝรั่งในสารละลายผสมมากกว่า 7 วันจะส่งผลให้ปริมาณความชื้นในฝรั่งเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.2 และตารางที่ ค 1) ซึ่งอาจส่งผลให้ระยะเวลาในการอบแห้งเพิ่มสูงขึ้น และจากการทำ preliminary study โดยนำฝรั่งที่ผ่านการแช่ในสารละลายผสมเป็นระยะเวลา 6 และ 7 วัน ไปผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 55 60 และ 65°ซ. พบว่าฝรั่งที่ผ่านการแช่นาน 6 วัน อบแห้งที่อุณหภูมิ 55 60 และ 65°ซ. มีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์คงเหลือในผลิตภัณฑ์เท่ากับ 33 29 และ 23 ppm. ตามลำดับ ในขณะที่ฝรั่งที่ผ่านการแช่นาน 7 วัน อบแห้งที่อุณหภูมิ 55 60 และ 65°ซ. มีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์คงเหลือในผลิตภัณฑ์เท่ากับ 39 34 และ 30 ppm. ตามลำดับ ซึ่งยังคงใกล้เคียงกับเกณฑ์ที่กำหนดคือ 30 ppm. (ตารางที่ ค 2) ดังนั้นจึงพิจารณาเลือกระยะเวลาแช่ที่ 6 และ 7 วัน เพื่อใช้ในการศึกษาในขั้นตอนต่อไป

4.3 ศึกษาผลของระยะเวลาแช่และอุณหภูมิในการอบแห้งด้วยลมร้อนที่มีต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้ง

นำฝรั่งที่เลือกจากข้อ 4.2 ทั้ง 2 ภาวะเข้าสู่กระบวนการผลิตตามวิธีการทดลองในรูป 3.1 (หน้า 22) โดยแปรอุณหภูมิในการอบแห้งเป็น 3 ระดับ คือ 55 60 และ 65°ซ. อบจนกระทั่งความชื้นสุดท้ายมีค่า 15% แล้วนำผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งที่ได้จากแต่ละภาวะมาประเมินผลโดยตรวจสอบคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัส ค่าสีโดยระบบ CIE L*a*b* และการยอมรับทางประสาทสัมผัส ตามรายละเอียดในข้อ 3.3

4.3.1 ผลของระยะเวลาแช่และอุณหภูมิในการอบแห้งต่อคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัส

การตรวจสอบคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้ง จะใช้เครื่อง texture analyzer หัววัดแบบ BSK with knife เปรียบเทียบกับตัวอย่างทางการค้า 3 ตัวอย่าง การอ่านค่าจากกราฟจะแสดงผลเป็น 3 ค่า คือค่าความแข็ง (hardness, g) ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงแรงที่ใช้ในการตัดตัวอย่างให้ขาด ค่างานที่ใช้ในการตัด (cutting work, g.mm) และค่า adhesiveness (g.mm) ที่เป็นพื้นที่ใต้กราฟส่วนที่เป็นลบ บ่งบอกถึงค่าแรงที่ใช้ในการแยกอาหารออกมาเมื่อผิวอาหารไปเกาะติดกับเพดานปาก ซึ่งจะนำค่าดังกล่าวมาใช้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้ง โดยพิจารณาจากผลิตภัณฑ์ที่มีค่าเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับตัวอย่างทางการค้ามากที่สุด เพราะเป็นค่าเนื้อสัมผัสที่ผู้บริโภคให้การยอมรับ โดยวางแผนการทดลองแบบ asymmetric factorial design ขนาด 2x3 ผลการวัดค่าความแข็ง ค่างานที่ใช้ในการตัด และค่า adhesiveness ของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้ง แสดงดังตารางที่ 4.3 4.4 และ 4.5 ตามลำดับ

ผลการวัดค่าความแข็ง (ตารางที่ 4.3) และการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้ง (ตารางที่ ข 3) พบว่าปัจจัยของระยะเวลาแช่ และอุณหภูมิในการอบแห้ง มีผลต่อค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แต่อิทธิพลร่วมของระยะเวลาแช่และอุณหภูมิในการอบแห้ง ไม่มีผลต่อค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) จากผลการทดลองพบว่าเมื่อระยะเวลาแช่นานขึ้น ค่าความแข็งของฝรั่งเพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากระยะเวลาแช่นานขึ้น ส่งผลให้มีปริมาณแคลเซียมคลอไรด์ที่เติมลงในสารละลายผสมซึมเข้าในเนื้อฝรั่งเพิ่มขึ้น จึงทำให้ค่าความแข็งของฝรั่งเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับรายงานของอาพร ละออกอ (2547) ที่ศึกษาผลของระยะเวลาแช่มะละกอในสารละลายผสมที่มีการเติมแคลเซียมคลอไรด์ต่อลักษณะเนื้อสัมผัส พบว่าระยะเวลาแช่นานขึ้นส่งผลให้ค่าความแข็งของมะละกอเพิ่มขึ้น อาจเนื่องจากมีการสร้างสารประกอบแคลเซียมเพกเทต ซึ่งสารดังกล่าวสามารถช่วยให้ผลไม้คงรูปอยู่ได้โดยไม่หดตัว และช่วยให้โครงสร้างของเซลล์ผลไม้มีความแน่นเนื้อมากขึ้น (Bourne, 1976) นอกจากนี้พบว่าเมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งเพิ่มขึ้น ค่าความแข็งของฝรั่งจะเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยฝรั่งที่อบแห้งอุณหภูมิ 65°ซ. มีค่าความแข็งสูงสุด ส่วนฝรั่งที่อบแห้งอุณหภูมิ 55°ซ. มีค่าความแข็งต่ำสุด ซึ่งจากผลการทดลอง พบว่าฝรั่งที่อบแห้งอุณหภูมิ 55 และ 60°ซ. มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความแข็งค่อนข้างสูง แต่อย่างไรก็ตาม จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ตารางที่ ข 3) พบว่าค่าความแข็งฝรั่งที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 55 และ 60°ซ. มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P \leq 0.05$) โดยให้ผลสอดคล้องกับรายงานของ Boudhrioua และคณะ (2002) ที่ศึกษาผลของอุณหภูมิในการอบแห้งต่อเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์กล้วยอบ พบว่าอุณหภูมิในการอบแห้งสูงขึ้นส่งผลให้กล้วยอบมีค่าความแข็งเพิ่มสูงขึ้น โดยค่าความแข็งของกล้วยอบเมื่ออบแห้งที่อุณหภูมิ 40 60 และ 80°ซ. เป็นเวลา 8 ชั่วโมง มีค่า 4000 18000 และ 54000 กรัม ตามลำดับ เนื่องจากการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้น้ำระเหยจากผิวผลไม้ในอัตราเร็ว ทำให้ผลไม้อยู่ในสถานะ glassy state จึงส่งผลให้มีค่าเนื้อสัมผัสสูงขึ้น แต่เมื่ออบแห้งที่อุณหภูมิ 65°ซ พบว่าระยะเวลาแช่ไม่มีผลต่อค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แสดงว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงมีผลต่อค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์มากกว่าระยะเวลาแช่ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการใช้อุณหภูมิสูงในการอบแห้ง ก่อให้เกิดการระเหยของน้ำออกไปจากผิวฝรั่งอย่างรวดเร็ว ทำให้มีตัวถูกละลายที่เคลื่อนย้ายจากด้านในออกมาด้านนอกในปริมาณสูง ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและทางกายภาพที่ซับซ้อนที่ผิว ส่งผลให้ผิวนอกของฝรั่งแห้งและแข็งขึ้นมาก จึงเห็นความแตกต่างของค่าความแข็งเมื่อระยะเวลาแช่ 6 และ 7 วัน ไม่ชัดเจน เนื่องจากผิวหน้าของฝรั่งอาจแห้งและแข็งไปแล้ว เรียกลักษณะที่เกิดขึ้นนี้ว่าการเกิดเปลือกแข็ง (case hardening) (Fellows, 2000)

ตารางที่ 4.3 ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งที่ภาวะการผลิตต่างกัน

ระยะเวลาแช่	ความแข็ง (hardness, g)		
(วัน)	อุณหภูมิ 55 °ซ	อุณหภูมิ 60 °ซ	อุณหภูมิ 65 °ซ
6	3576.3^{Cb}±317.0	4066.0^{Bb}±210.9	4990.3^{A*}±163.8
7	3936.7^{Ca}±316.1	4361.7^{Ba}±234.9	5077.8^{A*}±279.4

A,B,C ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

a,b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแต่ละสดมภ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

* หมายถึง ข้อมูลในแนวสดมภ์นั้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ผลการวัดค่างานที่ใช้ในการตัด (ตารางที่ 4.4) และการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่างานที่ใช้ในการตัดของฝรั่งแช่อิ่มอบแห้ง (ตารางที่ ข 4) พบว่าปัจจัยของระยะเวลาแช่ และอุณหภูมิในการอบแห้ง มีผลต่อค่างานที่ใช้ในการตัดของฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แต่อิทธิพลร่วมของระยะเวลาแช่และอุณหภูมิในการอบแห้ง ไม่มีผลต่อค่างานที่ใช้ในการตัดของฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) จากผลการทดลอง พบว่าเมื่อระยะเวลาแช่นานขึ้น ค่างานที่ใช้ในการตัดของฝรั่งเพิ่มสูงขึ้น และอุณหภูมิในการอบแห้งสูงขึ้นส่งผลให้ซึ่งให้ค่างานที่ใช้ในการตัดของฝรั่งเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับค่าความแข็งของฝรั่ง กล่าวคือ เมื่อค่าความแข็งของฝรั่งเพิ่มขึ้น ค่างานที่ใช้ในการตัดของฝรั่งมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเช่นกัน

ตารางที่ 4.4 ค่างานที่ใช้ในการตัดของฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งที่ภาวะการผลิตต่างกัน

ระยะเวลาแช่	งานที่ใช้ในการตัด (cutting work, g.mm)		
(วัน)	อุณหภูมิ 55 °ซ	อุณหภูมิ 60 °ซ	อุณหภูมิ 65 °ซ
6	14778.9^{Bb}±1531.9	16442.3^{Bb}±1745.2	21149.9^{A*}±1750.9
7	16461.2^{Ca}±1226.9	18578.1^{Ba}±1496.8	21693.3^{A*}±2561.7

A,B,C ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

a,b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแต่ละสดมภ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

* หมายถึง ข้อมูลในแนวสดมภ์นั้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ค่า adhesiveness (ตารางที่ 4.5) และการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่า adhesiveness ของฝรั่งแช่อิ่มอบแห้ง (ตารางที่ ข 5) พบว่าปัจจัยของอุณหภูมิในการอบแห้ง มีผลต่อค่า adhesiveness ของฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แต่ปัจจัยของระยะเวลาแช่ และอิทธิพลร่วมของระยะเวลาแช่และอุณหภูมิในการอบแห้ง ไม่มีผลต่อ

ค่า adhesiveness ของฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) จากผลการทดลองพบว่าอุณหภูมิในการอบแห้งสูงขึ้น ส่งผลให้ค่า adhesiveness ของฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งเพิ่มมากขึ้น อาจเนื่องจากการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงก่อให้เกิดการระเหยน้ำเร็วเกินไป ทำให้มีตัวถูกละลายเช่น น้ำตาล และโปรตีน เคลื่อนที่มาแข็งตัวที่ผิว ทำให้ผิวของฝรั่งมีลักษณะเป็นเปลือกแข็งหุ้มและเนื้อสัมผัสของฝรั่งมีความเหนียวมากขึ้น (Fellows, 2000)

ตารางที่ 4.5 ค่า adhesiveness ของฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งที่ภาวะการผลิตต่างกัน

ระยะเวลาแช่ [ns]	ค่า adhesiveness (g.mm)		
(วัน)	อุณหภูมิ 55 °ซ	อุณหภูมิ 60 °ซ	อุณหภูมิ 65 °ซ
6	450.2±39.0	474.2±40.6	530.8±56.7
7	455.9±23.3	486.1±37.5	546.6±46.5
ค่าเฉลี่ย	453.1^{C}±31.2	480.2^{B}±38.2	538.7^{A}±50.8

A,B,C ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P≤0.05)
ns ข้อมูลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

การพิจารณาค่าเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งจะใช้ค่าความแข็งเป็นเกณฑ์หลัก เนื่องจากมีผลต่อคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์มากที่สุด ค่าความแข็งจัดเป็นลักษณะทางกล (mechanical characteristic) ที่บ่งบอกถึงแรงที่ผู้บริโภคใช้ในการตัดตัวอย่างให้ขาด จากผลการทดลอง เมื่อพิจารณาค่าเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งที่ภาวะการผลิตต่าง ๆ เทียบกับตัวอย่างทางการค้าจากบริษัท ซีแพค จำกัด บริษัท ทวีผลสามร้อยยอด จำกัด และบริษัท ดอยคำผลิตภัณฑ์อาหาร จำกัด แสดงดังตารางที่ 4.6 พบว่าผลิตภัณฑ์ที่มีภาวะการแช่นาน 7 วัน อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 °ซ. มีค่าเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับตัวอย่างทางการค้ามากที่สุด ดังนั้นผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งที่มีภาวะการแช่นาน 7 วัน อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 °ซ น่าจะเป็นตัวแทนที่ดีเนื่องจากมีเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับตัวอย่างทางการค้ามากที่สุด อย่างไรก็ตามต้องพิจารณาคุณภาพด้านอื่นร่วมด้วย เช่นการประเมินคุณภาพทางด้านสี และการยอมรับทางประสาทสัมผัส เนื่องจากการวัดค่าเนื้อสัมผัสด้วยเครื่องมือจะทราบเพียงลักษณะเชิงคุณภาพทางด้านหนึ่งเท่านั้น

ตารางที่ 4.6 ค่าเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งทางการค้า

ตัวอย่าง	ค่าเนื้อสัมผัส		
	ค่าความแข็ง (hardness, g)	ค่างานที่ใช้ในการตัด (cutting work, g.mm)	ค่า adhesiveness (g.mm)
ตัวอย่างทางการค้า 1	4609.4±163.2	19035.4±1410.7	513.1±25.60
ตัวอย่างทางการค้า 2	4260.0±233.1	17352.5±1567.0	472.2±39.2
ตัวอย่างทางการค้า 3	4477.0±223.4	16380.9±1398.8	490.2±37.0
ฝรั่งที่ภาวะการแช่ 7 วัน อบแห้งที่ 60°ซ	4361.7±234.9	18578.1±1496.8	486.1±37.5

ตัวอย่างทางการค้า 1 จากบริษัท ซีแพค จำกัด
ตัวอย่างทางการค้า 2 จากบริษัท ทวีผลสามร้อยยอด จำกัด
ตัวอย่างทางการค้า 3 จากบริษัท ดอยคำผลิตภัณฑ์อาหาร จำกัด

4.3.2 ผลของระยะเวลาแช่และอุณหภูมิในการอบแห้งต่อคุณภาพทางด้านสี

การวัดค่าสีของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งจะวัดค่าสีด้วยระบบ CIE L*a*b* โดยที่ค่า L* บ่งบอกถึงค่าความสว่างมีค่าตั้งแต่ 0-100 ค่า +a* บอกถึงค่าสีแดง ค่า –a* บอกค่าสีเขียว ค่า -b* บอกถึงค่าสีน้ำเงิน ค่า +b* บอกถึงค่าสีเหลือง ทำการทดลองดังข้อ 3.3

ผลการวิเคราะห์ค่าความสว่าง (L*) (ตารางที่ 4.7) และการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่าความสว่างของฝรั่งแช่อิ่มอบแห้ง (ตารางที่ ข 6) พบว่าปัจจัยของระยะเวลาแช่ อุณหภูมิในการอบแห้ง และอิทธิพลร่วมของระยะเวลาแช่และอุณหภูมิในการอบแห้งมีผลต่อค่าความสว่าง (L*) ของฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) จากผลการทดลองพบว่าเมื่อระยะเวลาแช่นานขึ้น ส่งผลให้ค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากระยะเวลาแช่นานขึ้น ส่งผลให้มีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในเนื้อฝรั่งเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งสารดังกล่าวมีประสิทธิภาพในการป้องกันการเกิดสีน้ำตาลได้ดี จึงทำให้ผลิตภัณฑ์ที่มีระยะเวลาแช่ 7 วัน มีค่าความสว่างมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่มีระยะเวลาแช่ 6 วัน นอกจากนี้พบว่า เมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้ค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มลดลง โดยผลิตภัณฑ์ที่ใช้อุณหภูมิในการอบแห้ง 65°ซ มีค่าความสว่างลดลงมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความสว่างของฝรั่งสดที่มีค่าความสว่างประมาณ 82 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงก่อให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีที่เกิดจากหมู่อัลดีไฮด์ของน้ำตาลรีดิวซ์กับหมู่อะมิโนของโปรตีนในฝรั่ง ซึ่งปฏิกิริยานี้จะเกิดได้ดีเมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งเพิ่มสูงขึ้น จึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งมีค่าความสว่างลดลง (Akyildiz et al., 2004)

ตารางที่ 4.7 ค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งที่ภาวะการผลิตต่างกัน

ระยะเวลาแช่	ค่าความสว่าง (L*)		
(วัน)	อุณหภูมิ 55 °ซ	อุณหภูมิ 60 °ซ	อุณหภูมิ 65 °ซ
6	75.90^{c}±0.56	75.88^{c}±0.17	73.90^{d}±0.10
7	77.73^{a}±0.27	76.88^{b}±0.27	74.26^{d}±0.45

a,b,c,d ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ค่าสีแดง (a*) (ตารางที่ 4.8) และการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่าสีแดงของฝรั่งแช่อิ่มอบแห้ง (ตารางที่ ข 7) พบว่าปัจจัยของระยะเวลาแช่ อุณหภูมิในการอบแห้ง และอิทธิพลร่วมของระยะเวลาแช่และอุณหภูมิในการอบแห้ง ไม่มีผลต่อค่าสีแดงของฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่จากผลการทดลอง พบว่าค่าสีแดงของฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับค่าสีแดงของฝรั่งสด โดยค่าสีแดงของฝรั่งสดมีค่าประมาณ -1.82 ส่วนค่าสีแดงของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งมีค่าอยู่ในช่วง 0.46-1.01 ซึ่งการเปลี่ยนแปลงค่าสีแดงของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งนั้น เนื่องจากในระหว่างการออสโมซิสมีการเติมน้ำตาลเข้าไปในเนื้อฝรั่ง และผ่านกระบวนการอบแห้งที่ก่อให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างน้ำตาลกับกรดอะมิโนในเนื้อฝรั่ง ซึ่งปฏิกิริยานี้จะเกิดได้ดีเมื่อใช้อุณหภูมิในการอบแห้งสูง จึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งมีค่าสีแดงเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.8 ค่าสีแดงของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งที่ภาวะการผลิตต่างกัน

ระยะเวลาแช่ ^{ns}	ค่าสีแดง (a*)		
(วัน)	อุณหภูมิ 55 °ซ ^{ns}	อุณหภูมิ 60 °ซ ^{ns}	อุณหภูมิ 65 °ซ ^{ns}
6	0.96±0.41	1.01±0.20	0.92±0.36
7	0.85±0.53	0.86±0.49	0.46±0.53

ns ข้อมูลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

ผลการวิเคราะห์ค่าสีเหลือง (b*) (ตารางที่ 4.9) และการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่าสีเหลืองของฝรั่งแช่อิ่มอบแห้ง (ตารางที่ ข 8) พบว่าปัจจัยของระยะเวลาแช่ อุณหภูมิในการอบแห้ง และอิทธิพลร่วมของระยะเวลาแช่และอุณหภูมิในการอบแห้ง ไม่มีผลต่อค่าสีเหลืองของฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่จากผลการทดลอง พบว่าค่าสีเหลืองของ

ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับค่าสีเหลืองของฝรั่งสด โดยค่าสีเหลืองของฝรั่งสดมีค่าประมาณ 11 ส่วนค่าสีเหลืองของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งมีค่าอยู่ในช่วง 17-19

ตารางที่ 4.9 ค่าสีเหลืองของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งที่ภาวะการผลิตต่างกัน

ระยะเวลาแช่ ns	ค่าสีเหลือง (b*)		
(วัน)	อุณหภูมิ 55 °ซ ns	อุณหภูมิ 60 °ซ ns	อุณหภูมิ 65 °ซ ns
6	17.09±0.90	18.25±0.76	19.66±1.85
7	17.77±1.62	17.58±1.62	18.76±0.20

ns ข้อมูลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

เมื่อพิจารณาค่าสีของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้ง พบว่าปัจจัยของระยะเวลาแช่ อุณหภูมิในการอบแห้ง และอิทธิพลร่วมของระยะเวลาแช่และอุณหภูมิในการอบแห้งมีผลต่อค่าความสว่างของฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) แต่ไม่มีผลต่อค่าสีแดงและค่าสีเหลืองของฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ดังนั้นเมื่อพิจารณาค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์ พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ภาวะการแช่นาน 7วัน อบแห้งที่อุณหภูมิ 55 °ซ.มีค่าความสว่างสูงสุด รองลงมาคือผลิตภัณฑ์ที่ภาวะการแช่นาน 7วัน อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 °ซ. โดยมีค่าความสว่างเท่ากับ 77.73 และ 76.88 ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม การประเมินคุณภาพทางด้านสีของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งต้องพิจารณาจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสีร่วมด้วย เนื่องจากความแตกต่างของค่าความสว่างอย่างเดียวอาจไม่ก่อให้เกิดความแตกต่างทางด้านสีอย่างชัดเจนเมื่อมองด้วยตาเปล่า

4.3.3 ผลของภาวะการผลิตต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทางด้านการยอมรับทางประสาทสัมผัส

นำผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งทั้ง 6 ภาวะ มาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสใช้การทดสอบแบบ Quantitative Descriptive Analysis (ภาคผนวก ง 1) โดยผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน ทำการทดลอง 2 ซ้ำ ทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านสี ลักษณะการหดตัวของผลิตภัณฑ์ กลิ่นแปลกปลอม ความแข็งที่ประเมินโดยแรงที่ใช้ในการกัดตัวอย่างให้ขาด และการยอมรับโดยรวม โดยในแต่ละด้านค่าที่มีคะแนนสูงเป็นค่าที่ดี โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized completely block design (RCBD) ตามรายละเอียดในข้อ 3.3

ผลการประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัส (ตารางที่ 4.10) สามารถแยกอภิปรายในแต่ละด้านดังนี้

ผลต่อค่าสี จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสีของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้ง สามารถแบ่งผลิตภัณฑ์ออกเป็น 2 กลุ่มดังนี้ กลุ่มแรก คือผลิตภัณฑ์ที่มีค่าสีอยู่ในเกณฑ์สูงคือมีค่าอยู่ในช่วง 5.39-5.80 ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ที่มีภาวะการแช่ 6 วัน อบแห้งที่อุณหภูมิ 55 และ 60°ซ. และผลิตภัณฑ์ที่มีภาวะการแช่ 7 วัน อบแห้งที่อุณหภูมิ 55 60 และ 65°ซ. ส่วนกลุ่มที่ 2 คือผลิตภัณฑ์ที่มีค่าสีอยู่ในเกณฑ์ต่ำคือมีค่า 4.04 ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ที่มีภาวะการแช่นาน 6 วัน อบแห้งที่อุณหภูมิ 65°ซ. ซึ่งจัดเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีสีเข้มมากกว่าผลิตภัณฑ์อื่น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากภาวะการแช่ดังกล่าวมีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่อยู่ในผลิตภัณฑ์น้อยกว่า และการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีได้มาก จึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีเข้มกว่าที่ภาวะอื่น

ลักษณะปรากฏ (การหดตัวของผลิตภัณฑ์) ในการประเมินการหดตัวของผลิตภัณฑ์ ผู้ทดสอบจะประเมินจากรูปร่างของผลิตภัณฑ์ที่ยุบตัวลงไป พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ภาวะการแช่ 7 วัน อบแห้งที่อุณหภูมิ 55 และ 60°ซ. และภาวะการแช่ 6 วัน อบแห้งที่อุณหภูมิ 55°ซ มีการหดตัวน้อยกว่าผลิตภัณฑ์ที่ภาวะอื่น โดยมีค่า 5.98 5.84 และ 5.74 ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากภาวะการแช่ฝรั่งในสารละลายผสมนานขึ้นส่งผลให้มีปริมาณแคลเซียมคลอไรด์ซึมเข้าไปในเนื้อฝรั่งมากขึ้น และการใช้อุณหภูมิไม่สูงจนเกินไปในระหว่างอบแห้ง ก่อให้เกิดการหดตัวของผลิตภัณฑ์น้อยลง เมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่ภาวะการแช่ 6 และ 7 วัน อบแห้งที่อุณหภูมิ 65°ซ. ซึ่งมีการหดตัวมากที่สุด โดยมีค่า 4.44 และ 4.77 ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงก่อให้เกิดจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของ cytoplasmic membrane ที่ทำหน้าที่รักษาสภาพความเต่งของผลไม้ ส่งผลให้ผนังเซลล์เสียรูปทรงและยุบตัว ทำให้เซลล์และเซลล์ข้างเคียงเหี่ยว จึงก่อให้เกิดการหดตัวของผลิตภัณฑ์มากขึ้น (Prothon, Ahrne and Sjoholm, 2003)

กลิ่นแปลกปลอม ในการทดสอบนี้จะให้ผู้ทดสอบระบุกลิ่นแปลกปลอมหรือกลิ่นที่ไม่เป็นธรรมชาติที่เกิดจากซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อกลิ่นรสผลไม้ของผลิตภัณฑ์ พบว่ากลิ่นของผลิตภัณฑ์ทั้ง 6 ภาวะไม่มีความแตกต่างกัน โดยผู้ทดสอบให้การยอมรับด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์ทั้ง 6 ภาวะอยู่ในเกณฑ์ดี คือไม่พบกลิ่นฉุนจากซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งนั้นมีปริมาณไม่สูงมาก (ตารางที่ ค 2) จึงไม่ส่งผลกระทบต่อกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์

ค่าความแข็ง จากผลการทดสอบค่าความแข็งหรือแรงที่ใช้ในการตัดตัวอย่างให้ขาด พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับผลิตภัณฑ์ที่ภาวะการแช่ 6 และ 7 วัน อบแห้งที่อุณหภูมิ 60°ซ. มากที่สุด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากค่าความแข็ง (hardness)ในช่วงนี้มีค่าใกล้เคียงกับตัวอย่างทาง

การค้าที่วัดโดยใช้เครื่องมือ (ตารางที่ 4.3 และ 4.6) ซึ่งเป็นค่าที่ผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้การยอมรับต่อค่าเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์

ค่าการยอมรับโดยรวม จากผลการทดสอบการยอมรับโดยรวมต่อผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้ง พบว่าผู้ทดสอบให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ที่ภาวะการแช่ 7 วัน อบแห้งที่อุณหภูมิ 60°ซ. มากกว่าผลิตภัณฑ์ที่ภาวะการผลิตอื่น โดยมีค่าเท่ากับ 5.90

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งที่ภาวะการแช่ 7 วัน อบแห้งที่อุณหภูมิ 60°ซ. เป็นภาวะที่ผู้ทดสอบให้การยอมรับมากที่สุดในทุกปัจจัย ทั้งในด้านสี ลักษณะการหดตัว ความแข็ง และการยอมรับโดยรวม

ตารางที่ 4.10 คะแนนการประเมินผลทางประสาทสัมผัสของฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งที่ภาวะการผลิตต่างกัน

ภาวะ	คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ				
	ค่าสี	ลักษณะปรากฏ (การหดตัว)	กลิ่นแปลกปลอม^{ns}	ความแข็งของเนื้อฝรั่ง	การยอมรับโดยรวม
แช่ 6 วัน, อบ 55°ซ.	5.6^{a}±1.4	5.7^{ab}±1.2	7.8±1.7	5.2^{c}±1.4	5.2^{bc}±1.5
แช่ 6 วัน, อบ 60°ซ.	5.4^{a}±1.3	5.3^{b}±0.9	7.3±2.1	6.0^{a}±1.2	5.4^{b}±1.5
แช่ 6 วัน, อบ 65°ซ.	4.0^{b}±1.4	4.4^{c}±1.7	7.4±2.1	5.7^{ab}±1.2	4.8^{c}±1.4
แช่ 7 วัน, อบ 55°ซ.	5.7^{a}±0.9	6.0^{a}±1.4	7.5±2.0	5.9^{ab}±1.2	5.3^{b}±1.5
แช่ 7 วัน, อบ 60°ซ.	5.8^{a}±1.4	5.8^{a}±1.1	7.5±1.8	6.1^{a}±1.0	5.9^{a}±1.2
แช่ 7 วัน, อบ 65°ซ.	5.4^{a}±1.3	4.8^{c}±1.6	7.4±2.0	5.5^{bc}±1.5	5.0^{bc}±1.5

a,b,c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแต่ละสดมภ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)
ns ข้อมูลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

จากการประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งทั้ง 6 ภาวะ โดยประเมินในด้านค่าสี ลักษณะเนื้อสัมผัส และการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า ผลของระยะเวลาแช่และอุณหภูมิในการอบแห้งมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยผลทางด้านสีเมื่อวัดจากเครื่องวัดสี พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ภาวะการแช่นาน 7 วัน อบแห้งที่อุณหภูมิ 55 และ 60 °ซ.มีค่าความสว่างสูงสุด ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่ภาวะการแช่ 6 วัน อบแห้งที่อุณหภูมิ 65°ซ มีค่าความสว่างต่ำสุด อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี พบว่าผู้ทดสอบให้การยอมรับค่าสีของผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์เดียวกัน ยกเว้นค่าสีของผลิตภัณฑ์ที่ภาวะการแช่ 6 วัน อบแห้งที่อุณหภูมิ 65°ซ ที่มีคะแนนต่ำกว่าผลิตภัณฑ์อื่น ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความแตกต่างทางด้านค่าสีของผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่ไม่สามารถจำแนกได้เมื่อมองด้วยตาเปล่า ยกเว้นผลิตภัณฑ์

ที่ภาวะการแช่ 6 วัน อบแห้งที่อุณหภูมิ 65°ซ ที่มีค่าสีแตกต่างจากผลิตภัณฑ์อื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ดังนั้นจึงพิจารณาคัดเลือกภาวะการผลิตจากลักษณะเนื้อสัมผัส และผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยผลทางด้านลักษณะเนื้อสัมผัสที่วัดจากเครื่อง texture analyzer พบว่าผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งที่ภาวะการแช่ 7 วัน อบแห้งที่อุณหภูมิ 60°ซ. มีค่าความแข็งใกล้เคียงกับตัวอย่างทางการค้ามากที่สุด และค่ายังสอดคล้องกับค่าความแข็งในการทดสอบทางประสาทสัมผัส และเมื่อพิจารณาจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสจากตารางที่ 4.10 พบว่าผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งที่ภาวะการแช่ 7 วันอบแห้งที่อุณหภูมิ 60°ซ. เป็นภาวะที่มีการยอมรับมากที่สุดในทุกปัจจัย ทั้งในด้านสี ลักษณะการหดตัว ความแข็ง และการยอมรับโดยรวม ดังนั้นจึงเลือกภาวะการแช่ 7 วันอบแห้งที่อุณหภูมิ 60°ซ. เพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

4.4. ศึกษาผลของน้ำผึ้งและโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้ง

ผลิตฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งที่มีภาวะการแช่เป็นระยะเวลา 7 วัน (เลือกจากข้อ 4.3) โดยแปรระดับความเข้มข้นของโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์เป็น 2 ระดับคือ 0.1 และ 0.25% และแปรระดับความเข้มข้นของน้ำผึ้งเป็น 3 ระดับคือ 0, 1 และ 3% ในขั้นตอนการแช่ เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมที่ใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.5% แล้วนำฝรั่งเข้าสู่กระบวนการผลิตดังรูปที่ 3.1 โดยอบแห้งที่อุณหภูมิ 60°ซ. จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งที่ได้จากแต่ละภาวะมาประเมินผล โดยทำการตรวจสอบคุณภาพทางด้านปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ เนื้อสัมผัส ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ค่าสีโดยระบบ CIE L*a*b* และการเกิดสีน้ำตาล วางแผนการทดลองแบบ asymmetric factorial design with control ขนาด 2x3 ตามรายละเอียดในข้อ 3.4

4.4.1 ผลของน้ำผึ้งและโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ต่อปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในผลิตภัณฑ์

ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (ตารางที่ 4.11) และการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้ง (ตารางที่ ข 10) พบว่าปัจจัยของระดับความเข้มข้นของน้ำผึ้งมีผลต่อปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แต่ปัจจัยของระดับความเข้มข้นของโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ และอิทธิพลร่วมของระดับความเข้มข้นของน้ำผึ้งและโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ไม่มีผลต่อปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) จากผลการทดลองพบว่าระดับความเข้มข้นของน้ำผึ้งเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่ม

อบแห้งเพิ่มขึ้น โดยผลิตภัณฑ์ที่เติมน้ำผึ้ง 3% มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่เติมน้ำผึ้ง 1% และไม่เติมน้ำผึ้ง ตามลำดับ ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับรายงานของพรนภา เกิดดอนแฝก (2544) ที่ศึกษาผลของน้ำผึ้งต่อการเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์กล้วยอบ พบว่ากล้วยอบที่ผ่านการแช่ในสารละลายน้ำผึ้งความเข้มข้น 15% มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงกว่ากล้วยอบที่แช่ในสารละลายน้ำผึ้งความเข้มข้น 10 และ 5% ตามลำดับ เนื่องจากน้ำผึ้งมีองค์ประกอบของน้ำตาลรีดิวซ์สูงถึง 76% (The National Honey Board, 2004) ดังนั้นเมื่อระดับความเข้มข้นของน้ำผึ้งเพิ่มขึ้นจึงส่งผลให้มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในผลิตภัณฑ์เพิ่มมากขึ้นด้วย ซึ่งผลของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่เพิ่มขึ้นนี้อาจส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในด้านเนื้อสัมผัส และค่าการเกิดสีน้ำตาล ในระหว่างขั้นตอนการผลิตได้ ซึ่งผลในด้านต่าง ๆ นี้จะแสดงในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 4.11 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งที่มีการแปรปริมาณโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และน้ำผึ้ง

ปริมาณโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (%)		
(%w/v)	น้ำผึ้ง 0%(w/v)	น้ำผึ้ง 1% (w/v)	น้ำผึ้ง 3% (w/v)
0.10	17.16±0.28	18.20±0.12	19.23±0.70
0.25	17.20±0.22	18.09±0.15	19.39±0.62
ค่าเฉลี่ย	17.17 ^{c}±0.22	18.14 ^{b}±0.14	19.31 ^{a}±0.60

a,b,c ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

4.4.2 ผลของน้ำผึ้งและโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ต่อคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์

ผลการวิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัส (ตารางที่ 4.12) และการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่าเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้ง (ตารางที่ ข 11) พบว่าปัจจัยของระดับความเข้มข้นของน้ำผึ้ง ระดับความเข้มข้นของโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ และอิทธิพลร่วมของระดับความเข้มข้นของน้ำผึ้งและโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ไม่มีผลต่อค่าเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่เมื่อพิจารณาผลของน้ำผึ้งที่ระดับความเข้มข้น 1 และ 3% ต่อค่าเนื้อสัมผัส พบว่าค่า hardness และค่า cutting work ของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มลดลงเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใช้น้ำผึ้ง ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับงานวิจัยของ McLellan และคณะ (1995) ที่ศึกษาผลของการใช้น้ำผึ้งในการพัฒนาคุณภาพผลิตภัณฑ์ลูกเกด พบว่าการแช่องุ่นในสารละลายน้ำผึ้งเข้มข้น 10% ก่อนนำไปทำแห้งนั้นช่วยส่งเสริมให้ลูกเกดมีเนื้อสัมผัสที่อ่อนนุ่มและเคี้ยวง่ายกว่าเมื่อเทียบกับตัวอย่างทางการค้าที่ไม่ใช้น้ำผึ้ง

ตารางที่ 4.12 ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งที่มีการแปรปริมาณโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และน้ำผึ้ง

ภาวะการแช่		ลักษณะเนื้อสัมผัส		
โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (% w/v)	น้ำผึ้ง (% w/v)	ค่าความแข็ง ns (hardness, g)	ค่างานที่ใช้ในการตัด ns (cutting work, g.mm)	ค่าadhesiveness ns (g.mm)
0.10	0	4418.0±293.5	18202.9±1440.8	481.4±31.6
	1	4339.3±275.1	18140.5±1203.0	487.2±33.4
	3	4289.7±217.5	18006.6±1482.8	496.2±38.6
0.25	0	4395.1±205.2	18170.2±1323.6	484.7±15.3
	1	4327.6±137.2	18119.6±1254.8	480.8±23.1
	3	4234.1±180.7	18042.3±1198.0	507.9±26.5

ns ข้อมูลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

4.4.3 ผลของน้ำผึ้งและโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ต่อปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในผลิตภัณฑ์

ผลการวิเคราะห์ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ตารางที่ 4.13) และการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้ง (ตารางที่ ข 12) พบว่าปัจจัยของระดับความเข้มข้นของโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์มีผลต่อปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) แต่ปัจจัยของ ระดับความเข้มข้นของน้ำผึ้ง และอิทธิพลร่วมของระดับความเข้มข้นของน้ำผึ้งและโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ไม่มีผลต่อปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) จากผลการทดลอง พบว่าระดับความเข้มข้นของโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งมีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์เพิ่มขึ้น โดยผลิตภัณฑ์ที่ใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.25% จะมีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์มากกว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.1% เนื่องจากระดับความเข้มข้นของโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่เพิ่มสูงขึ้นจะส่งผลให้มีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ซึมเข้าเนื้อฝรั่งเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.13 ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งที่มีการแปรปริมาณโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และน้ำผึ้ง

ปริมาณโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์	ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ppm)			
(% w/v)	น้ำผึ้ง 0%(w/v)	น้ำผึ้ง 1%(w/v)	น้ำผึ้ง 3%(w/v)	ค่าเฉลี่ย
0.10	16.27±0.22	16.13±0.70	16.61±0.24	16.34^{b} ±0.44
0.25	26.55±0.25	24.82±1.48	25.28±0.21	25.55^{a}±1.09

a,b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวสดมภ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

4.4.4 ผลของน้ำผึ้งและโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ต่อการเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์

การเปลี่ยนแปลงที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ผลไม้เนื่องจากการอบแห้ง คือการเกิดสีน้ำตาลจากปฏิกิริยา Maillard วิธีป้องกันการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวสามารถทำได้โดยการใช้สารประกอบที่มีสมบัติในการป้องกันการเกิดสีน้ำตาลเช่น สารประกอบซัลไฟต์ น้ำผึ้ง กรดซิตริก และกรดแอสคอร์บิก เป็นต้น ซึ่งในงานวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาผลของน้ำผึ้งและโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ต่อการเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ โดยวัดการเกิดสีน้ำตาลจากการสกัดตัวอย่างด้วยกรดอะซีติก แล้วนำสารละลายที่สกัดได้มาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 nm (ดัดแปลงจาก Baloch et al., 1973)

ผลการวิเคราะห์ค่าการเกิดสีน้ำตาล (ตารางที่ 4.14) และการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่าการเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้ง (ตารางที่ ข 13) พบว่าปัจจัยของระดับความเข้มข้นของโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์มีผลต่อค่าการเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แต่ปัจจัยของระดับความเข้มข้นของน้ำผึ้ง และอิทธิพลร่วมของระดับความเข้มข้นของน้ำผึ้งและโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ไม่มีผลต่อค่าการเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยผลการเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้ง จากการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 nm. พบว่าระดับความเข้มข้นของโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์เพิ่มขึ้น ส่งผลให้การเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ลดลง ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับรายงานของประสงค์ ศิริวงศ์วิไลชาติ และลดาพร ต่อศรีสกุล (2540) ที่ศึกษาผลของโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ต่อการเกิดสีน้ำตาลในฝรั่งแช่อิ่มอบแห้ง พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้น 5% มีค่าการเกิดสีน้ำตาลน้อยกว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้น 2.5% เนื่องจากมีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์คงอยู่ในผลิตภัณฑ์มากกว่า โดยซัลเฟอร์ไดออกไซด์สามารถทำปฏิกิริยากับกลุ่มอัลดีไฮด์ของน้ำตาลรีดิวซ์เกิดเป็น hydroxysulfonate ซึ่งเป็นสารที่เสถียร ทำให้ปริมาณหมู่อัลดีไฮด์อิสระลดลง จึงสามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้ (Ough, 1983)

ตารางที่ 4.14 ค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 nm. ของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งที่มีการแปรปริมาณโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และน้ำผึ้ง

ปริมาณโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 nm.			
(% w/v)	น้ำผึ้ง 0%(w/v)	น้ำผึ้ง 1% (w/v)	น้ำผึ้ง 3% (w/v)	ค่าเฉลี่ย
0.10	0.025±0.001	0.024±0.001	0.025±0.000	0.025^{a}±0.001
0.25	0.014±0.001	0.013±0.001	0.014±0.001	0.014^{b}±0.001

a,b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวสดมภ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

4.4.5 ผลของน้ำผึ้งและโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ต่อคุณภาพทางด้านสีของผลิตภัณฑ์

เมื่อพิจารณาค่าสีของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งทั้ง 6 ภาวะ (ตารางที่ 4.15) พบว่าผลิตภัณฑ์มีค่า L* อยู่ในช่วง 70-74 ค่า a* อยู่ในช่วง 0.07-0.46 ค่า b* อยู่ในช่วง 17-20 และเมื่อคำนวณค่า ΔE^*_{ab} โดยเปรียบเทียบระหว่างค่าสีของผลิตภัณฑ์ในแต่ละภาวะกับตัวอย่างควบคุมที่ใช้ความเข้มข้นของโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.5% โดยที่ค่า ΔE^*_{ab} มากกว่า 1 หมายถึงค่าความแตกต่างของสีที่เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งสามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า (Hunt, 1998) ผลการวิเคราะห์ค่า ΔE^*_{ab} (ตารางที่ 4.15) พบว่าระดับความเข้มข้นของโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์เพิ่มขึ้น ผลิตภัณฑ์จะมีค่า ΔE^*_{ab} ลดลง โดยผลิตภัณฑ์ที่ใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.25% จะมีค่า ΔE^*_{ab} ต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.1% คือมีค่าอยู่ในช่วง 1.54-2.48 และ 4.90-5.92 ตามลำดับ ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับรายงานของ Langdon (1987) ที่ศึกษาผลของการใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสีในขิ้นมันฝรั่ง พบว่าขิ้นมันฝรั่งที่ใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.1% จะมีค่า ΔE^*_{ab} น้อยกว่าขิ้นมันฝรั่งใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.05 % ภายหลังจากการเก็บรักษาเป็นเวลา 14 วัน ในถุง PE บรรจุในสภาพบรรยากาศ นอกจากนี้พบว่าเมื่อระดับความเข้มข้นของน้ำผึ้งเพิ่มขึ้นเป็น 3% จะส่งผลให้ค่า ΔE^*_{ab} ของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมากที่สุด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากผลิตภัณฑ์ที่มีการเติมน้ำผึ้ง 3% มีค่าสีเหลืองสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่ภาวะอื่นจึงส่งผลให้มีค่า ΔE^*_{ab} เพิ่มสูงขึ้น

ตารางที่ 4.15 ค่าสีของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งที่มีการแปรปริมาณโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และน้ำผึ้ง

ภาวะการแช่		ค่าสี			
		L*	a*	b*	ΔE^*_{ab}
โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.1 %(w/v)	น้ำผึ้ง 0%(w/v)	71.12±0.30	0.30±0.16	17.87±0.63	5.21±0.56
	น้ำผึ้ง 1%(w/v)	71.34±0.29	0.29±0.16	17.66±0.07	4.90±0.85
	น้ำผึ้ง 3%(w/v)	70.92±0.46	0.46±0.26	20.11±0.26	5.92±0.38
โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.25 %(w/v)	น้ำผึ้ง 0%(w/v)	74.38±0.11	0.11±0.09	17.86±0.84	2.00±0.28
	น้ำผึ้ง 1%(w/v)	74.72±0.09	0.09±0.04	17.17±0.28	1.54±0.35
	น้ำผึ้ง 3%(w/v)	74.31±0.07	0.07±0.20	19.06±0.13	2.48±0.39
โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.5 % (control)		76.20±0.51	0.06±0.18	17.48±0.61	-

4.4.6 ผลของน้ำผึ้งและโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม

การประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งที่ภาวะการผลิตต่าง ๆ เทียบกับตัวอย่างควบคุม (ตารางที่ 4.16) ใช้เกณฑ์ของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ค่าเนื้อสัมผัส ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ค่าสี และการเกิดสีน้ำตาล เพื่อพิจารณาคัดเลือกระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และน้ำผึ้ง จากผลการทดลอง พบว่าระดับความเข้มข้นของน้ำผึ้งและโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์โดยสามารถแยกอภิปรายในแต่ละด้านดังนี้

ผลของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ พบว่าระดับความเข้มข้นของน้ำผึ้งมีผลต่อปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) (ตารางที่ ข 14) โดยผลิตภัณฑ์ที่เติมน้ำผึ้ง 3% มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงสุด รองลงมาคือผลิตภัณฑ์ที่เติมน้ำผึ้ง 1% ส่วนผลิตภัณฑ์ที่ไม่เติมน้ำผึ้งและตัวอย่างควบคุมมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์น้อยที่สุด

ผลทางด้านลักษณะเนื้อสัมผัส พบว่าผลิตภัณฑ์ในทุกภาวะการผลิตและตัวอย่างควบคุมมีค่าเนื้อสัมผัสไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) (ตารางที่ ข 15) แต่เมื่อพิจารณาผลของน้ำผึ้งที่ระดับความเข้มข้น 1 และ 3% ต่อค่าเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ พบว่าค่า hardness และค่า cutting work ของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มลดลงเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใช้น้ำผึ้ง ซึ่งคาดหวังว่าการเติมน้ำผึ้งในผลิตภัณฑ์อาจช่วยส่งเสริมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในด้านเนื้อสัมผัสให้ดีขึ้นในระหว่างขั้นตอนการเก็บรักษาได้ แม้ยังไม่เห็นผลชัดเจนในขั้นตอนนี้

ผลของปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ พบว่าระดับความเข้มข้นของโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์มีผลต่อปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ ข 16) โดยระดับความเข้มข้นของโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์สูงขึ้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในผลิตภัณฑ์เพิ่มมากขึ้น จากผลการทดลองพบว่าตัวอย่างควบคุมมีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์สูงสุด คือมีค่าประมาณ 33 ppm. รองลงมาคือผลิตภัณฑ์ที่ใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.25% มีค่าอยู่ในช่วง 24-26 ppm. ส่วนผลิตภัณฑ์ที่ใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.1% มีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ต่ำสุด โดยมีค่าประมาณ 16 ppm.

การเกิดสีน้ำตาล พบว่าระดับความเข้มข้นของโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์มีผลต่อค่าการเกิดสีน้ำตาลของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ ข 17) โดยระดับความเข้มข้นของโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์สูงขึ้น ส่งผลให้ค่าการเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ลดลง จากผลการทดลอง พบว่าตัวอย่างควบคุมที่ใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.5% จะมีค่าการดูดกลืนแสงต่ำสุด รองลงมาคือผลิตภัณฑ์ที่ใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้น 0.25% ส่วนผลิตภัณฑ์ที่ใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.1% มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด

การเปลี่ยนแปลงค่าสี (ΔE^*_{ab}) ของผลิตภัณฑ์ พบว่าเมื่อระดับความเข้มข้นของโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์เพิ่มขึ้น ผลิตภัณฑ์จะมีค่า ΔE^*_{ab} ลดลง โดยผลิตภัณฑ์ที่ใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.25% จะมีค่า ΔE^*_{ab} ต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.1% คือมีค่าอยู่ในช่วง 1.54-2.48 และ 4.90-5.92 ตามลำดับ

จากการประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งเทียบกับตัวอย่างควบคุม พบว่าการใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่ระดับความเข้มข้น 0.1% ไม่เหมาะสมต่อการผลิตฝรั่งแช่อิ่มอบแห้ง โดยสังเกตได้จากค่าการเกิดสีน้ำตาลและค่า ΔE^*_{ab} ของผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มสูงขึ้นมากเมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม ทั้งนี้อาจเนื่องจากมีซัลเฟอร์ไดออกไซด์เหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์ปริมาณต่ำ จึงไม่สามารถป้องกันการเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ได้ รวมทั้งอาจส่งผลกระทบต่ออายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้ ดังนั้นจึงพิจารณาเลือกผลิตภัณฑ์ที่ใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้น 0.25% และน้ำผึ้งความเข้มข้น 0 1 และ 3% เพื่อใช้ในการศึกษาขั้นตอนต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.16 คุณภาพของฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งที่มีการแปรปริมาณโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และน้ำผึ้ง เมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม

ภาวะการแช่	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (%)	ลักษณะเนื้อสัมผัส			ปริมาณซัลเฟอร์-ไดออกไซด์ (ppm)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 nm.	ΔE^*_{ab}
		ค่าความแข็ง^{ns} (hardness, g)	ค่างานที่ใช้ในการตัด^{ns} (cutting work,g.mm)	ค่า adhesiveness^{ns} (g.mm)			
โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.5 % (Control)	17.21^{c}±0.16	4324.3±243.9	18195.4±1805.1	490.3±23.9	33.40^{a}±1.05	0.009^{c}±0.001	-
โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.1 %, น้ำผึ้ง 0%	17.16^{c}±0.28	4418.0±293.5	18202.9±1440.8	481.4±31.6	16.27^{d}±0.22	0.025^{a}±0.001	5.21±0.56
โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.1 %, น้ำผึ้ง 1%	18.20^{b}±0.12	4339.3±275.1	18140.5±1203.0	487.2±33.4	16.13^{d}±0.70	0.024^{a}±0.001	4.90±0.85
โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.1 %, น้ำผึ้ง 3%	19.23^{a}±0.70	4289.7±217.5	18006.6±1482.8	496.2±38.6	16.61^{d}±0.24	0.025^{a}±0.000	5.92±0.38
โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.25 %, น้ำผึ้ง 0%	17.20^{c}±0.22	4395.1±205.2	18170.2±1323.6	484.7±15.3	26.55^{b}±0.25	0.014^{b}±0.001	2.00±0.28
โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.25 %, น้ำผึ้ง 1%	18.09^{b}±0.15	4327.6±137.2	18119.6±1254.8	480.8±23.1	24.82^{c}±1.48	0.013^{b}±0.001	1.54±0.35
โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.25 %, น้ำผึ้ง 3%	19.39^{a}±0.62	4234.1±180.7	18042.3±1198.0	507.9±26.5	25.28^{bc}±0.21	0.014^{b}±0.001	2.48±0.39

a,b,c,d ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวสดมภ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

ns ข้อมูลไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.5.ศึกษาผลของน้ำผึ้งและโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษา

ในระหว่างการเก็บรักษาอาหาร ภาวะแวดล้อมต่างๆ เช่น การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ออกซิเจน และแสง ส่งผลให้เกิดการกระตุ้นปฏิกิริยาต่างๆ ที่ทำให้อาหารเกิดการเสื่อมคุณภาพด้านสี กลิ่นรส ลักษณะปรากฏ ลักษณะเนื้อสัมผัสและคุณค่าทางโภชนาการ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาคุณภาพผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาเพื่อให้ทราบแนวโน้มการเปลี่ยนแปลง ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการคัดเลือกจากข้อ 4.4 และตัวอย่างควบคุม โดยนำผลิตภัณฑ์มาเก็บในถุง polypropylene ขนาด 6x10 ซม. ขนาดบรรจุ 40 กรัมต่อถุง บรรจุในภาวะบรรยากาศปกติ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง สุ่มตัวอย่างมาตรวจสอบคุณภาพทุก 3 สัปดาห์ เป็นระยะเวลา 24 สัปดาห์ ติดตามผลของการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในด้านการเกิดสีน้ำตาล ค่าสีในระบบ CIE L*a*b* ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ค่าเนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่อง texture analyzer ปริมาณความชื้น ค่า a_w ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด ยีสต์และรา และการทดสอบทางประสาทสัมผัส ตามรายละเอียดใน ข้อ 3.5

4.5.1 ผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อการเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้ง

การเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ผลไม้แช่อิ่มอบแห้งในช่วงการเก็บรักษาคือการเกิดสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาแบบที่ไม่อาศัยเอนไซม์ โดยปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดแอสคอร์บิกและปฏิกิริยา Maillard เป็นปฏิกิริยาที่เกิดมากที่สุด เนื่องจากผลไม้แช่อิ่มอบแห้งส่วนใหญ่มีค่า a_w ประมาณ 0.6-0.7 ซึ่งเป็นภาวะที่เหมาะสมต่อการเกิดปฏิกิริยานี้ได้ดี ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลจัดเป็นปฏิกิริยาสำคัญที่ส่งผลต่ออายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ผลไม้อบแห้ง โดยส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาลคล้ำซึ่งไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และก่อให้เกิดการสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการ ซึ่งผลการวัดค่าการเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 24 สัปดาห์ผลแสดงดังตารางที่ 4.17

ผลการเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้ง โดยการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 nm. ในระยะเวลาการเก็บรักษาเท่ากัน พบว่าระดับความเข้มข้นของน้ำผึ้งมีผลต่อค่าการดูดกลืนแสงของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ ข 18) โดยผลิตภัณฑ์ที่มีการเติมน้ำผึ้ง 3% จะมีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด เนื่องจากน้ำผึ้งมีองค์ประกอบของน้ำตาลรีดิวซ์สูง ซึ่งน้ำตาลรีดิวซ์นี้จัดเป็นสารตั้งต้นของปฏิกิริยา Maillard ดังนั้นการเพิ่มปริมาณน้ำผึ้งจึงเป็นการเพิ่มการเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ได้ ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่มีการเติมน้ำผึ้ง 1% มีค่าการดูดกลืนแสงน้อยกว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้เติมน้ำผึ้งเลย ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในผลิตภัณฑ์ที่เติมน้ำผึ้ง 1% มีองค์ประกอบของสาร antioxidant เช่นฟลาโวนอยด์ (Gheldof et al., 2002) ซึ่งอาจป้องกันการ

เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดแอสคอร์บิกได้ จึงส่งผลให้ค่าการเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ที่เติมน้ำผึ้ง 1% น้อยกว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่เติมน้ำผึ้ง ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับรายงานของพรนภา เกิดดอนแฝก (2544) ที่ศึกษาผลของน้ำผึ้งต่อการเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์กล้วยอบในช่วงการเก็บรักษา พบว่าการแช่กล้วยในสารละลายน้ำผึ้งความเข้มข้น 5% ก่อนนำไปอบแห้ง สามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ได้ดีกว่าการไม่ใช้น้ำผึ้งเลย แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของน้ำผึ้งเป็น 10% กลับพบว่าผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาลคล้ำขึ้นมากที่สุดในช่วงการเก็บรักษา เนื่องจากน้ำผึ้งมีองค์ประกอบของน้ำตาลรีดิวซ์ปริมาณมากจึงส่งผลให้การเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น และเมื่อพิจารณาค่าการดูดกลืนแสงของผลิตภัณฑ์ทั้งสามชนิดเทียบกับตัวอย่างควบคุม พบว่าผลิตภัณฑ์ที่มีการเติมน้ำผึ้ง 1% มีค่าการดูดกลืนแสงใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุมมากที่สุด แสดงให้เห็นว่าการทดแทนโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ด้วยการเติมน้ำผึ้งในระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมคือ ความเข้มข้น 1% สามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ผลไม้อบแห้งได้ ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับรายงานของ Chen และคณะ (2000) ที่พบว่าการเติมน้ำผึ้งความเข้มข้น 1% ผสมกับเมตาไบซัลไฟต์ หรือกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 0.1% จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันการเกิดสีน้ำตาลในชิ้นมันฝรั่ง แอปเปิ้ล และแพร์ เพิ่มขึ้น โดยมีค่าการลดลงของ browning index เมื่อเทียบกับการใช้เมตาไบซัลไฟต์หรือกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 0.1% เพียงอย่างเดียว

นอกจากนี้พบว่าระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อค่าการดูดกลืนแสงของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ ข 19) โดยระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ค่าการดูดกลืนแสงของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตลอดช่วงเวลาการเก็บรักษานาน 24 สัปดาห์ จากผลการทดลอง พบว่าเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น ผลิตภัณฑ์ที่มีการเติมน้ำผึ้ง 3% มีการเปลี่ยนแปลงค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากมีน้ำตาลรีดิวซ์ในผลิตภัณฑ์ปริมาณมาก จึงส่งผลให้การเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม ผลิตภัณฑ์ที่มีการเติมน้ำผึ้ง 1% มีการเปลี่ยนแปลงค่าการดูดกลืนแสงน้อยกว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้เติมน้ำผึ้งเลย ซึ่งจากผลการทดลองดังกล่าวจะเห็นได้ว่า การเติมน้ำผึ้งความเข้มข้น 1% สามารถป้องกันปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการออกซิเดชันของกรดแอสคอร์บิกได้ ในขณะที่การเติมน้ำผึ้งความเข้มข้น 3% แม้จะสามารถป้องกันการเกิดออกซิเดชันของกรดแอสคอร์บิกได้ แต่ผลของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่เพิ่มสูงขึ้นมากในผลิตภัณฑ์นั้นกลับส่งผลให้เกิดปฏิกิริยา Maillard ได้มากขึ้น ซึ่งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์จะเกิดได้มากขึ้นตามระยะเวลาในการเก็บรักษา (Sapers, 1993) ผลที่ได้สอดคล้องกับรายงานของ Wong และ Stanton (1989) ที่ศึกษาการเกิดสีน้ำตาลของน้ำกีวีเข้มข้นที่เก็บรักษาในขวดแก้ว ควบคุมอุณหภูมิ 20°ซ. ในช่วงเวลาการเก็บรักษานาน 10 สัปดาห์ โดยการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 nm. พบว่าค่าการดูดกลืนแสงในน้ำกีวีเพิ่มจาก 0.05 เป็น 0.14 ภายหลังการเก็บรักษานาน 10 สัปดาห์

ตารางที่ 4.17 ค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 nm.ของฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งในช่วงระยะเวลาการเก็บรักษา 24 สัปดาห์

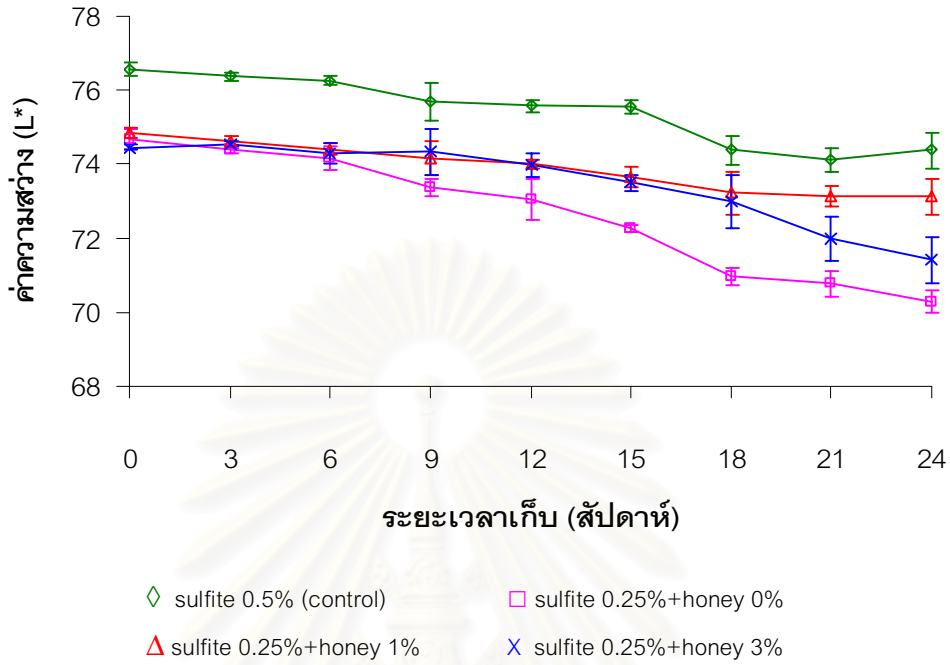
ระยะเวลาเก็บ (สัปดาห์)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 nm.			
	$Na_2S_2O_5$ 0.5% (control)	$Na_2S_2O_5$ 0.25% น้ำผึ้ง 0%	$Na_2S_2O_5$ 0.25% น้ำผึ้ง 1%	$Na_2S_2O_5$ 0.25% น้ำผึ้ง 3%
0	0.010^{hB}±0.001	0.015^{gA}±0.001	0.014^{gA}±0.000	0.015^{hA}±0.001
3	0.011^{ghB}±0.001	0.016^{gA}±0.001	0.016^{gA}±0.001	0.016^{ghA}±0.001
6	0.012^{gB}±0.001	0.016^{gA}±0.001	0.017^{fA}±0.001	0.018^{gA}±0.001
9	0.016^{fD}±0.001	0.022^{fB}±0.001	0.019^{eC}±0.001	0.024^{fA}±0.001
12	0.018^{eD}±0.001	0.025^{eB}±0.001	0.021^{dC}±0.001	0.028^{eA}±0.003
15	0.019^{dC}±0.001	0.029^{dA}±0.002	0.023^{dB}±0.001	0.032^{dA}±0.003
18	0.022^{cD}±0.001	0.031^{cB}±0.002	0.025^{cC}±0.001	0.037^{cA}±0.002
21	0.025^{bD}±0.001	0.039^{bB}±0.001	0.030^{bC}±0.001	0.045^{bA}±0.001
24	0.031^{aD}±0.001	0.046^{aB}±0.001	0.036^{aC}±0.001	0.050^{aA}±0.001

A,B,C,D ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

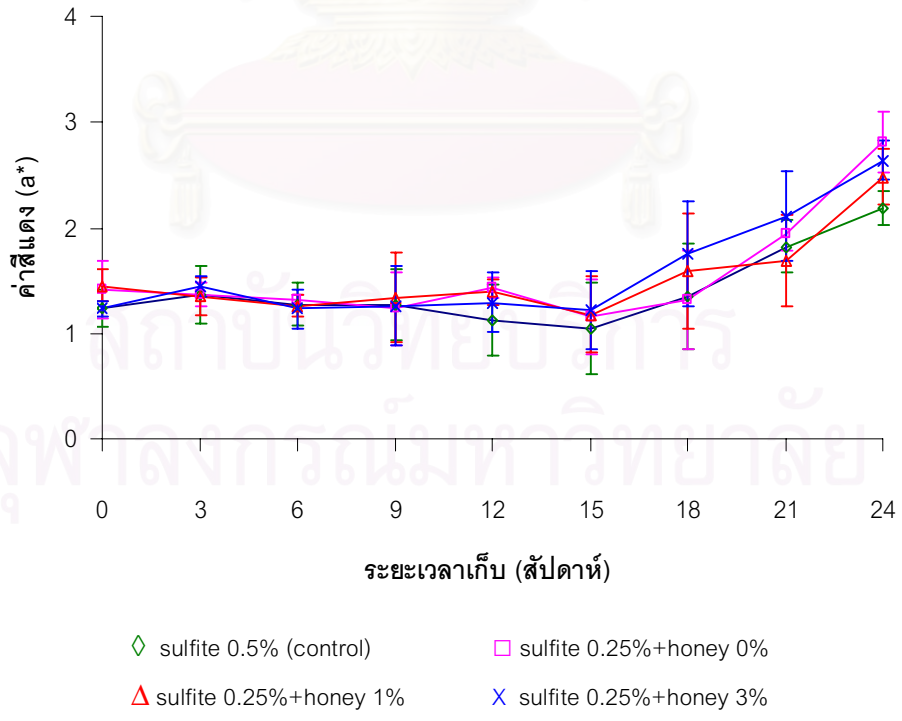
a,b,c... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแต่ละสดมภ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

4.5.2 ผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อค่าสีของผลิตภัณฑ์

เมื่อพิจารณาค่าสีในระบบ CIE L*a*b* ของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษานาน 24 สัปดาห์ (ตารางที่ ค 11) พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ค่าความสว่าง (L*) ของผลิตภัณฑ์ทั้งสามชนิดและตัวอย่างควบคุมมีแนวโน้มลดลง ในขณะที่ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) ของผลิตภัณฑ์ทั้งสามชนิดและตัวอย่างควบคุมมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น โดยผลของค่าความสว่าง (รูปที่ 4.1) พบว่าที่ระดับความเข้มข้นของโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์เดียวกัน ผลิตภัณฑ์ที่มีการเติมน้ำผึ้งมีค่าความสว่างสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีการเติมน้ำผึ้งตลอดระยะเวลการเก็บรักษานาน 24 สัปดาห์ ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับรายงานของ McLellan และคณะ (1995) ที่ศึกษาผลของการใช้น้ำผึ้งในการพัฒนาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ลูกเกด พบว่าการแช่องุ่นในสารละลายน้ำผึ้งความเข้มข้น 10 และ 20% ก่อนนำไปทำแห้งนั้นช่วยส่งเสริมให้ลูกเกดมีคุณภาพทางด้านสีดีขึ้น โดยลูกเกดมีค่าความสว่างและค่าสีเหลืองเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) จากการวัดค่าสีด้วยระบบ Hunter เมื่อเทียบกับการแช่องุ่นในสารละลายซัลไฟต์ความเข้มข้น 0.5% ก่อนนำไปทำแห้ง ผลของค่าสีแดง (รูปที่ 4.2) พบว่าผลิตภัณฑ์ทั้งสามชนิดและตัวอย่างควบคุม มีค่าสี

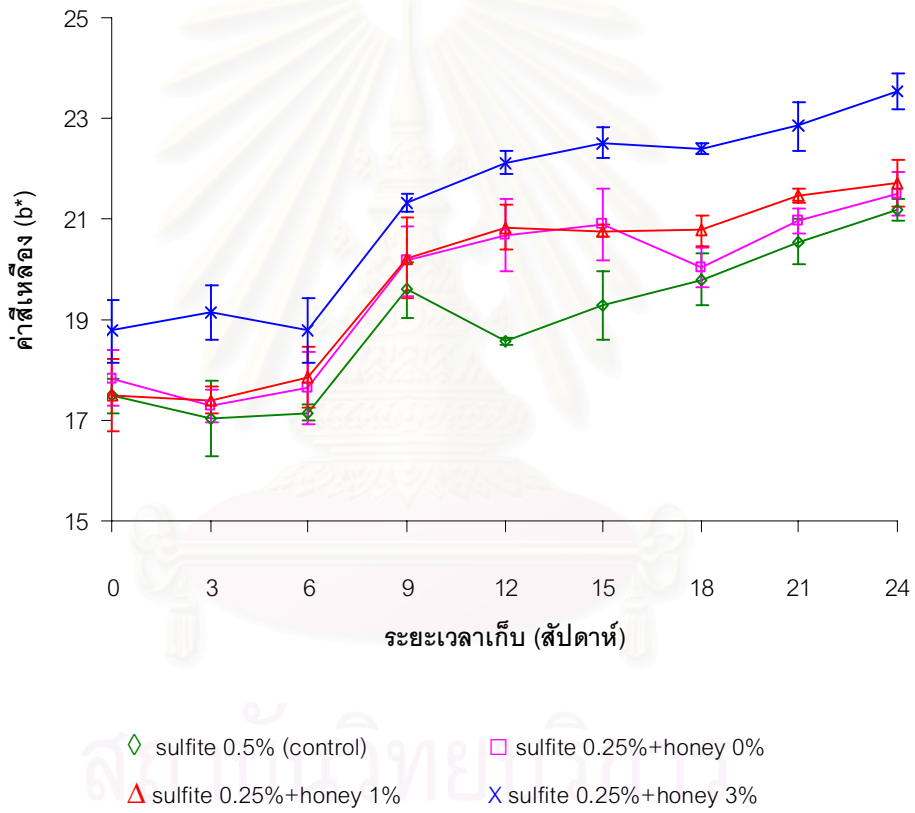


รูปที่ 4.1 ค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์ฝรั่งในช่วงการเก็บรักษา 24 สัปดาห์



รูปที่ 4.2 ค่าสีแดงของผลิตภัณฑ์ฝรั่งในช่วงการเก็บรักษา 24 สัปดาห์

แดงเพิ่มสูงขึ้นเล็กน้อยภายหลังการเก็บรักษานาน 24 สัปดาห์ โดยค่าสีแดงในช่วงเริ่มต้นของการเก็บรักษา (0 สัปดาห์) จนถึงการเก็บรักษานาน 24 สัปดาห์มีค่าอยู่ในช่วง 1-2 นอกจากนี้พบว่าค่าสีแดงของผลิตภัณฑ์ทั้งสามชนิดและตัวอย่างควบคุมมีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนผลของค่าสีเหลือง (รูปที่ 4.3) พบว่าผลิตภัณฑ์ที่มีการเติมน้ำผึ้งมีค่าสีเหลืองสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีการเติมน้ำผึ้งภายหลังการเก็บรักษานาน 24 สัปดาห์ และเมื่อเปรียบเทียบค่าสีเหลืองของผลิตภัณฑ์ทั้งสามชนิดกับตัวอย่างควบคุม พบว่าผลิตภัณฑ์ที่เติมน้ำผึ้ง 1% และผลิตภัณฑ์ที่ไม่เติมน้ำผึ้งมีค่าสีเหลืองใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุม ส่วนผลิตภัณฑ์ที่เติมน้ำผึ้ง 3% มีค่าสีเหลืองสูงสุด



รูปที่ 4.3 ค่าสีเหลืองของผลิตภัณฑ์ฝรั่งในช่วงการเก็บรักษา 24 สัปดาห์

เมื่อนำค่าจากการวัดสีในระบบ CIE L*a*b* (ตารางที่ ค 11) มาคำนวณค่า ΔE^*_{ab} โดยบ่งบอกความแตกต่างของค่าสีเมื่อเวลาการเก็บรักษานานขึ้นเทียบกับค่าสีเริ่มต้นที่ 0 สัปดาห์ แสดงดังตารางที่ 4.18 และรูปที่ 4.4 พบว่าในช่วง 6 สัปดาห์แรกของการเก็บรักษา ผลิตภัณฑ์ทั้งสามชนิดและตัวอย่างควบคุมมีการเปลี่ยนแปลงค่า ΔE^*_{ab} เพียงเล็กน้อย คือมีค่าน้อยกว่า 1 แต่

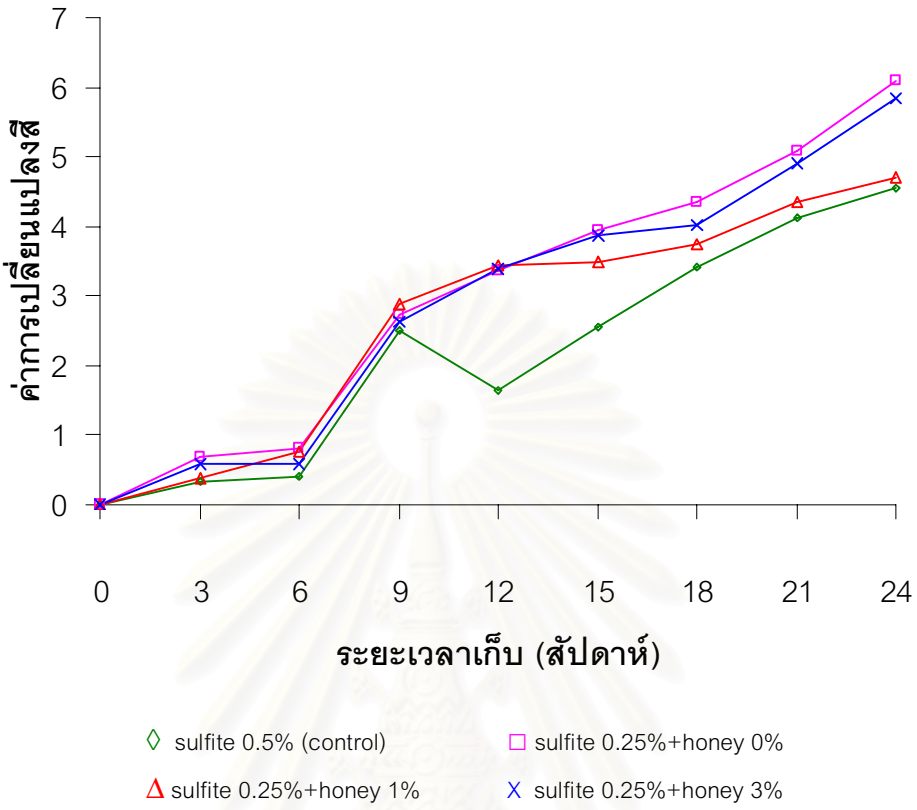
ภายหลังการเก็บรักษานาน 9 สัปดาห์เป็นต้นไป ผลิตภัณฑ์ทั้งสามชนิดและตัวอย่างควบคุมมีการเปลี่ยนแปลงค่า ΔE^*_{ab} เพิ่มสูงขึ้นมาก และมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตลอดในช่วงการเก็บรักษานาน 24 สัปดาห์ และเมื่อพิจารณาที่ระดับความเข้มข้นของโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.25% เท่ากัน พบว่าระดับความเข้มข้นของน้ำผึ้งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า ΔE^*_{ab} ของผลิตภัณฑ์ โดยผลิตภัณฑ์ที่เติมน้ำผึ้ง 1% มีการเปลี่ยนแปลงค่า ΔE^*_{ab} น้อยที่สุดเมื่อเทียบกับช่วงเริ่มต้นของการเก็บรักษาซึ่งให้ผลสอดคล้องกับค่าการเกิดสีน้ำตาลเช่นกัน (ตารางที่ 4.17)

ตารางที่ 4.18 ค่าการเปลี่ยนแปลงสีของฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งในช่วงระยะเวลาการเก็บรักษา 24 สัปดาห์

ระยะเวลาเก็บ (สัปดาห์)	ค่าการเปลี่ยนแปลงสี (ΔE^*_{ab})			
	$Na_2S_2O_5$ 0.5% (control)	$Na_2S_2O_5$ 0.25% น้ำผึ้ง 0%	$Na_2S_2O_5$ 0.25% น้ำผึ้ง 1%	$Na_2S_2O_5$ 0.25% น้ำผึ้ง 3%
0	-	-	-	-
3	0.34	0.67	0.38	0.57
6	0.40	0.82	0.77	0.58
9	2.50	2.72	2.88	2.62
12	1.64	3.35	3.43	3.39
15	2.56	3.93	3.50	3.87
18	3.40	4.34	3.74	4.01
21	4.12	5.07	4.35	4.90
24	4.55	6.08	4.69	5.83

ค่า ΔE^*_{ab} ของผลิตภัณฑ์ในแต่ละสดมภ์เป็นการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าสีหลังการเก็บรักษาที่ระยะเวลาต่าง ๆ เทียบกับค่าสีในช่วงเริ่มต้นการเก็บรักษา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.4 ค่าการเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์ฝรั่งในช่วงการเก็บรักษา 24 สัปดาห์

4.5.3 ผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในผลิตภัณฑ์

ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มีผลต่อการเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ รวมทั้งอาจส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในด้านเนื้อสัมผัส จึงจำเป็นต้องติดตามการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ซึ่งผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 4.19

ผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งพบว่า เมื่อเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มลดลงเพียงเล็กน้อย คือมีค่าลดลงอยู่ในช่วง 1-2% การลดลงของน้ำตาลรีดิวซ์อาจเนื่องมาจากผลของการเกิดปฏิกิริยา Maillard ที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างหมู่อัลดีไฮด์ของน้ำตาลรีดิวซ์กับหมู่อะมิโนของโปรตีน มีผลทำให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ลดลง ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับผลการเกิดสีน้ำตาลในตารางที่ 4.17 และพบว่าระดับความเข้มข้นของน้ำผึ้งมีผลต่อปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ ข 20) โดยผลิตภัณฑ์ที่เติมน้ำผึ้ง 3% มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มากที่สุด รองลงมาคือผลิตภัณฑ์ที่เติมน้ำผึ้ง 1% และผลิตภัณฑ์ที่ไม่เติมน้ำผึ้ง ตามลำดับ เนื่องจาก

องค์ประกอบหลักที่พบในน้ำผึ้งคือน้ำตาลรีดิวซ์ซึ่งมีปริมาณสูงถึง 76% (The National Honey Board, 2004) ดังนั้นการเพิ่มระดับความเข้มข้นของน้ำผึ้ง จึงเป็นการเพิ่มปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในผลิตภัณฑ์ให้มากขึ้นด้วย และเมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในตัวอย่างควบคุมเทียบกับผลิตภัณฑ์ทั้งสามชนิด พบว่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในตัวอย่างควบคุมมีค่าใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้เติมน้ำผึ้ง แต่มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์น้อยกว่าผลิตภัณฑ์ที่เติมน้ำผึ้ง 1 และ 3% ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในช่วงการเก็บรักษาไม่ขึ้นกับปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในฝรั่ง

ตารางที่ 4.19 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งในช่วงระยะเวลาการเก็บรักษา 24 สัปดาห์

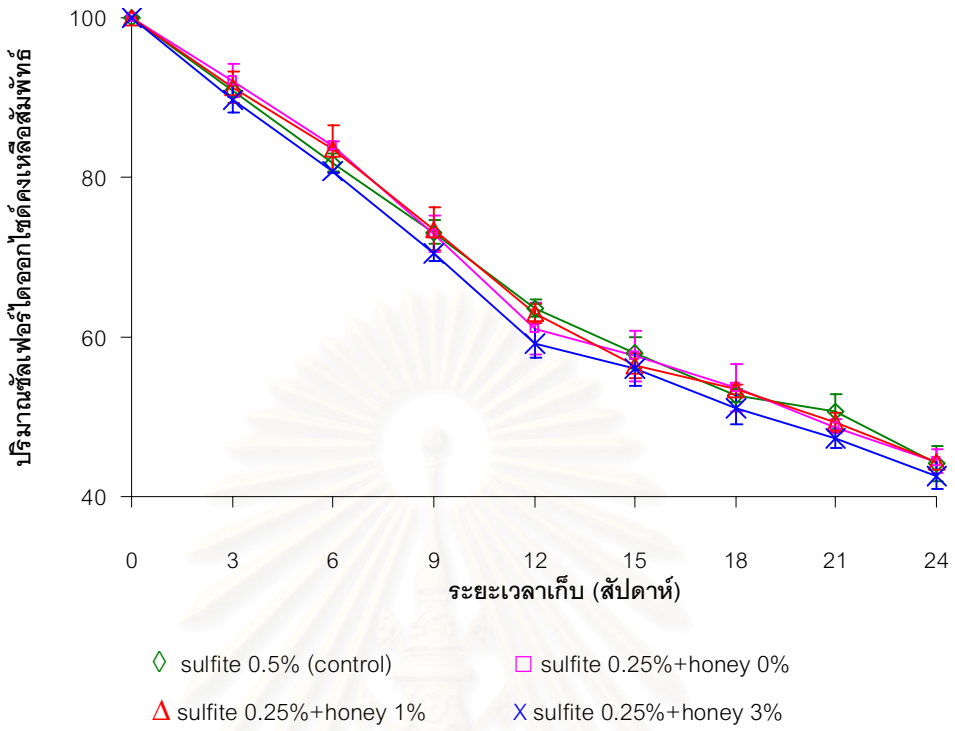
ระยะเวลาเก็บ (สัปดาห์)	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (%)			
	$Na_2S_2O_5$ 0.5% (control)	$Na_2S_2O_5$ 0.25% น้ำผึ้ง 0%	$Na_2S_2O_5$ 0.25% น้ำผึ้ง 1%	$Na_2S_2O_5$ 0.25% น้ำผึ้ง 3%
0	17.12^{aC}±0.20	17.16^{aC}±0.14	18.02^{aB}±0.45	19.53^{aA}±0.43
3	17.20^{aB}±0.08	17.14^{aB}±0.18	17.92^{aB}±0.50	19.38^{aA}±0.61
6	17.06^{aC}±0.41	17.10^{aC}±0.24	18.17^{aB}±0.36	19.40^{aA}±0.44
9	17.02^{aC}±0.55	16.98^{aC}±0.16	18.01^{aB}±0.32	19.33^{aA}±0.65
12	16.92^{aC}±0.46	17.03^{aC}±0.29	18.04^{aB}±0.39	19.17^{aA}±0.36
15	16.58^{abC}±0.30	16.37^{bC}±0.46	17.78^{abB}±0.22	18.77^{abA}±0.34
18	16.15^{bcC}±0.30	16.06^{bC}±0.18	17.53^{abcB}±0.37	18.15^{bcA}±0.33
21	15.73^{cdC}±0.35	15.42^{cC}±0.37	17.15^{bcB}±0.28	17.78^{cA}±0.29
24	15.27^{dC}±0.20	15.18^{cC}±0.31	16.88^{cB}±0.33	17.46^{cA}±0.10

A,B,C ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

a,b,c... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแต่ละสดมภ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

4.5.4 ผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์คงเหลือสัมพัทธ์ของผลิตภัณฑ์

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของซัลเฟอร์ไดออกไซด์คงเหลือสัมพัทธ์ของผลิตภัณฑ์ในช่วงการเก็บรักษาเพื่อให้ทราบถึงปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เหลืออยู่ เนื่องจากซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีผลในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลทั้งช่วงการผลิตและช่วงการเก็บรักษา (Ough, 1983) นอกจากนี้ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ยังช่วยยับยั้งจุลินทรีย์อีกด้วย แต่อย่างไรก็ตามหากปริมาณ



รูปที่ 4.5 ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์คงเหลือสัมพัทธ์ของฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งในช่วงระยะเวลาการเก็บรักษา 24 สัปดาห์

ซัลเฟอร์ไดออกไซด์เหลือในผลิตภัณฑ์มากอาจมีผลกระทบต่อผู้บริโภคที่เป็นโรคเกี่ยวกับทางเดินหายใจ (Sapers, 1993) ผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์คงเหลือสัมพัทธ์ของผลิตภัณฑ์ตลอดอายุการเก็บ 24 สัปดาห์ แสดงดังรูปที่ 4.5 (ตารางที่ ค 13)

เมื่อพิจารณาปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์คงเหลือสัมพัทธ์ของผลิตภัณฑ์ที่มีการใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.25% ทั้งสามชนิด ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกันตลอด 24 สัปดาห์ พบว่าผลิตภัณฑ์ทั้งสามชนิดมีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์คงเหลือสัมพัทธ์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) (ตารางที่ ข 22 และตารางที่ ค 14) แสดงว่าระดับความเข้มข้นของน้ำผึ้งที่เติมลงในสารละลายผสมในช่วงการแช่ไม่มีผลต่อปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์คงเหลือสัมพัทธ์ในผลิตภัณฑ์ ส่วนผลของระยะเวลาในการเก็บรักษา พบว่าเมื่อเวลาในการเก็บนานขึ้นส่งผลให้ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์คงเหลือสัมพัทธ์ของผลิตภัณฑ์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ซึ่งการลดลงของปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์คงเหลือสัมพัทธ์นี้ให้ผลสอดคล้องกับค่าการเกิดสีน้ำตาล (ตารางที่ 4.17) และค่า ΔE^*_{ab} (ตารางที่ 4.18) ที่เพิ่มสูงขึ้นของผลิตภัณฑ์ เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างไบซัลไฟต์อิออนกับหมู่

อัลดีไฮด์ของน้ำตาลรีดิวซ์ จึงส่งผลให้มีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์คงเหลือสัมพัทธ์ลดลง รวมทั้งอุณหภูมิในการเก็บและเวลาที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์คงเหลือสัมพัทธ์ลดลง เพราะซัลเฟอร์ไดออกไซด์สามารถระเหยออกไปได้จากผลิตภัณฑ์ จึงทำให้ประสิทธิภาพในการป้องการการเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ลดลง (Ough, 1983) ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับรายงานของ Silveira และคณะ (1996) ที่ศึกษาอายุการเก็บรักษาสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งโดยพบว่าอุณหภูมิที่สูงขึ้นและเวลาการเก็บนานขึ้น ส่งผลให้ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ลดลง โดยการเก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 เดือนจะทำให้ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ลดลงประมาณ 50 % ในขณะที่พบว่าปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ลดลงประมาณ 90% หลังการเก็บที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 เดือน

4.5.5 ผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อค่าเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์

ผลการวัดค่าเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้ง ทางด้านค่าความแข็ง ค่างานที่ใช้ในการตัด และค่า adhesiveness แสดงดังตารางที่ 4.20 4.21 และ 4.22 ตามลำดับ พบว่าระดับความเข้มข้นของน้ำผึ้งมีผลต่อค่าเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยระดับความเข้มข้นของน้ำผึ้งที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความแข็ง และค่างานที่ใช้ในการตัด มีค่าลดลง ส่วนค่า adhesiveness มีค่าเพิ่มขึ้น

ผลการวัดค่าเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ทั้งสามชนิดที่เติมโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.25% เท่ากัน ในช่วง 9 สัปดาห์แรกของการเก็บรักษา พบว่าค่าความแข็ง ค่างานที่ใช้ในการตัด และค่า adhesiveness ของผลิตภัณฑ์ทั้งสามชนิดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (ตารางที่ ข 24) แต่ภายหลังการเก็บรักษานาน 12 สัปดาห์เป็นต้นไป พบว่าระดับความเข้มข้นของน้ำผึ้งส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีค่าเนื้อสัมผัสแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ ข 24) โดยที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 24 สัปดาห์ ผลิตภัณฑ์ที่ไม่เติมน้ำผึ้งมีการเปลี่ยนแปลงค่าความแข็ง ค่างานที่ใช้ในการตัด และค่า adhesiveness สูงสุด ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่เติมน้ำผึ้ง 3% มีการเปลี่ยนแปลงค่าความแข็งและค่า adhesiveness น้อยที่สุด และมีการเปลี่ยนแปลงค่างานที่ใช้ในการตัดใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ที่เติมน้ำผึ้ง 1 % เมื่อเทียบกับช่วงแรกของการเก็บรักษา แสดงให้เห็นว่าระดับความเข้มข้นของน้ำผึ้งที่เพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีการเปลี่ยนแปลงค่าเนื้อสัมผัสน้อยลง จึงทำให้ผลิตภัณฑ์ที่เติมน้ำผึ้ง 3% มีเนื้อสัมผัสค่อนข้างสม่ำเสมอ และใกล้เคียงกับช่วงแรกของการเก็บรักษามากสุดเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่เติมน้ำผึ้ง 1% และผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้เติมน้ำผึ้ง และเมื่อพิจารณาค่าเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิดในระหว่าง

ตารางที่ 4.20 ค่าความแข็งของฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งในช่วงระยะเวลาการเก็บรักษา 24 สัปดาห์

ระยะเวลาเก็บ (สัปดาห์)	ความแข็ง (hardness,g)			
	$Na_2S_2O_5$ 0.5% (control)	$Na_2S_2O_5$ 0.25% น้ำผึ้ง 0%	$Na_2S_2O_5$ 0.25% น้ำผึ้ง 1%	$Na_2S_2O_5$ 0.25% น้ำผึ้ง 3%
0^{ns}	4378.2^{f}±194.9	4424.0^{f}±152.2	4334.1^{d}±202.5	4276.6^{d}±255.5
3^{ns}	4637.0^{ef}±193.4	4575.2^{f}±268.0	4503.8^{cd}±188.9	4453.5^{c}±221.8
6^{ns}	4783.4^{e}±243.8	4693.9^{f}±192.9	4628.5^{c}±205.3	4574.7^{c}±362.2
9^{ns}	5288.9^{d}±345.8	5187.1^{e}±409.0	5202.0^{b}±323.2	4835.8^{b}±262.4
12	5542.5^{dA}±266.1	5494.8^{dAB}±272.9	5230.2^{bB}±252.2	4929.3^{bC}±265.6
15	5855.1^{cA}±265.0	5783.2^{cA}±287.4	5419.3^{bB}±301.8	5293.8^{aB}±280.5
18	6042.1^{bcA}±394.3	6152.5^{bA}±224.6	5730.0^{aB}±211.5	5213.8^{aC}±216.9
21	6203.2^{abA}±475.8	6234.0^{bA}±248.0	5744.2^{aB}±344.4	5330.3^{aC}±336.8
24	6432.4^{aA}±247.0	6405.0^{aA}±261.6	5884.2^{aB}±225.7	5476.6^{aC}±270.7

A,B,C,D ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

a,b,c... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแต่ละสดมภ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

ns ข้อมูลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 4.21 ค่างานที่ใช้ในการกัดเคี้ยวของฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งในช่วงระยะเวลาการเก็บรักษา 24 สัปดาห์

ระยะเวลาเก็บ (สัปดาห์)	งานที่ใช้ในการตัด (cutting work,g.mm)			
	$Na_2S_2O_5$ 0.5% (control)	$Na_2S_2O_5$ 0.25% น้ำผึ้ง 0%	$Na_2S_2O_5$ 0.25% น้ำผึ้ง 1%	$Na_2S_2O_5$ 0.25% น้ำผึ้ง 3%
0^{ns}	18091.6^{d}±1500.6	18625.6^{d}±2183.6	18100.7^{c}±1959.0	17410.7^{c}±1627.2
3^{ns}	19888.6^{d}±1573.7	20220.3^{cd}±2187.0	20161.9^{b}±1756.0	18351.1^{c}±1200.3
6^{ns}	21947.4^{c}±2445.7	20987.0^{c}±2324.3	20432.2^{b}±2291.7	18780.0^{c}±2149.5
9^{ns}	21898.1^{c}±2403.4	21314.7^{bc}±2433.9	20950.8^{ab}±2120.0	19820.9^{abc}±1971.2
12	23859.4^{abA}±2729.6	23711.0^{aA}±2683.5	21519.1^{abA}±1853.2	19092.4^{bcB}±1632.8
15	23957.2^{abA}±1884.0	23393.8^{abAB}±1879.5	21833.8^{abBC}±1584.3	20969.4^{aC}±2221.9
18	23770.1^{abA}±1353.0	23986.0^{aA}±1493.8	21612.2^{abB}±1655.4	20650.1^{abB}±1613.8
21	23587.0^{bA}±1292.1	23236.0^{abA}±1643.0	21987.2^{abAB}±2025.4	20400.1^{abB}±1073.1
24	24243.8^{aA}±1748.3	24065.4^{aA}±1846.0	22376.3^{aB}±1523.2	21216.4^{aB}±1350.8

A,B,C,D ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

a,b,c... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแต่ละสดมภ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

ns ข้อมูลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 4.22 ค่า adhesiveness ของฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งในช่วงระยะเวลาการเก็บรักษา 24 สัปดาห์

ระยะเวลาเก็บ (สัปดาห์)	ค่า adhesiveness (g.mm)			
	$Na_2S_2O_5$ 0.5% (control)	$Na_2S_2O_5$ 0.25% น้ำผึ้ง 0%	$Na_2S_2O_5$ 0.25% น้ำผึ้ง 1%	$Na_2S_2O_5$ 0.25% น้ำผึ้ง 3%
0^{ns}	470.6^{a}±28.7	463.5^{a}±25.9	473.4^{ab}±26.0	501.0^{a}±43.8
3^{ns}	451.9^{ab}±35.1	453.9^{ab}±29.8	482.8^{a}±42.8	491.0^{a}±34.1
6^{ns}	437.4^{bc}±28.0	442.2^{ab}±38.9	461.6^{a}±30.7	481.0^{a}±32.2
9^{ns}	441.4^{abc}±35.7	438.2^{ab}±28.9	458.2^{ab}±42.8	473.6^{ab}±32.8
12	430.7^{bcB}±31.0	431.9^{abB}±24.9	459.9^{abAB}±28.7	482.0^{abA}±24.8
15	418.0^{cB}±29.1	424.6^{bB}±33.7	444.4^{bAB}±28.0	469.0^{abcA}±34.6
18	383.4^{dB}±39.7	392.0^{cB}±48.0	412.3^{cB}±25.4	454.4^{bcA}±37.6
21	343.8^{eC}±35.7	342.0^{dC}±34.3	388.1^{cB}±20.1	436.9^{cA}±26.5
24	293.8^{fC}±23.0	307.4^{eC}±17.7	355.8^{dB}±22.1	403.2^{dA}±19.3

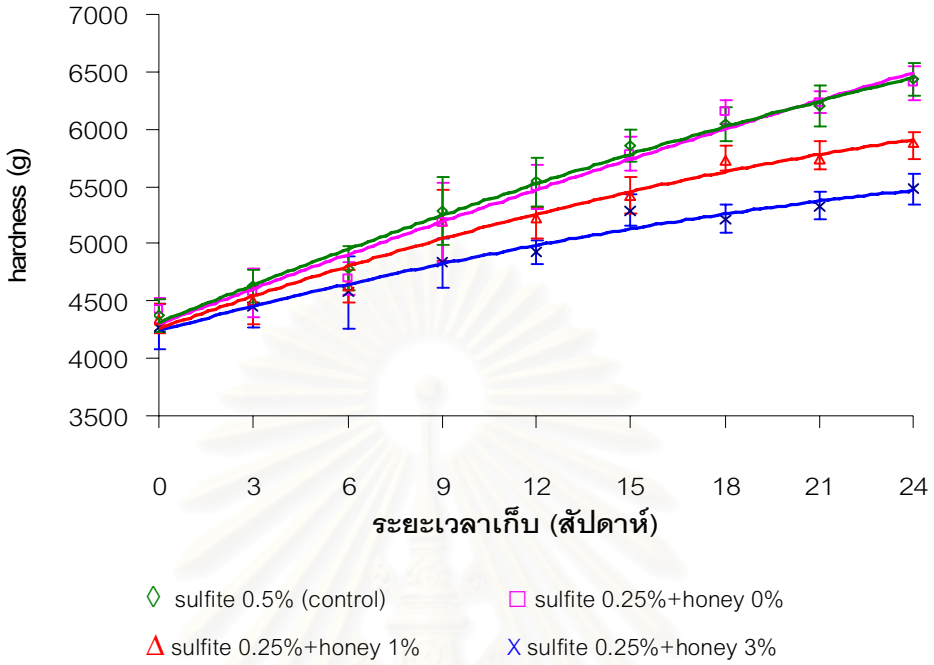
A,B,C,D ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

a,b,c... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแต่ละสดมภ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

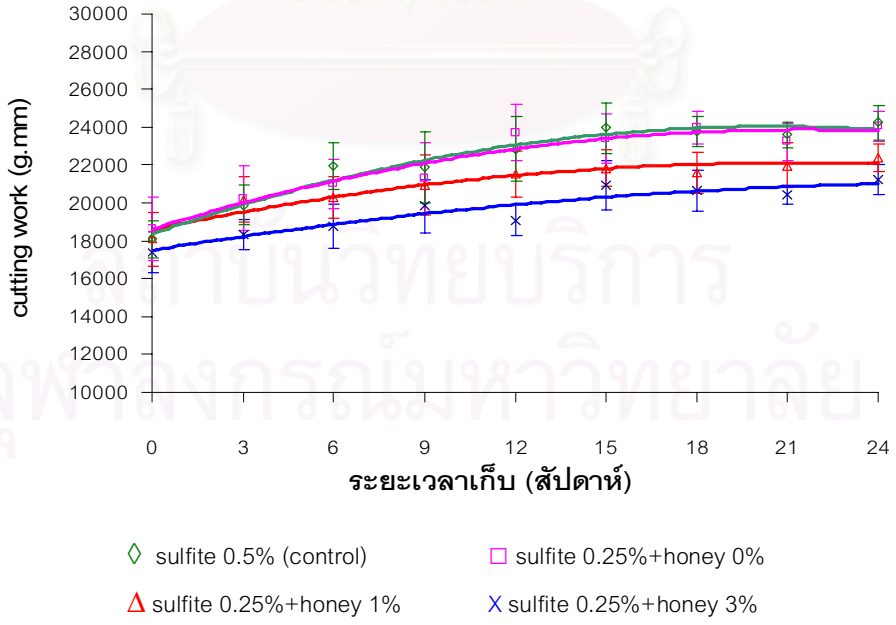
ns ข้อมูลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

การเก็บรักษา 24 สัปดาห์เทียบกับตัวอย่างทางการค้า (ตารางที่ 4.6) พบว่าผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิดมีการเปลี่ยนแปลงค่าเนื้อสัมผัสแตกต่างจากตัวอย่างทางการค้า ทั้งนี้เนื่องมาจากผลิตภัณฑ์มีองค์ประกอบของน้ำผึ้งซึ่งแตกต่างจากตัวอย่างทางการค้า จึงส่งผลให้การเปลี่ยนแปลงค่าเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิดแตกต่างจากตัวอย่างทางการค้า

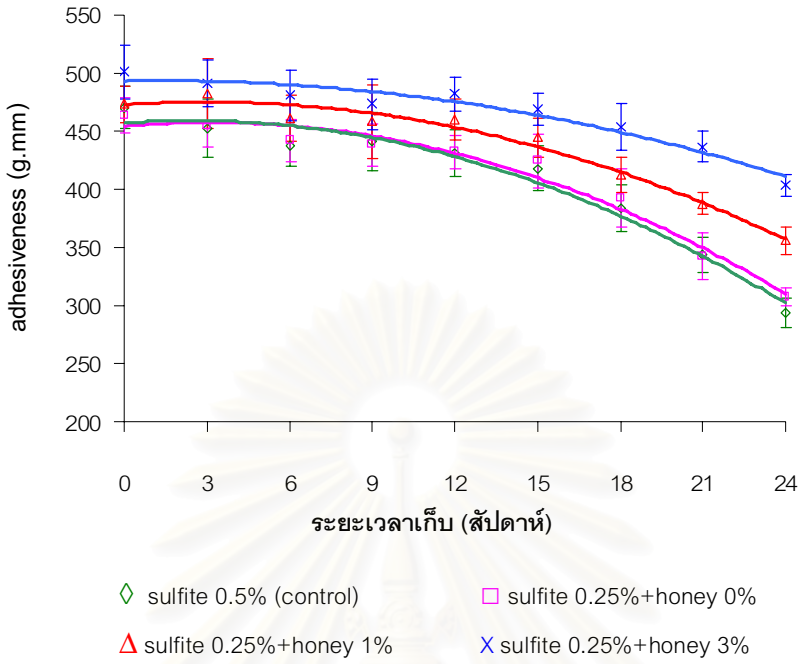
ผลของระยะเวลาการเก็บรักษา พบว่าระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความแข็ง ค่างานที่ใช้ในการตัด เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ ข 25-ข 27) ส่วนค่า adhesiveness มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ ข 25-ข 27) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานาน 24 สัปดาห์ โดยผลของค่าความแข็ง (รูปที่ 4.6) พบว่าผลิตภัณฑ์ที่เติมน้ำผึ้ง 3% มีค่าความแข็งเพิ่มขึ้นน้อยสุด รองลงมาคือผลิตภัณฑ์ที่เติมน้ำผึ้ง 1% ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่ไม่เติมน้ำผึ้งมีค่าความแข็งเพิ่มสูงขึ้นมากที่สุด ภายหลังการเก็บรักษานาน 24 สัปดาห์ ผลของค่างานที่ใช้ในการตัด (รูปที่ 4.7) พบว่าผลิตภัณฑ์ที่เติมน้ำผึ้ง 1 และ 3% มีค่างานที่ใช้ในการตัดเพิ่มขึ้นน้อยกว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่เติมน้ำผึ้งภายหลังการเก็บรักษานาน 24 สัปดาห์ ผลของค่า adhesiveness (รูปที่ 4.8) พบว่าผลิตภัณฑ์ที่เติมน้ำผึ้ง 3% มีค่า adhesiveness ลดลงน้อยสุด รองลงมาคือผลิตภัณฑ์ที่เติมน้ำผึ้ง 1% ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่ไม่เติมน้ำผึ้งมีค่า adhesiveness ลดลงมากที่สุดหลังการเก็บรักษานาน 24 สัปดาห์



รูปที่ 4.6 ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ฝรั่งในช่วงการเก็บรักษา 24 สัปดาห์



รูปที่ 4.7 ค่างานที่ใช้ในการตัดของผลิตภัณฑ์ฝรั่งในช่วงการเก็บรักษา 24 สัปดาห์



รูปที่ 4.8 ค่า adhesiveness ของผลิตภัณฑ์ฝรั่งในช่วงการเก็บรักษา 24 สัปดาห์

เมื่อพิจารณาค่าเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ทั้งสามชนิดเทียบกับตัวอย่างควบคุม พบว่าตัวอย่างควบคุมมีการเปลี่ยนแปลงค่าเนื้อสัมผัสมากที่สุด ภายหลังการเก็บรักษานาน 24 สัปดาห์ ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงค่าเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่ไม่เติมน้ำผึ้ง เนื่องจากผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ใกล้เคียงกัน ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่เติมน้ำผึ้ง 3% มีการเปลี่ยนแปลงค่าเนื้อสัมผัสน้อยกว่าผลิตภัณฑ์ที่เติมน้ำผึ้ง 1% ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระดับความเข้มข้นของน้ำผึ้งที่เพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีการเปลี่ยนแปลงค่าเนื้อสัมผัสน้อยลง ทั้งนี้เนื่องจากชนิดและปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (ฟรุคโตสและกลูโคส) ในน้ำผึ้งในปริมาณที่แตกต่างกันมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัส ผลิตภัณฑ์ที่เติมน้ำผึ้งจึงมีเนื้อสัมผัสสม่ำเสมอและใกล้เคียงกับช่วงแรกของการเก็บรักษามากกว่าเมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม โดยให้ผลสอดคล้องกับงานวิจัยของ McLellan และคณะ (1995) ที่ศึกษาผลของการใช้น้ำผึ้งในการพัฒนาคุณภาพผลิตภัณฑ์ลูกเกด พบว่าการแช่องุ่นในสารละลายน้ำผึ้งเข้มข้น 10% ก่อนนำไปทำแห้งนั้นช่วยส่งเสริมให้ลูกเกดมีเนื้อสัมผัสที่อ่อนนุ่มและเคี้ยวง่ายกว่าเมื่อเทียบกับตัวอย่างทางการค้าที่ไม่ใช้น้ำผึ้ง อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้ไม่สามารถบ่งชี้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ทางด้านเนื้อสัมผัสที่ดีที่สุดระหว่างผลิตภัณฑ์ที่เติมน้ำผึ้ง 1 และ 3% ได้อย่างชัดเจน เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงค่าเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่เติมน้ำผึ้ง 1 และ 3% ที่วัดจากเครื่องมือจะทราบเพียงลักษณะเชิงคุณภาพทางด้านหนึ่งเท่านั้น ต้องพิจารณาคุณภาพทางด้านอื่นร่วมด้วย เช่นการทดสอบทางประสาทสัมผัส เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ร่วมกันในการพิจารณา

4.5.6 ผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อปริมาณความชื้นและค่า a_w ของผลิตภัณฑ์

ผลของการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ในช่วงการเก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์ แสดงดังตารางที่ 4.23 พบว่าปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งทั้งสามชนิดและตัวอย่างควบคุมไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) (ตารางที่ ข 29) เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น และไม่พบความแตกต่างของปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) (ตารางที่ ข 28) เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเท่ากัน แสดงให้เห็นว่าระดับความเข้มข้นของน้ำผึ้งไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ในช่วงการเก็บรักษา

ตารางที่ 4.23 ปริมาณความชื้นของฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งในช่วงระยะเวลาการเก็บรักษา 24 สัปดาห์

ระยะเวลาเก็บ[ns] (สัปดาห์)	ปริมาณความชื้น (%)			
	$Na_2S_2O_5$ 0.5%[ns] (control)	$Na_2S_2O_5$ 0.25%[ns] น้ำผึ้ง 0%	$Na_2S_2O_5$ 0.25%[ns] น้ำผึ้ง 1%	$Na_2S_2O_5$ 0.25%[ns] น้ำผึ้ง 3%
0	15.44±0.17	15.51±0.12	15.52±0.07	15.64±0.20
3	15.49±0.29	15.47±0.32	15.51±0.38	15.58±0.10
6	15.40±0.18	15.38±0.26	15.44±0.12	15.51±0.09
9	15.32±0.17	15.39±0.21	15.47±0.19	15.42±0.16
12	15.24±0.22	15.30±0.06	15.49±0.21	15.56±0.06
15	15.19±0.21	15.23±0.12	15.41±0.04	15.52±0.15
18	15.20±0.22	15.16±0.04	15.31±0.17	15.43±0.28
21	15.01±0.31	15.08±0.07	15.22±0.45	15.35±0.34
24	14.96±0.30	14.91±0.21	15.13±0.19	15.28±0.15

ns ข้อมูลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ผลของการเปลี่ยนแปลงค่า a_w ของผลิตภัณฑ์ในช่วงการเก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์ แสดงดังตารางที่ 4.24 พบว่าระดับความเข้มข้นของน้ำผึ้งมีผลต่อค่า a_w ของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq$0.05) (ตารางที่ ข 30) โดยผลิตภัณฑ์ที่เติมน้ำผึ้งมีค่า a_w น้อยกว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้เติมน้ำผึ้งและตัวอย่างควบคุม ผลิตภัณฑ์ที่เติมน้ำผึ้ง 3% มีค่า a_w ต่ำสุดคืออยู่ในช่วง 0.605-0.607 ส่วนผลิตภัณฑ์ที่เติมน้ำผึ้ง 1% มีค่า a_w อยู่ในช่วง 0.615-0.617 ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้เติมน้ำผึ้งและตัวอย่างควบคุมมีค่า a_w สูงสุดคือมีค่าอยู่ในช่วง 0.644-0.645 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากน้ำตาลรีดิวซ์ในน้ำผึ้งเป็นสารประกอบที่มีหมู่ hydroxyl ในโมเลกุลจำนวน

มาก จึงส่งผลให้มีการสร้างพันธะไฮโดรเจนกับโมเลกุลของน้ำได้เป็นอย่างดี ทำให้ปริมาณน้ำอิสระน้อยลง ทำให้สามารถลดค่า a_w ลงได้มากกว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่เติมน้ำผึ้ง (Kitts, 2004) ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับค่าเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ (ตารางที่ 4.20-4.22) ที่พบว่าผลิตภัณฑ์ที่มีการเติมน้ำผึ้งในขั้นตอนการแช่จะมีเนื้อสัมผัสที่อ่อนนุ่มกว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่เติมน้ำผึ้ง เนื่องจากมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในผลิตภัณฑ์ที่สามารถจับกับโมเลกุลของน้ำได้ดี จึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะที่ชุ่มชื้น และไม่แข็งกระด้าง นอกจากนี้พบว่าระยะเวลาการเก็บรักษา ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า a_w ของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้ง

ตารางที่ 4.24 การเปลี่ยนแปลงค่า a_w ของฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งในช่วงระยะเวลาการเก็บรักษา 24 สัปดาห์

ระยะเวลาเก็บ (สัปดาห์)	a_w			
	$Na_2S_2O_5$ 0.5%^{ns} (control)	$Na_2S_2O_5$ 0.25%^{ns} น้ำผึ้ง 0%	$Na_2S_2O_5$ 0.25%^{ns} น้ำผึ้ง 1%	$Na_2S_2O_5$ 0.25%^{ns} น้ำผึ้ง 3%
0	0.645^{A}±0.002	0.644^{A}±0.001	0.617^{B}±0.003	0.607^{C}±0.002
3	0.645^{A}±0.004	0.645^{A}±0.002	0.618^{B}±0.001	0.607^{C}±0.002
6	0.642^{A}±0.002	0.645^{A}±0.003	0.615^{B}±0.002	0.605^{C}±0.002
9	0.646^{A}±0.002	0.644^{A}±0.004	0.616^{B}±0.001	0.607^{C}±0.001
12	0.645^{A}±0.002	0.645^{A}±0.002	0.617^{B}±0.001	0.607^{C}±0.001
15	0.645^{A}±0.002	0.645^{A}±0.002	0.617^{B}±0.002	0.606^{C}±0.002
18	0.644^{A}±0.002	0.645^{A}±0.001	0.615^{B}±0.001	0.606^{C}±0.002
21	0.645^{A}±0.002	0.644^{A}±0.001	0.615^{B}±0.001	0.605^{C}±0.001
24	0.644^{A}±0.002	0.645^{A}±0.001	0.616^{B}±0.001	0.605^{C}±0.003

A,B,C ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)
ns ข้อมูลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

4.5.7 ผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด ยีสต์และรา ในผลิตภัณฑ์

การเสื่อมเสียของอาหารเนื่องจากจุลินทรีย์จะเกิดเร็วกว่าปฏิกิริยาจากเอนไซม์หรือปฏิกิริยาทางเคมีซึ่งจะเกิดอย่างช้า ๆ ในระหว่างการเก็บรักษา เพราะปริมาณน้ำในอาหารเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดในการควบคุมอัตราการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ ซึ่งในผลไม้แช่อิ่มอบแห้งจะมีปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์ที่น้อยกว่าอาหารสดทั่วไปคือมีความชื้นไม่เกิน 18% (มาตรฐานอุตสาหกรรมผลไม้แห้ง, 2532) ผลการตรวจหาปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด ยีสต์และรา พบว่าผลิตภัณฑ์ทั้งสี่ชนิด มีจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดมีค่าน้อยกว่า 300 CFU/g และไม่พบปริมาณยีสต์

และรา ทั้งนี้อาจเนื่องจากปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญเติบโตได้เพราะผลิตภัณฑ์มีค่า Aw ต่ำคืออยู่ในช่วง 0.607-0.645 (ตารางที่4.24) และนอกจากนี้อาจเป็นเพราะผลิตภัณฑ์มีสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ซึ่งมีสมบัติในการยับยั้งจุลินทรีย์ โดยตามข้อกำหนดของมาตรฐานอุตสาหกรรมผลไม้แห้ง กำหนดให้มีปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดมีได้ไม่เกิน 10,000 CFU/g และปริมาณยีสต์และราไม่เกิน 100 CFU/g (มาตรฐานอุตสาหกรรมผลไม้แห้ง, 2532)

4.5.8 ผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์

ในช่วงการเก็บรักษาจำเป็นต้องมีการทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อประเมินการยอมรับของผู้บริโภคเนื่องจากผลิตภัณฑ์อาจมีการเปลี่ยนแปลงทั้งทางกายภาพและเคมี สำหรับการทดสอบทางประสาทสัมผัสในช่วงการเก็บรักษานี้ จะให้ผู้ทดสอบพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ในด้านสี การหดตัวของผลิตภัณฑ์ ลักษณะเนื้อสัมผัสที่ปรากฏ (รวมถึงการเกิดผลึกน้ำตาลในผลิตภัณฑ์) และการยอมรับโดยรวมต่อลักษณะปรากฏ ใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 คน โดยทดสอบการยอมรับแบบ acceptance test (9 คะแนนหมายถึงยอมรับมากที่สุด และ 1 คะแนน หมายถึงไม่ยอมรับมากที่สุด) แบบทดสอบตามภาคผนวก ง.2 ให้ผู้ทดสอบประเมินความชอบ จำนวน 30 คน ทำการทดสอบทั้งหมด 3 ซ้ำ

ผลการยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้านสี แสดงดังตารางที่ 4.25 พบว่าในช่วง 6 สัปดาห์แรกของการเก็บรักษา ผลิตภัณฑ์ทั้งสามชนิดและตัวอย่างควบคุม มีค่าการยอมรับทางด้านสีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) (ตารางที่ ข.32) แต่ภายหลังการเก็บรักษานาน 9 สัปดาห์เป็นต้นไป ผลิตภัณฑ์ทั้งสามชนิดมีค่าการยอมรับแตกต่างกันอย่างชัดเจนมากขึ้น โดยผลิตภัณฑ์ที่ไม่เติมน้ำผึ้งมีการยอมรับทางด้านสีต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ที่เติมน้ำผึ้งตลอดการเก็บรักษา 24 สัปดาห์ ($P\leq$0.05) ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่เติมน้ำผึ้ง 3% เริ่มมีการยอมรับทางด้านสีต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ที่เติมน้ำผึ้ง 1% ภายหลังการเก็บรักษานาน 21 สัปดาห์เป็นต้นไป และเมื่อพิจารณาค่าการยอมรับทางด้านสีของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิดเทียบกับตัวอย่างควบคุม พบว่าผลิตภัณฑ์ที่เติมน้ำผึ้ง 1% มีค่าการยอมรับใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุมมากสุด ภายหลังการเก็บรักษานาน 24 สัปดาห์ ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับค่าการเกิดสีน้ำตาล (ตารางที่ 4.17) และค่า ΔE^*_{ab} (ตารางที่ 4.18) ของผลิตภัณฑ์ที่พบว่าผลิตภัณฑ์ที่มีการเติมน้ำผึ้ง 1% มีค่าการเกิดสีน้ำตาลและค่า ΔE^*_{ab} น้อยกว่าผลิตภัณฑ์ที่ภาวะอื่น และมีค่าใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุมมากที่สุด

ตารางที่ 4.25 คะแนนประเมินผลทางประสาทสัมผัสของฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งทางด้านสีตลอดระยะเวลาการเก็บ 24 สัปดาห์

ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)	คะแนนประเมินผลด้านสี			
	$Na_2S_2O_5$ 0.5% (control)	$Na_2S_2O_5$ 0.25% น้ำผึ้ง 0%	$Na_2S_2O_5$ 0.25% น้ำผึ้ง 1%	$Na_2S_2O_5$ 0.25% น้ำผึ้ง 3%
0^{ns}	6.7±0.8	6.5±1.0	6.5±0.7	6.3±0.9
3^{ns}	6.6±1.0	6.3±0.9	6.4±0.9	6.3±0.7
6^{ns}	6.4±0.7	6.1±1.0	6.3±0.8	6.0±1.2
9	6.3^{A}±0.8	5.5^{B}±0.9	6.1^{A}±0.8	5.6^{B}±1.1
12	6.1^{A}±0.8	5.5^{B}±0.7	6.0^{A}±0.8	5.9^{AB}±0.6
15	6.0^{A}±0.7	5.4^{B}±0.7	5.8^{A}±0.6	5.7^{AB}±0.7
18	5.8^{A}±1.0	5.2^{B}±1.1	5.6^{A}±0.6	5.5^{AB}±1.0
21	5.5^{A}±0.7	4.7^{B}±1.4	5.2^{A}±1.0	4.9^{B}±1.3
24	5.3^{A}±1.1	4.1^{B}±0.8	5.1^{A}±0.9	4.2^{B}±0.8

A,B ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)
ns ข้อมูลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ผลการยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้านการหดตัว แสดงดังตารางที่ 4.26 พบว่าในช่วง 6 สัปดาห์แรกของการเก็บรักษา ผลิตภัณฑ์ทั้งสามชนิดและตัวอย่างควบคุม มีค่าการยอมรับทางด้านการหดตัวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (ตารางที่ ข.32) แต่เมื่อเก็บรักษานาน 9 สัปดาห์เป็นต้นไป พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่เติมน้ำผึ้งมีคะแนนการยอมรับต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ที่เติมน้ำผึ้งตลอดการเก็บรักษานาน 24 สัปดาห์ ($P \leq 0.05$) ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่เติมน้ำผึ้ง 1 และ 3 % มีคะแนนการยอมรับใกล้เคียงกัน และเมื่อพิจารณาค่าการยอมรับทางด้านการหดตัวของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิดเทียบกับตัวอย่างควบคุม พบว่าตัวอย่างควบคุมมีค่าการยอมรับใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ที่ไม่เติมน้ำผึ้ง ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่เติมน้ำผึ้งมีคะแนนการยอมรับสูงกว่าตัวอย่างควบคุมตลอดการเก็บรักษานาน 24 สัปดาห์

ผลการยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ แสดงดังตารางที่ 4.27 พบว่าในช่วง 9 สัปดาห์แรกของการเก็บรักษา ผลิตภัณฑ์ทั้งสามชนิดและตัวอย่างควบคุม มีค่าการยอมรับทางด้านลักษณะปรากฏไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (ตารางที่ ข.32) แต่เมื่อเก็บรักษานาน 12 สัปดาห์เป็นต้นไป พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่เติมน้ำผึ้งมีคะแนนการยอมรับน้อยกว่าผลิตภัณฑ์ที่เติมน้ำผึ้งตลอดการเก็บรักษานาน 24 สัปดาห์ ($P \leq 0.05$) ในขณะที่

ตารางที่ 4.26 คะแนนประเมินผลทางประสาทสัมผัสของฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งทางด้านการหดตัวตลอดระยะเวลาการเก็บ 24 สัปดาห์

ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)	คะแนนประเมินผลด้านการหดตัวของผลิตภัณฑ์			
	$Na_2S_2O_5$ 0.5% (control)	$Na_2S_2O_5$ 0.25% น้ำผึ้ง 0%	$Na_2S_2O_5$ 0.25% น้ำผึ้ง 1%	$Na_2S_2O_5$ 0.25% น้ำผึ้ง 3%
0^{ns}	6.8±1.1	6.7±1.0	6.8±1.3	6.8±1.4
3^{ns}	6.6±1.1	6.6±1.2	6.8±1.1	6.9±0.8
6^{ns}	6.3±1.0	6.4±1.2	6.5±1.2	6.5±1.3
9	5.7^{B}±1.2	5.7^{B}±1.2	6.1^{A}±1.0	6.1^{A}±1.3
12	5.4^{B}±1.0	5.4^{B}±0.8	5.6^{AB}±1.1	5.9^{A}±0.8
15	5.0^{BC}±0.8	4.9^{C}±0.9	5.3^{B}±0.9	5.7^{A}±0.8
18	4.8^{C}±0.8	4.9^{C}±0.7	5.3^{B}±0.9	5.7^{A}±0.7
21	4.6^{B}±0.8	4.7^{B}±0.8	5.3^{A}±0.8	5.5^{A}±0.7
24	4.5^{B}±1.0	4.4^{B}±1.2	5.0^{A}±0.8	5.2^{A}±0.8

A,B,C ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)
ns ข้อมูลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ตารางที่ 4.27 คะแนนประเมินผลทางประสาทสัมผัสของฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งทางด้านลักษณะปรากฏตลอดระยะเวลาการเก็บ 24 สัปดาห์

ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)	คะแนนประเมินผลด้านลักษณะปรากฏ			
	$Na_2S_2O_5$ 0.5% (control)	$Na_2S_2O_5$ 0.25% น้ำผึ้ง 0%	$Na_2S_2O_5$ 0.25% น้ำผึ้ง 1%	$Na_2S_2O_5$ 0.25% น้ำผึ้ง 3%
0^{ns}	6.7±0.8	6.8±0.8	6.8±1.0	6.8±0.9
3^{ns}	6.7±0.9	6.7±1.0	6.8±0.9	6.8±0.6
6^{ns}	6.4±0.8	6.4±0.9	6.5±0.8	6.4±0.9
9^{ns}	6.1±1.0	6.0±1.1	6.1±0.9	6.2±1.0
12	5.9^{B}±0.9	5.9^{B}±0.9	6.3^{A}±0.8	6.3^{A}±0.9
15	5.6^{B}±0.8	5.7^{B}±1.0	5.9^{AB}±0.8	6.1^{A}±0.9
18	5.3^{B}±1.2	5.2^{B}±1.2	5.7^{A}±1.0	5.9^{A}±0.8
21	4.9^{B}±0.8	4.9^{B}±0.9	5.5^{A}±0.8	5.7^{A}±0.7
24	4.6^{C}±1.1	4.4^{C}±1.0	5.1^{B}±0.9	5.5^{A}±0.9

A,B,C ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)
ns ข้อมูลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ผลิตภัณฑ์ที่เติมน้ำผึ้ง 1% เริ่มมีการยอมรับทางด้านลักษณะปรากฏต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ที่เติมน้ำผึ้ง 3% ภายหลังการเก็บรักษานาน 24 สัปดาห์เป็นต้นไป และเมื่อพิจารณาค่าการยอมรับทางด้านลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิดเทียบกับตัวอย่างควบคุม พบว่าตัวอย่างควบคุมมีคะแนนการยอมรับใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ที่ไม่เติมน้ำผึ้ง ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่เติมน้ำผึ้งมีคะแนนการยอมรับสูงกว่าตัวอย่างควบคุมตลอดการเก็บรักษานาน 24 สัปดาห์ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากน้ำตาลรีดิวซ์ที่มีอยู่ในน้ำผึ้งมีสมบัติควบคุมการเกิดผลึกในผลิตภัณฑ์ได้ ซึ่งการเกิดผลึกน้ำตาลส่งผลให้ผลิตภัณฑ์แห้งกรอบและมีเกล็ดน้ำตาลเกาะบริเวณรอบๆ จึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีการเติมน้ำผึ้งและตัวอย่างควบคุมมีคะแนนการยอมรับลดลงมากที่สุด เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น

ผลการยอมรับโดยรวมด้านลักษณะปรากฏแสดงดังตารางที่ 4.28 พบว่าในช่วง 6 สัปดาห์แรกของการเก็บรักษา ผลิตภัณฑ์ทั้งสามชนิดและตัวอย่างควบคุม มีค่าการยอมรับโดยรวมทางด้านลักษณะปรากฏไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) (ตารางที่ ข.32) แต่เมื่อเก็บรักษานาน 9 สัปดาห์เป็นต้นไป พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่เติมน้ำผึ้งมีคะแนนการยอมรับต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ที่เติมน้ำผึ้งตลอดการเก็บรักษานาน 24 สัปดาห์ ($P\leq$0.05) ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่เติมน้ำผึ้ง 3% เริ่มมีการยอมรับโดยรวมทางด้านลักษณะปรากฏต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ที่เติมน้ำผึ้ง 1% ภายหลังการเก็บรักษานาน 21 สัปดาห์เป็นต้นไป และเมื่อพิจารณาค่าการยอมรับโดยรวมทางด้านลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิดเทียบกับตัวอย่างควบคุม พบว่าคะแนนการยอมรับของตัวอย่างควบคุมมีค่าใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ที่มีการเติมน้ำผึ้ง 1% ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่ไม่เติมน้ำผึ้ง มีคะแนนการยอมรับต่ำสุด รองลงมาคือผลิตภัณฑ์ที่เติมน้ำผึ้ง 3% เมื่อผ่านการเก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์ จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสแสดงให้เห็นว่าคุณภาพทางด้านสีของผลิตภัณฑ์เป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อค่าการยอมรับโดยรวมด้านลักษณะปรากฏมากที่สุด ส่วนคุณภาพทางด้านการหดตัว และลักษณะปรากฏเป็นปัจจัยรองลงมา จึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่มีการเติมน้ำผึ้ง 3% มีคะแนนการยอมรับต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ที่เติมน้ำผึ้ง 1% ถึงแม้จะมีคะแนนการยอมรับทางด้านการหดตัว และลักษณะปรากฏอยู่ในเกณฑ์ดี แต่มีคะแนนการยอมรับทางด้านสีต่ำกว่า

การเติมน้ำผึ้ง 1% ในขั้นตอนการแช่ส่งผลให้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์อยู่ในเกณฑ์ดีในทุกด้าน โดยผลิตภัณฑ์มีคะแนนการยอมรับโดยรวมด้านลักษณะปรากฏมากที่สุดเมื่อผ่านการเก็บเป็นเวลา 24 สัปดาห์ และมีค่าใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุมมากที่สุด

ตารางที่ 4.28 คะแนนประเมินผลทางประสาทสัมผัสของฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งทางด้านการยอมรับโดยรวมด้านลักษณะปรากฏตลอดระยะเวลาการเก็บ 24 สัปดาห์

ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)	คะแนนประเมินผลการยอมรับโดยรวมด้านลักษณะปรากฏ			
	$Na_2S_2O_5$ 0.5% (control)	$Na_2S_2O_5$ 0.25% น้ำผึ้ง 0%	$Na_2S_2O_5$ 0.25% น้ำผึ้ง 1%	$Na_2S_2O_5$ 0.25% น้ำผึ้ง 3%
0^{ns}	6.7±0.7	6.6±0.7	6.6±0.8	6.6±1.0
3^{ns}	6.7±0.8	6.5±1.1	6.6±0.8	6.4±0.8
6^{ns}	6.5±0.8	6.5±1.1	6.5±0.9	6.4±1.3
9	6.3^{A}±0.8	5.8^{B}±0.5	6.1^{A}±0.8	5.8^{B}±0.8
12	6.2^{A}±0.7	5.7^{B}±0.8	6.1^{A}±0.8	5.9^{AB}±0.7
15	5.9^{A}±0.5	5.3^{B}±1.1	5.9^{A}±0.7	5.6^{A}±0.8
18	5.7^{A}±1.0	5.1^{B}±1.0	5.8^{A}±0.8	5.5^{A}±0.9
21	5.5^{A}±1.1	4.8^{C}±1.1	5.3^{A}±0.8	5.1^{B}±0.8
24	5.2^{A}±0.9	4.2^{C}±1.1	5.1^{A}±0.7	4.5^{B}±0.7

A,B,C ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

ns ข้อมูลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

จากผลการตรวจสอบสมบัติทางเคมีและกายภาพในฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งที่เติมน้ำผึ้งในปริมาณต่างกันนั้น พบว่าผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิดมีปริมาณความชื้นและค่า a_w มีค่าใกล้เคียงกับช่วงแรกของการเก็บรักษา ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรา อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ภายหลังการเก็บรักษานาน 24 สัปดาห์

ผลของการเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ จากการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 nm. (ตารางที่ 4.17) พบว่าระดับความเข้มข้นของน้ำผึ้งมีผลต่อค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 nm. ของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยพบว่าผลิตภัณฑ์ที่เติมน้ำผึ้ง 3% มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด อาจเนื่องจากมีน้ำตาลรีดิวซ์ในผลิตภัณฑ์ปริมาณมาก ส่งผลให้การเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่เติมน้ำผึ้ง 1% มีค่าการดูดกลืนแสงน้อยกว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่เติมน้ำผึ้ง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในผลิตภัณฑ์ที่เติมน้ำผึ้ง 1% มีองค์ประกอบของสาร antioxidant เช่น ฟลาโวนอยด์ (Gheldof et al., 2002) ที่อาจป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดแอสคอร์บิกได้ จึงส่งผลให้ค่าการเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ที่เติมน้ำผึ้ง 1% น้อยกว่า

ผลิตภัณฑ์ที่ไม่เติมน้ำผึ้ง จากผลการทดลองดังกล่าวจะเห็นได้ว่า การเติมน้ำผึ้งความเข้มข้น 1% สามารถป้องกันปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการออกซิเดชันของกรดแอสคอร์บิกได้ ในขณะที่การเติมน้ำผึ้งความเข้มข้น 3% แม้จะสามารถป้องกันการเกิดออกซิเดชันของกรดแอสคอร์บิกได้ แต่ผลของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่เพิ่มสูงขึ้นมากในผลิตภัณฑ์นั้นส่งผลให้เกิดปฏิกิริยา Maillard ได้มากขึ้น อย่างไรก็ตามการเกิดสีน้ำตาลที่เพิ่มสูงขึ้นในผลิตภัณฑ์ที่เติมน้ำผึ้ง 3% นั้นไม่ก่อให้เกิดความแตกต่างทางด้านสีอย่างชัดเจนเมื่อเทียบกับตัวอย่างที่ไม่ได้เติมน้ำผึ้ง โดยพิจารณาจากค่าการเปลี่ยนแปลงทางด้านสี (ตารางที่ 4.18) และผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านสี (ตารางที่ 4.25) ส่วนผลิตภัณฑ์ที่เติมน้ำผึ้ง 1% พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงทางด้านสีน้อยที่สุด และมีค่าการยอมรับทางประสาทสัมผัสทางด้านสีสูงสุด ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับค่าการเกิดสีน้ำตาล

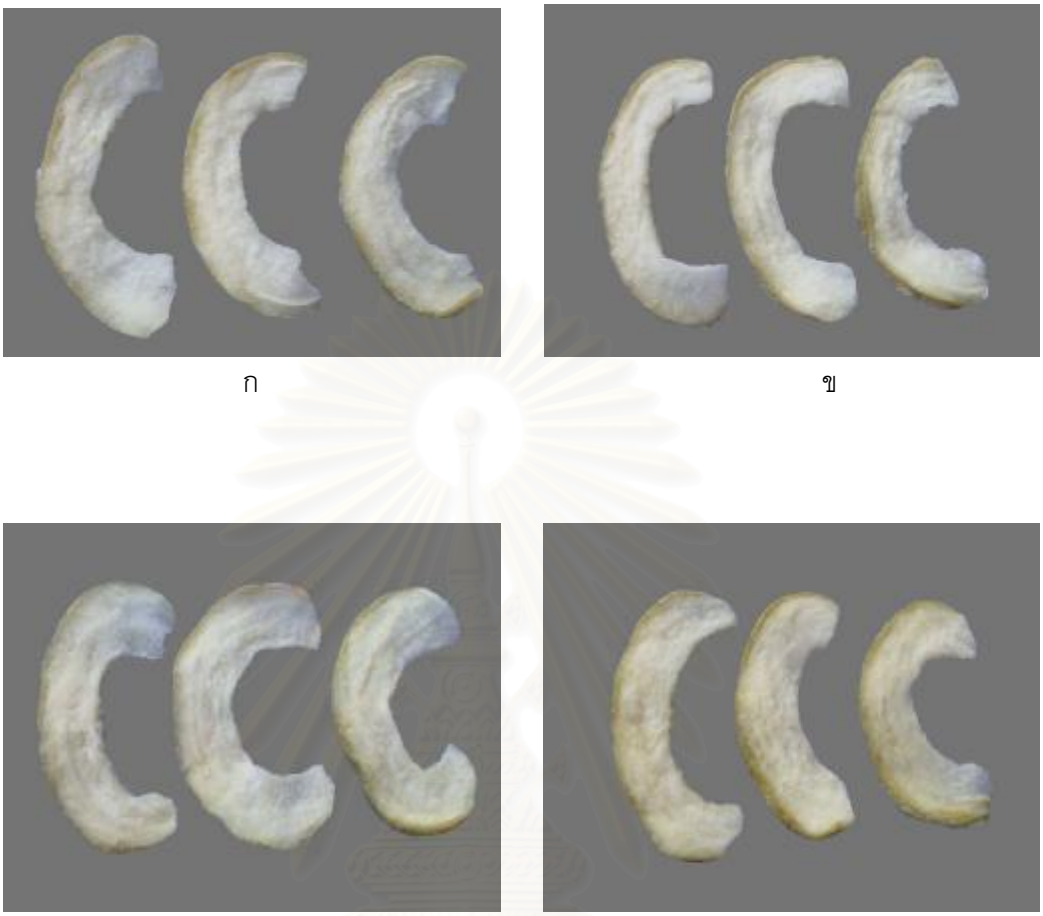
ผลของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ พบว่าระดับความเข้มข้นของน้ำผึ้งมีผลต่อปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.19) โดยผลิตภัณฑ์ที่เติมน้ำผึ้ง 3% มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงสุด รองลงมาคือผลิตภัณฑ์ที่เติมน้ำผึ้ง 1% ส่วนผลิตภัณฑ์ที่ไม่เติมน้ำผึ้งมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ต่ำสุด ทั้งนี้เนื่องจากน้ำผึ้งมีองค์ประกอบหลักเป็นน้ำตาลรีดิวซ์ ดังนั้นการเติมน้ำผึ้งในปริมาณมากจึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เพิ่มมากขึ้นเช่นกัน ซึ่งผลจากปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่เพิ่มสูงขึ้นนี้ ส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในด้านการเกิดสีน้ำตาลดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น รวมทั้งยังส่งผลต่อคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ด้วย โดยจากผลการทดลอง (ตารางที่ 4.20-4.22) พบว่าผลิตภัณฑ์ที่เติมน้ำผึ้งมีการเปลี่ยนแปลงค่าเนื้อสัมผัสน้อยกว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่เติมน้ำผึ้ง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากฟรุคโตสและกลูโคสที่เป็นองค์ประกอบหลักในน้ำผึ้งเป็นสารประกอบที่มีหมู่ hydroxyl ในโมเลกุลจำนวนมาก จึงส่งผลให้มีการสร้างพันธะไฮโดรเจนกับโมเลกุลของน้ำได้เป็นอย่างดี จึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่เติมน้ำผึ้งมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ชุ่มชื้น และไม่แข็งกระด้าง เมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่ไม่เติมน้ำผึ้ง (Kitts, 2004) และจากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านการหดตัวและลักษณะปรากฏ (การเกิดผลึกน้ำตาล) พบว่าผลิตภัณฑ์ที่เติมน้ำผึ้งมีการหดตัวและการเกิดผลึกน้ำตาลน้อยกว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่เติมน้ำผึ้ง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากฟรุกโตสและกลูโคสมีสมบัติในการดูดความชื้นและควบคุมการเกิดผลึกได้ดีกว่าซูโครส

ผลของปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์คงเหลือสัมพัทธ์ พบว่าปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์คงเหลือสัมพัทธ์มีแนวโน้มลดลงภายหลังการเก็บรักษานาน 24 สัปดาห์ ซึ่งการลดลงของปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์คงเหลือสัมพัทธ์นี้เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างไบซัลไฟต์อิออนกับหมู่อัลดีไฮด์ของน้ำตาลรีดิวซ์ จึงส่งผลให้มีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์คงเหลือสัมพัทธ์ลดลง โดยให้ผลสอดคล้องกับค่าการเกิดสีน้ำตาลที่เพิ่มสูงขึ้น

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งทั้งสามชนิดกับตัวอย่างควบคุม พบว่าผลิตภัณฑ์ที่เติมน้ำผึ้งมีการเปลี่ยนแปลงทางด้านค่าสี และคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏโดยรวมใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุม ขณะที่ค่าเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่เติมน้ำผึ้งมีการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าตัวอย่างควบคุม เมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น ดังนั้นการเติมน้ำผึ้งที่ระดับความเข้มข้นในช่วง 1-3% เหมาะสมต่อการทดแทนการใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์บางส่วนในการรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ฝรั่งอิ่มอบแห้งในช่วงการเก็บรักษานาน 24 สัปดาห์

เมื่อพิจารณาลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งทั้ง 3 ชนิดและตัวอย่างควบคุมในช่วงเริ่มต้นของการเก็บรักษา (0 สัปดาห์) และภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์ แสดงดังรูปที่ 4.9 และ 4.10 ตามลำดับ ส่วนการเกิดผลึกน้ำตาลรอบ ๆ ผิวของผลิตภัณฑ์ภายหลังการเก็บรักษานาน 24 สัปดาห์ แสดงดังรูปที่ 4.11 พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่เติมน้ำผึ้งและตัวอย่างควบคุมมีการเกิดผลึกน้ำตาลรอบ ๆ ผิวของผลิตภัณฑ์มากกว่าผลิตภัณฑ์ที่เติมน้ำผึ้ง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ก ข

ค ง

รูปที่ 4.9 ผลิตภัณฑ์ฝรั่งในช่วงเริ่มต้นการเก็บรักษา (0 สัปดาห์)

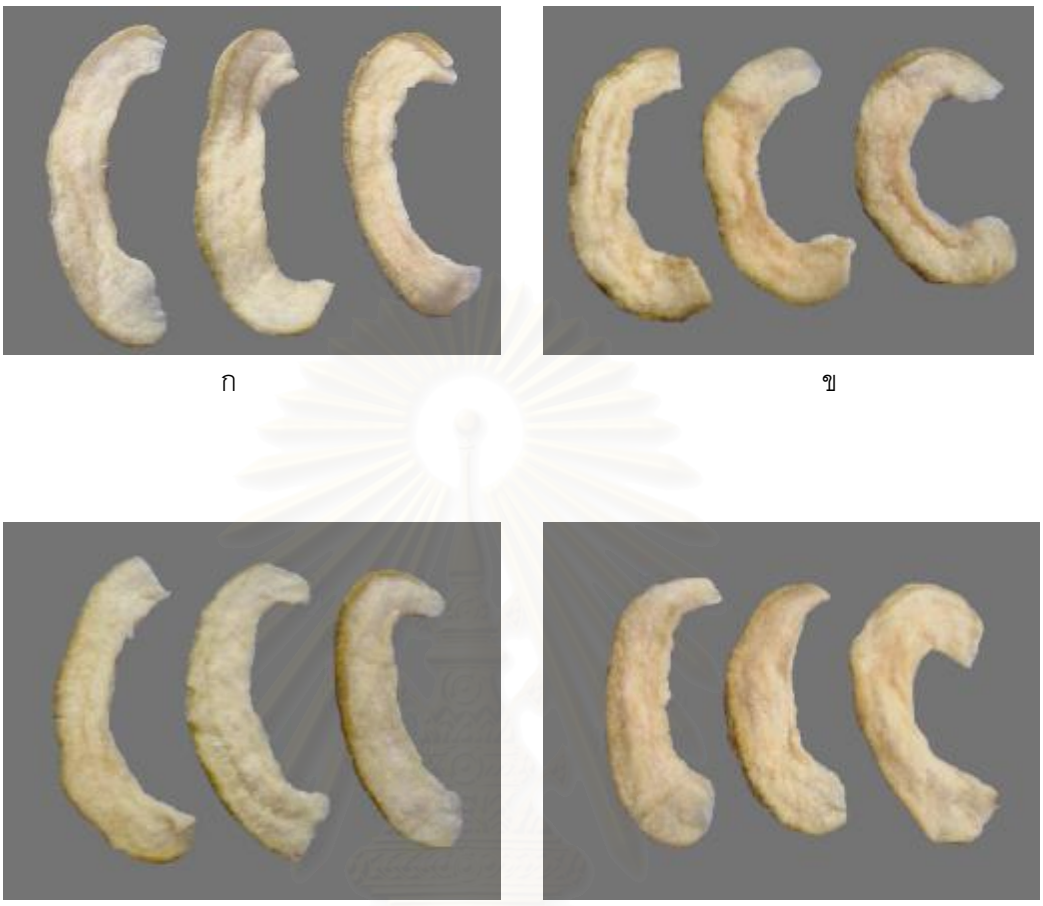
ก ตัวอย่างควบคุม

ข ผลิตภัณฑ์ฝรั่งที่ไม่ได้เติมน้ำผึ้ง

ค ผลิตภัณฑ์ฝรั่งที่เติมน้ำผึ้ง 1%

ง ผลิตภัณฑ์ฝรั่งที่เติมน้ำผึ้ง 3%

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ก ข

ค ง

รูปที่ 4.10 ผลิตภัณฑ์ฝรั่งหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์

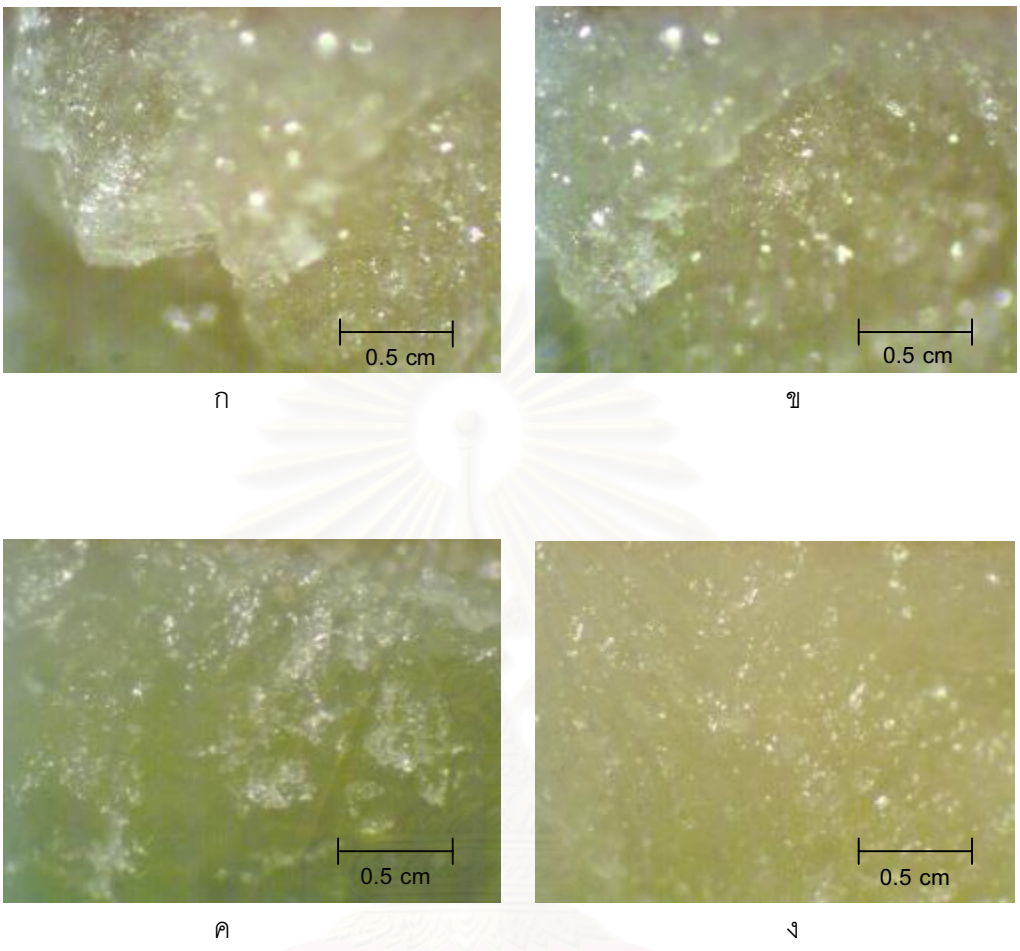
ก ตัวอย่างควบคุม

ข ผลิตภัณฑ์ฝรั่งที่ไม่ได้เติมน้ำผึ้ง

ค ผลิตภัณฑ์ฝรั่งที่เติมน้ำผึ้ง 1%

ง ผลิตภัณฑ์ฝรั่งที่เติมน้ำผึ้ง 3%

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ก ข

ค ง

รูปที่ 4.11 การเกิดผลึกน้ำตาลของผลิตภัณฑ์ฝรั่งภายหลังการเก็บรักษานาน 24 สัปดาห์ ภาพถ่ายกำลังขยาย 6.3 เท่า

ก ตัวอย่างควบคุม

ข ผลิตภัณฑ์ฝรั่งที่ไม่ได้เติมน้ำผึ้ง

ค ผลิตภัณฑ์ฝรั่งที่เติมน้ำผึ้ง 1%

ง ผลิตภัณฑ์ฝรั่งที่เติมน้ำผึ้ง 3%

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 ฝรั่งมีปริมาณความชื้น (%wet basis) 86.81±0.26 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (^{o}Brix) 9.1±0.8, ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (g/100g) 2.68±0.03, ค่าความเป็นกรด (% as citric acid) 0.22 ±0.02 ค่าเนื้อสัมผัส (hardness, g) 593.1±8.0 ค่าสี L* 82.73 ±0.24, a* -1.84±0.02, b* 11.50±0.12

5.1.2 ระยะเวลาแช่ฝรั่งนานขึ้น ส่งผลให้ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ซึมเข้าเนื้อฝรั่งสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยระยะเวลาแช่ที่ 6 และ 7 วัน มีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ซึมเข้าในเนื้อฝรั่งสูงกว่าเมื่อเทียบกับตัวอย่างที่ระยะเวลาอื่น ๆ และจากการทำ preliminary study พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการแช่ในสารละลายผสมนาน 6 และ 7 วัน มีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์คงเหลืออยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้คือ 30 ppm. นอกจากนี้การแช่ฝรั่งในสารละลายผสมมากกว่า 7 วันจะส่งผลให้ปริมาณความชื้นในฝรั่งเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ซึ่งอาจส่งผลให้ระยะเวลาในการอบแห้งเพิ่มสูงขึ้น ดังนั้นจึงพิจารณาเลือกระยะเวลาแช่ที่ 6 และ 7 วัน เพื่อใช้ในการศึกษาในขั้นตอนต่อไป

5.1.3 ปัจจัยของระยะเวลาแช่ และอุณหภูมิในการอบแห้ง มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยภาวะที่เหมาะสมในการผลิตฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งคือ ภาวะการแช่ 7 วัน อบแห้งที่อุณหภูมิ 60°ซ. ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับตัวอย่างทางการค้ามากที่สุด และเป็นภาวะที่มีการยอมรับมากที่สุด ทั้งในด้านสี ลักษณะการหดตัว ความแข็ง และการยอมรับโดยรวม เมื่อพิจารณาจากการทดสอบทางประสาทสัมผัส ดังนั้นจึงเลือกภาวะการผลิตดังกล่าวมาใช้ในการศึกษาในขั้นตอนต่อไป

5.1.4 ปัจจัยของระดับความเข้มข้นของโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และน้ำผึ้งมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และจากการประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งเทียบกับตัวอย่างควบคุม พบว่าการใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่ระดับความเข้มข้น 0.1% ไม่เหมาะสมต่อการผลิตฝรั่งแช่อิ่มอบแห้ง โดยสังเกตได้จากค่าการเกิดสีน้ำตาลและค่า ΔE^*_{ab} ของผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มสูงขึ้นมากเมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม ทั้งนี้อาจเนื่องจากมีซัลเฟอร์ไดออกไซด์เหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์ปริมาณต่ำ จึงไม่สามารถป้องกันการเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ได้ รวมทั้งอาจส่งผลกระทบต่ออายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้ ดังนั้นจึงพิจารณาเลือก

ผลิตภัณฑ์ที่ใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้น 0.25% และน้ำผึ้งความเข้มข้น 0 1 และ 3% เพื่อใช้ในการศึกษาขั้นตอนต่อไป

5.1.5 ผลการตรวจสอบสมบัติทางเคมีและกายภาพของผลิตภัณฑ์ที่เติมน้ำผึ้งในปริมาณต่างกัน ในช่วงการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 24 สัปดาห์ พบว่าผลิตภัณฑ์ที่เติมน้ำผึ้งมีการเปลี่ยนแปลงทางด้านค่าสีและลักษณะเนื้อสัมผัสน้อยกว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้เติมน้ำผึ้ง ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์คงเหลือสัมพัทธ์มีแนวโน้มลดลงเมื่อเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ส่วนปริมาณความชื้นและค่า a_w มีค่าใกล้เคียงกับช่วงแรกของการเก็บรักษา ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรา อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ และเมื่อพิจารณาผลการยอมรับทางประสาทสัมผัส พบว่าผลิตภัณฑ์ที่เติมน้ำผึ้งมีการยอมรับโดยรวมด้านลักษณะปรากฏสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้เติมน้ำผึ้ง ภายหลังการเก็บรักษานาน 24 สัปดาห์

ผลการตรวจสอบสมบัติทางเคมีและกายภาพของผลิตภัณฑ์ทั้งสามชนิดเปรียบเทียบกับตัวอย่าง พบว่าผลิตภัณฑ์ที่เติมน้ำผึ้งมีการเปลี่ยนแปลงทางด้านค่าสี และคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏโดยรวมใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุม ขณะที่เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่เติมน้ำผึ้งมีการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าตัวอย่างควบคุม เมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น ดังนั้นการเติมน้ำผึ้งที่ระดับความเข้มข้นในช่วง 1-3% เหมาะสมต่อการทดแทนการใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์บางส่วนในการรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ฝรั่งอิ่มอบแห้งในช่วงการเก็บรักษานาน 24 สัปดาห์

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรศึกษาผลการเปลี่ยนแปลงทางลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้ง จากการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสร่วมกับการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสจากเครื่อง texture analyzer เพื่อใช้ในการบ่งชี้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ทางด้านเนื้อสัมผัสที่ดีที่สุดระหว่างผลิตภัณฑ์ที่เติมน้ำผึ้ง 1 และ 3% ได้อย่างชัดเจน

5.2.2 ควรศึกษาประสิทธิภาพของการนำน้ำผึ้งมาใช้ในการพัฒนาคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ผลไม้อบแห้งเทียบกับการใช้น้ำตาลอินเวิร์ตหรือกลูโคสซีรัป

5.2.3 ควรศึกษาผลของการใช้น้ำผึ้งทดแทนการใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ในการป้องกันการเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ผลไม้อบแห้งชนิดอื่น ๆ

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

จุไรรัตน์ แสงสวัสดิ์. 2540. การปลูกฝรั่ง. [online]. Available from: http://web.ku.ac.th/agri/guava [2003, April 2]

ประสงค์ ศิริวงศ์วิไลชาติ และ ลดาพร ต่อศรีสกุล. 2540. ผลของกรดซิตริกและโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในฝรั่งแช่อิ่มอบแห้ง. การศึกษารายบุคคล. ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร.

พรนภา เกิดดอนแฝก. 2544. อิทธิพลของน้ำผึ้ง สภาวะการทำแห้ง และการเก็บรักษาที่มีผลต่อการเกิดสีน้ำตาลของกล้วยอบ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ไพโรจน์ ผลประสิทธิ์. 2541. รวมกลยุทธ์ฝรั่ง. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: เจริญรัฐการพิมพ์. 102 หน้า.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, สำนักงาน. 2532. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมผลไม้แห้ง. มอก.919-2532. กรุงเทพมหานคร: กระทรวงอุตสาหกรรม.

ศุลกากร, กรม. ข้อมูลการส่งออกผลไม้อบแห้งและแช่อิ่ม [online]. Available from: http://www.nfi.or.th/export.htm. [25 กุมภาพันธ์ 2548]

สรัสวดี เผือกสกนธ์. 2531. ฝรั่ง. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์สหมิตรออฟเซท. 63 หน้า.

อาพร ละออกอ. 2547. ผลของแคลเซียมคลอไรด์และน้ำตาลอินเวิร์ตต่อคุณภาพของมะละกอ *Carica papaya* L. ที่ทำแห้งโดยการออสโมซิส. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาษาอังกฤษ

Adsule, R. N. and Kadam, S. S. 1995. Guava. In D. K. Salunkhe., S. S. Kadam (eds): Handbook of Fruit Science and Technology, pp.419-433. New York: Marcel Dekker.

Akyildiz, A., Aksay, S., Benli, H., Kiroglu, F., and Fenercioglu, H. 2004. Determination of changes in some characteristics of persimmon during dehydration at different temperatures. Journal of Food Engineering. 65(1): 95-99.

AOAC. 1990. Official Methods of Analysis of AOAC International. Washington: The Association of Official Analytical Chemists.

AOAC. 1995. Official Methods of Analysis of AOAC International. Virginia: AOAC International.

Baloch, A. K., Buckle, K. A., and Edwards, R. A. 1973. Measurement of non-enzymic browning of dehydration carrot. Journal of the Science of Food and Agriculture. 24: 389-398.

Belitz, H.D. and Grosch, W. 1999. Food Chemistry. 2th ed. Berlin: Springer Verlag.

Boudhrioua, N., Michon, C., Cuvelier, G., and Bonazzi, C. 2002. Influence of ripeness and air temperature on changes in banana texture during drying. Journal of Food Engineering. 55: 115-121.

Bourne, M. C. 1976. Texture of fruits and vegetable. In J. M. Deman., P. W. Voisey., V.F. Rasper., and D. W. Stanley (eds): Rheology and Texture in Food Quality, pp.275-307. Westport: The AVI publishing.

Cardetti, M. M. Scientific Health Research as a Platform for a Marketing Strategy. [online]. Available from: http://www.nhb.org/foodtech.html. [2004, December 10].

Chan H. T., and Cavaletto, C. G. 1978. Dehydration and storage stability of papaya leather. Journal of Food Science. 43: 1723-1725.

Chen, L., Mehta, A., Berenbaum, M., Zangerl, A. R., and Engeseth, N. J. 2000. Honeys from different floral sources as inhibitors of enzymatic browning in fruit and vegetable homogenates. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 48(10):4997-5000.

Cochran, W. C. and Cox, G. M. 1992. Experimental Design. 2nd ed. New York: John Wiley & Sons.

DiPersio, P. A., Kendall, P. A., and Sofos, J. N. 2004. Inactivation of *Listeria monocytogenes* during drying and storage of peach slices treated with acidic or sodium metabisulfite solutions. Food Microbiology. 21(6): 641-648.

Fazio, T., and Warner, C. R. 1990. A review of sulfites in foods: analytical methodology and reported findings. Food Additives and Contaminants. 7(4): 433-454.

FDA. 1988. Sulfiting agents: Affirmation of GRAS status. Food and Drug Administration. 53: 51065-51084. Cited in G. M. Sapers. Browning of food: Control by sulfites, antioxidants and other means. Food Technology. 1993. 47(10): 75-84.

Fellows, P. J. 2000. Food Processing Technology. 2th ed. Cambridge: Woodhead Publishing.

Forni, E., Sormani, A., Scalise, S., and Torreggiani, D. 1997. The influence of sugar composition on the colour stability of osmodehydrofrozen intermediate moisture apricots. Food Research International. 30(2): 87-97.

Gheldof, N., Wang, X., and Engeseth, N. J. 2002. Identification and quantification of antioxidant components of honeys from various floral sources. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 50(21): 5870-5877.

Harrigan, W. F. and McCance, M. E. 1976. Laboratory Methods in Foods and Dairy Microbiology. London: Academic Press.

Hunt, R. W. G. 1998. Measuring Colour. 3rd ed. London: Fountain Press.

Kitts, D. D. The fuctional role of sugars in food. Carbohydrate News.[online]. Available from: http://www.sudsr.ca/carboPrt4.htm. [2004, April 21]

Langdon, T. T. 1987. Preventing of browning in fresh prepared potatoes without the use of sulfiting agents. Food Technology. 41(5): 64-67.

Lazarides, H. N. 2001. Reasons and possibilities to control solids uptake during osmotic treatment of fruits and vegetables. In P. Fito., A. Chiralt., J. M. Barat., W. E. L. Spiess., D. Behsnilian (eds): Osmotic Dehydration and Vacuum Impregnation, pp. 33-42. Pennsylvania: Technomic Publishing.

Lerici, C. R., Mastrocola, D., and Nicoli, M. C. 1988. Use of direct osmosis as fruit and vegetables dehydration. Acta Alimentaria Polonica. 14(1): 35-40.

Martyniuk. S. 1994. Some inhibitors of polyphenol oxidase in honey. Pszczelnicze-Zeszyty-Naukowe. 38: 67-73.

McLellan, M. R., Hoo, A. F., and Peck, V. 1987. A low-cost computerized card system for the collection of sensory data. Food Technology. 11: 66-72. Cited in M. R. McLellan., R. W. Kime., C. Y. Lee., and T. M. Long. Effect of honey as an antibrowning agent in light raisin processing. Journal of Food Processing and Preservation. 1995. 19(1): 1-8.

McLellan, M. R., Kime, R. W., Lee, C. Y., and Long, T. M. 1995. Effect of honey as an antibrowning agent in light raisin processing. Journal of Food Processing and Preservation. 19(1): 1-8.

Mercado-Silva, E., Benito-Bautista, P., and Garcia-Velasco, M, A. 1998. Fruits development, harvest index and ripening changes of guavas produced in central Mexico. Postharvest Biology and Technology. 13: 143-150.

Miller, D. D. 1998. Food chemistry. New York: John Wiley & Sons.

Modderman, J. P. 1985. Focus on sulfites in foods: technological aspects of use of sulfiting agents in food. Journal Association Official Analytical Chemistry. 69(1): 1-3.

O' Mahoney, M. 1986. The binomial test: applications in sensory difference and preference testing. Sensory Evaluation of Food. New York: Marcel Dekker. Cited in M. R. McLellan., R. W. Kime., C. Y. Lee., and T. M. Long. Effect of honey as an antibrowning agent in light raisin processing. Journal of Food Processing and Preservation. 1995. 19(1): 1-8.

Oszmianski, J. and Lee, C. Y. 1990. Inhibition of polyphenol oxidase activity and browning by honey. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 38(10): 1892-1895.

Ough, C. S. 1983. Sulfur dioxide and sulfites. In A. L. Branen., P. M. Devidson (eds): Antimicrobials in Foods, pp. 177-203. New York: Marcel Dekker.

Prothon, F., Ahrne, L., and Sjoholm, I. 2003. Mechanisms and prevention of plant tissue collapse during dehydration: a critical review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 43(3): 447-479.

Raoult-Wack, A. L. 1994. Recent advances in the osmotic dehydration of foods. Trends in Food Science and Technology. 5: 255-260.

Sapers, G. M. 1993. Browning of food: Control by sulfites, antioxidants and other means. Food Technology.47(10): 75-84.

Sayavedra-Soto, L. A. and Montgomery, M. W. 1986. Inhibition of polyphenoloxidase by sulfite. Journal of Food Science. 51: 1531-1536.

Silveira, E. T. F., Rahman M. S., and Buckle, K. A. 1996. Osmotics Dehydration of pineapple: Kinetics and product quality. Food Research International. 29 (3-4): 227-233.

Singh, R. P. 2000. Scientific principle of shelf-life evaluation. In D. Man and A. Jones (eds.): Shelf-life Evaluation of Foods, pp. 3-12. Maryland: Aspen Publishers.

Somogyi, M. 1952. Notes on sugar determination. Journal of Biological Chemistry.195:19-23.

Stafford, A. E. and Bolin, H. R. 1972. Absorption of aqueous bisulfite by apricots. Journal of Food Science. 37: 941-943.

The National Honey Board. Definition of Honey and Honey Products.[online]. Available from: http://www.nhb.org/foodtech.html. [2004, January 15]

USDA. National Nutrient Database for Standard Reference. [online]. Available from : http://www.nutrition.gov. [2002, April 8]

Wong, M. and Stanton, D. W. 1989. Nonenzymic browning in kiwifruit juice concentrate systems during storage. Journal of Food Science. 54(3): 669-673.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

วิธีวิเคราะห์ทางเคมีและกายภาพ

ก.1 การวิเคราะห์หาความชื้น

ตามวิธีมาตรฐานของ A.O.A.C. ข้อ 934.06 (1995)

วิธีการทดลอง

1. การเตรียมตัวอย่างฝรั่ง

1.1 ในกรณีฝรั่งสดและฝรั่งหลังการออสโมซิส : บดตัวอย่างฝรั่งด้วยเครื่องบดไฟฟ้า แล้วผสมให้เข้ากันดีโดยให้เสร็จสิ้นอย่างรวดเร็วเพื่อป้องกันการสูญเสียความชื้น

1.2 ในกรณีฝรั่งอบแห้ง : หั่นเป็นชิ้นเล็กละเอียด แล้วผสมให้เข้ากันดี

2. ปริมาณความชื้น

2.1 ชั่งตัวอย่างฝรั่งให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 5 กรัม ใส่ในภาชนะอลูมิเนียม (ซึ่งอบแห้งและชั่งน้ำหนักแน่นอนแล้ว)

2.2 นำไปอบในตู้อบลมร้อน 105°C ทำให้เย็นในเดซิคเคเตอร์ ชั่งน้ำหนัก จนน้ำหนักคงที่

การคำนวณปริมาณความชื้น โดยใช้สูตร

$$\text{ปริมาณความชื้น(\%)} = \frac{(\text{น้ำหนักฝรั่งก่อนอบ-น้ำหนักฝรั่งหลังอบ}) \times 100}{\text{น้ำหนักฝรั่งก่อนอบ}}$$

ก.2 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์

ตามวิธี Somogyi (1952)

การเตรียมสารละลาย

A. Alkaline copper reagent ควรเตรียมใหม่ทุกๆ 2 เดือน

1. ละลาย disodium hydrogen phosphate anhydrous (Na_2HPO_4) 14 g และ potassium sodium tartrate (Rochelle salt) 20 g ในน้ำกลั่นประมาณ 350 ml

2. ผสมสารละลาย sodium hydroxide (NaOH) ความเข้มข้น 1 M. ปริมาตร 50 ml ลงในสารละลายข้อ 1

3. ผสมสารละลาย copper sulfate pentahydrate ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$) ความเข้มข้น 10% ปริมาตร 40 ml ลงในสารละลายข้อ 2

4. ผสม sodium sulfate (Na_2SO_4) 90 g ลงในสารละลายข้อ 3 คนให้เป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นเจือจางสารละลายให้ได้ปริมาตร 500 ml ด้วยน้ำกลั่น ทิ้งไว้ 1-2 วัน หากมีตะกอนนำไปกรองด้วยกระดาษกรองก่อนนำไปใช้ จากนั้นเก็บสารละลายในขวดสีชา

B. Arsenomolybdate reagent สารละลายจะ stable เป็นเวลา 1 ปี

1. ละลาย ammonium molybdate ($(NH_4)_2Mo_4O_{13}$) 25 g ในน้ำกลั่น 450 ml

2. ผสมกรดซัลฟูริคเข้มข้น ลงในสารละลายข้อ 1 คนให้เข้ากัน

3. ละลาย disodium hydrogen arsenate heptahydrate ($Na_2HAsO_4 \cdot 7H_2O$) 3 g ในน้ำกลั่น 25 ml

4. ผสมสารละลายข้อ 2 กับข้อ 3 ให้เข้ากัน

5. นำสารละลายที่ได้ไป incubate ที่ 37°C เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง

6. นำไปเก็บไว้ในขวดสีชา

7. เจือจางด้วย 1.5 N H_2SO_4 ก่อนนำไปใช้ (อัตราส่วนการเจือจางสารละลาย arsenomolybdate : กรด = 1:2)

วิธีการทดลอง

1. ปิเปตตัวอย่าง 1 ml ลงในหลอดทดลอง (สำหรับ blank ใช้น้ำกลั่นแทนตัวอย่าง)

2. ปิเปตสารละลาย alkaline copper reagent 1 ml ลงในหลอดทดลอง

3. นำไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 30 นาที

4. ทำสารละลายให้เย็น จากนั้นปิเปตสารละลาย arsenomolybdate reagent ที่เจือจางแล้ว 1 ml ลงในหลอดทดลอง

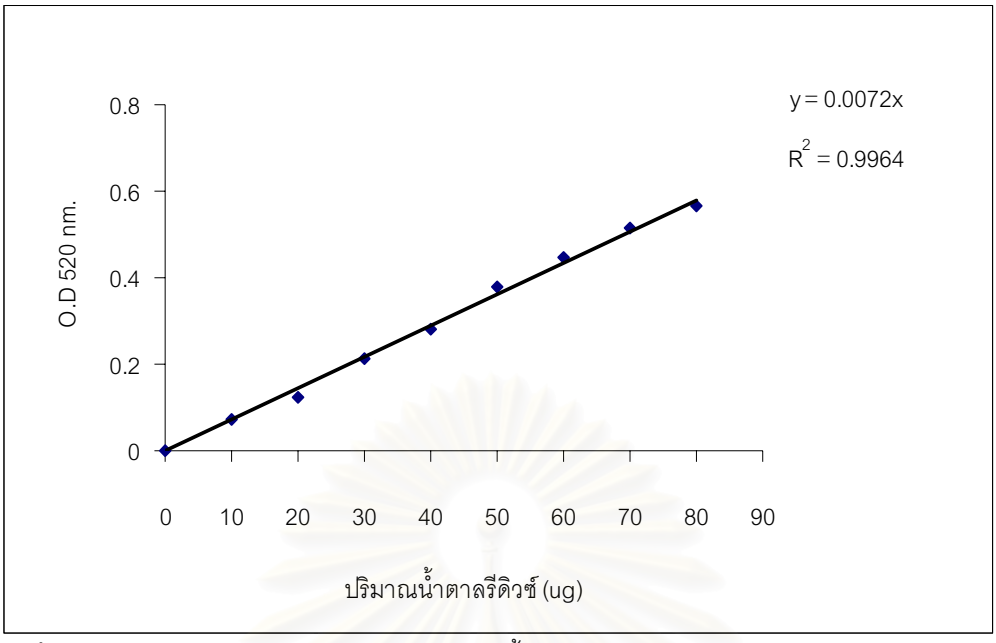
5. เจือจางด้วยน้ำกลั่น 3 ml

6. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 nm.เทียบกับ blank

7. นำผลของการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ได้เทียบกับกราฟมาตรฐาน

8. เตรียมสารละลายมาตรฐาน ความเข้มข้น 0.01–0.1 mg/ml แล้วทำตามขั้นตอนข้อ1-6 นำผลการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาสร้างกราฟมาตรฐาน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ก.1 กราฟมาตรฐานของการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์

ก.3 ค่าความเป็นกรด (titratable acidity)

ตามวิธี A.O.A.C.ข้อ 942.15A (1990)

วิธีการทดลอง

1. ชั่งตัวอย่างฝรั่ง 10 กรัม เติมน้ำเล็กน้อย ต้มให้เดือด 2-3 นาที

2. ทำให้เย็น ถ่ายใส่ขวดวัดปริมาตร (volumetric flask) ขนาด 50 ml ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น แล้วกรอง

3. ปิเปตส่วนที่กรองได้ 10 mlใส่ในขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 50 ml

4. เติมฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ 2 หยด

5. ไตเตรทกับ 0.1 N.สารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ จนกระทั่งถึงจุดยุติซึ่งมีสีชมพูอ่อน บันทึกปริมาตรของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไตเตรท นำมาคำนวณค่าความเป็นกรดในรูปของกรดซิตริก ตามสูตร

$$\%\text{ค่าความเป็นกรด} = \text{นอมัลลิตี NaOH} \times \text{ปริมาตรของ NaOH} \times \frac{\text{มิลลิอิควิวาเลนท์ของกรดซิตริก}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างฝรั่ง}} \times 100 \times \frac{50}{10}$$

โดยที่มิลลิอิควิวาเลนท์ของกรดซิตริก (milliequvalent of citric acid momohydrate) = 0.07

ก.4 ค่าเนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่อง Texture analyzer (รุ่น TA-XT2, บริษัท Stable Micro System)

วิธีการทดลอง

1. เข้าสู่โปรแกรม texture expert โดย double click ที่ icon ของ texture expert

2. เลือก user name ที่ต้องการแล้วกดปุ่ม OK จากนั้นกดปุ่ม restart

3. คลิกที่ T.A.บนเมนูหลัก แล้วเลือก calibrate force

4. ตรวจสอบให้แน่ใจว่าไม่มีหัววัด และตัวอย่างอยู่ที่ฐานของเครื่อง texture analyzer จากนั้นกดปุ่ม OK.

5. รอให้เครื่องแสดงข้อความว่า วางตุ้มน้ำหนัก 5 กิโลกรัม (เนื่องจากใช้ Load cell ขนาด 25 กิโลกรัม) ที่หน้าจอ จากนั้นวางตุ้มน้ำหนัก 5 กิโลกรัม บนฐานของเครื่อง (Calibration platform) แล้วแล้วกดปุ่ม OK.

6. คลิกที่ T.A.บนเมนูหลัก แล้วเลือก Calibrate probe และตรวจสอบให้แน่ใจว่าไม่มีตัวอย่าง หรือสิ่งของวางทิ้งไว้ฐานเครื่อง

7. กดปุ่ม Fast + ⇓ เพื่อเลื่อนตำแหน่งของหัววัดให้มาอยู่ใกล้กับฐานเครื่อง

8. กำหนดระยะทางในการเคลื่อนที่กลับไปของหัววัด เมื่อหัววัดสัมผัสกับฐานเครื่องแล้ว โดยใช้ความสูงของตัวอย่างที่ต้องการวัดเป็นเกณฑ์ (ให้ระยะทางมากกว่าความสูงของตัวอย่างที่ต้องการวัดเล็กน้อย) ในที่นี้ให้ระยะทางกลับไปของหัววัดเป็น 30 mm.

9. นำตัวอย่างฝรั่งวางบนฐานของเครื่อง

10. กำหนดตัวแปรเพื่อสั่งงานเครื่อง โดยเข้าเมนู T.A. หลัก จากนั้น เลือก T.A. Settings หรือกด F4

11. Set ค่าต่างๆของการวัด ดังนี้

หัว cylinder probe 2 mm.

Mode :	Measure force in compression
Option :	Return to start
Pre-test speed :	1.5 mm./s.
Test speed :	1.5 mm./s.
Post-test speed :	10.0 mm.s.
Distance :	5.0 mm.

หัวตัด BSK with knife

Mode :	Measure force in compression
Option :	Return to start

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Pre-test speed :	2.0 mm./s.
Test speed :	2.0 mm./s.
Post-test speed :	10.0 mm.s.
Distance :	10.0 mm.

12. คลิกที่ T.A.บนเมนูหลัก เลือก Runing a test หรือกด F2 หรือกด Ctrl +Q เพื่อสั่ง Quick test run ในกรณีที่ต้องการให้บันทึกข้อมูลให้มีรายละเอียดและตำแหน่งการเก็บข้อมูลเหมือนเดิม

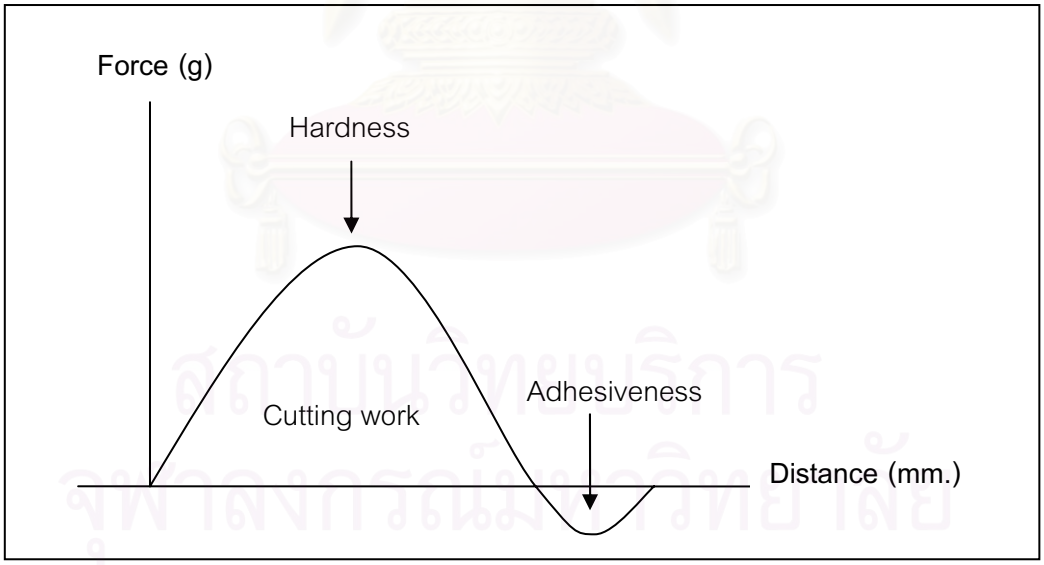
13. คลิกที่ปุ่ม Auto save เพื่อให้เครื่องบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ พร้อมกับตรวจสอบดูว่าทำการบันทึก File name ไว้ที่ Directory ใด

14. เลือกหัววัดหรือ Probe แบบ BSK with knife หรือ 2 mm. stainless

15. เมื่อกำหนดตัวแปรเพื่อสั่งงานเครื่องเสร็จแล้ว คลิกที่ Update เพื่อส่งคำสั่งทั้งหมดไปยังเครื่องวัดเนื้อสัมผัส

16. วิเคราะห์ตัวอย่างละ 8 ซ้ำ

17. ได้กราฟระหว่างค่าแรงการตัดขาด (Peak froce) ค่างานที่ใช้ในการตัด (พื้นที่ใต้กราฟ cutting work) และค่าความเหนียว (พื้นที่ใต้กราฟส่วนที่เป็นลบ)



รูปที่ ก.2 กราฟจากเครื่อง Texture analyzer

ก.5 การวิเคราะห์ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์

ตามวิธี A.O.A.C. ข้อ 963.20 (1995)

วิธีการทดลอง

1.เตรียมสารเคมี

1.1. 0.015% Formaldehyde solution

1.2. Acid-bleached *p*-rosaniline hydrochloride

-ชั่ง *p*-rosaniline HCl 100 mg ผสมน้ำกลั่น 200 ml และ HCl (1+1) 160 ml ใส่ขวดวัดปริมาตรและปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร ทิ้งไว้ 12 ชั่วโมงก่อนนำไปใช้

1.3. Sodium tetrachloromercurates

-ชั่ง NaCl 23.4 g ผสม $HgCl_2$ 54.3 g และน้ำกลั่น 1900 ml แล้วปรับปริมาตรเป็น 2000 ml ด้วยน้ำกลั่นในขวดวัดปริมาตร

1.4. Sulfur dioxide standard solution

-ชั่ง $NaHSO_3$ 170 mg ละลายในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตรในขวดวัดปริมาตร และ standardize ด้วย 0.01 N สารละลายไอโอดีนก่อนใช้

2. ชั่งฝรั่งที่บดละเอียดแล้วมา 10 ± 0.02 g

3. นำไปปั่นผสมกับน้ำกลั่น 290 ml นาน 2 นาที

4. ดูดส่วนล่างของน้ำฝรั่งปั่นมา 10 ml ผสมลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 ml.ที่มีสารละลาย 0.5 N NaOH ปริมาตร 4 ml แล้วเขย่าให้เข้ากัน (13-30 วินาที)

5. เติม 0.5 N H_2SO_4 ปริมาตร 4 ml และ murcurate reagent ปริมาตร 20 ml ลงในสารละลายข้อ 4 ตามลำดับ แล้วเขย่าให้เข้ากัน

6. ปรับปริมาตรของสารละลายในข้อ 5 เป็น 100 ml ด้วยน้ำกลั่น (สำหรับ blank ใช้น้ำกลั่นแทนฝรั่งในข้อ 1 แล้วทำตามขั้นตอนเหมือนกัน)

7. ปิเปต sample solution มา 2 ml ใส่ใน test tube ที่มี rosaniline reagent ปริมาตร 5 ml

8. เติม 0.015% formaldehyde solution ปริมาตร 10 ml เขย่าให้เข้ากัน

9. ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที

10. ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 550 nm เทียบกับ blank

11. นำผลของการวัดค่าการดูดกลืนแสงเทียบกับกราฟมาตรฐานแล้วคำนวณความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในหน่วย ppm

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

วิธีทำกราฟมาตรฐาน

1. นำขวดวัดปริมาตรขนาด 100 ml มา 5 ขวด

2. ใส่ sodium tetrachloromercurate ปริมาตร 5 ml ในแต่ละขวด

3. ใส่ standard solution ของ SO_2ปริมาตร 0,1,2,4 และ 8 ml ลง ในขวดวัดปริมาตรแต่ละขวด ตามลำดับ

4. ปรับปริมาตรให้เป็น 100 ml ทุกขวด และผสมให้เข้ากัน

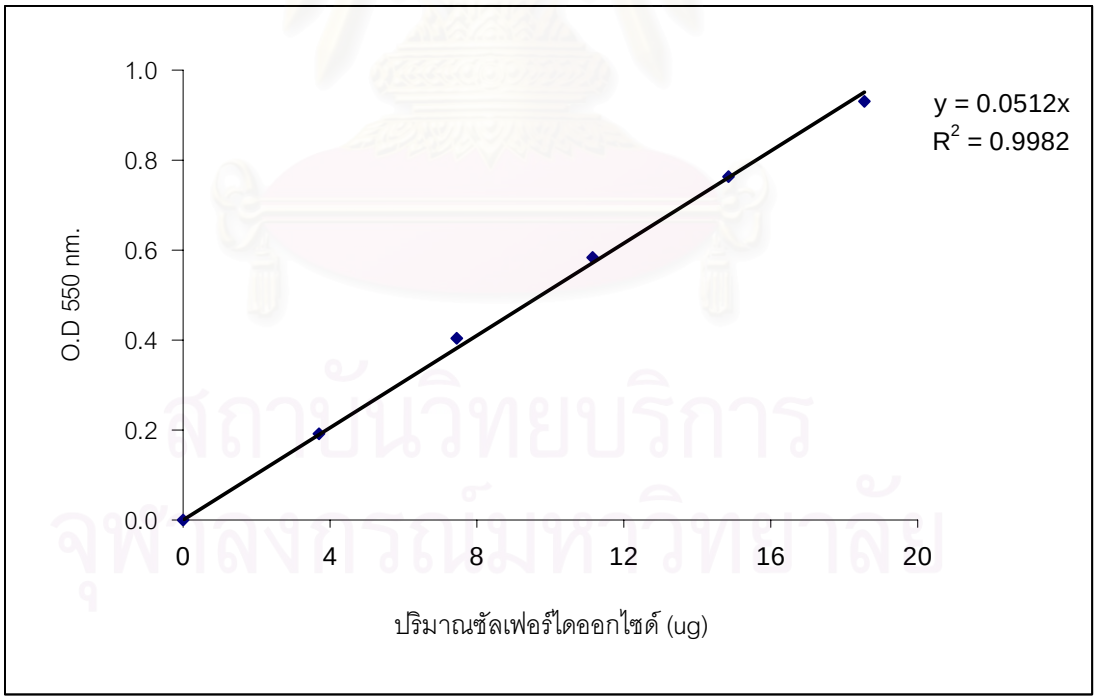
5. ดูดสารละลายผสมในแต่ละขวดมา 5 ml ใส่ในหลอดทดลอง 5 หลอด โดยในแต่ละหลอดจะมี rosaniline reagent ปริมาตร 5 ml บรรจุอยู่ก่อน

6. เติม 0.015% Formaldehyde solution ปริมาตร 10 ml ลงในหลอดทดลองแต่ละหลอด และผสมให้เข้ากัน

7. ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 30 นาที

8. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 550 nm. เทียบกับ Blank ที่ใช้น้ำกลั่นแทน standard solution ของ SO_2

9. นำผลการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาสร้างกราฟมาตรฐาน



รูปที่ ก.3 กราฟมาตรฐานของการวิเคราะห์ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์

ก.6 การเกิดสีน้ำตาล

ตามวิธี Baloch และคณะ (1973)

วิธีการทดลอง

1. ชั่งฝรั่งอบแห้งที่หั่นละเอียด 10 g ใส่ในบีกเกอร์
2. เติม 1.5% acetic acid ปริมาตร 50 ml ลงในบีกเกอร์ แช่ทิ้งไว้ 10 นาที
3. ปั่นให้ละเอียดด้วย Blender นาน 2 นาที แล้วกรอง
4. นำสารละลายที่กรองได้มาปรับปริมาตรเป็น 200 ml ด้วย 1.5% acetic acid
5. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 nm. โดยใช้ 1.5% acetic acid เป็น blank

ก.7 การคำนวณค่าการเปลี่ยนแปลงสี

ตามวิธีของ Hunt (1998)

$$\Delta E^* = [\,(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2\,]^{1/2}$$

โดยที่

ΔL^* = ค่า L* ของฝรั่งหลังผ่านการเก็บรักษา – ค่า L* ของฝรั่งเริ่มต้น

Δa^* = ค่า a* ของฝรั่งหลังผ่านการเก็บรักษา – ค่า a* ของฝรั่งเริ่มต้น

Δb^* = ค่า b* ของฝรั่งหลังผ่านการเก็บรักษา – ค่า b* ของฝรั่งเริ่มต้น

ก.8 ค่า water activity (a_w) โดยใช้เครื่องวัด a_w (รุ่น Testo 650, บริษัท Tesco, GmbH &Co)

วิธีการทดลอง

1. ติดตั้ง probe วัดค่า a_w ชนิด highly accurate กับอุปกรณ์การวัด
2. เปิดเครื่องวัดค่า a_w เลื่อนเคอร์เซอร์โดยกดปุ่มลูกศรเพื่อเลือก mode "a_w value"
3. ใส่ตัวอย่างลงในถ้วยพลาสติก แล้ววางลงบนแท่นวัด แล้วปิดฝาแท่นวัดให้สนิท
4. กดปุ่มลูกศร ⇦ เพื่อวัดค่า a_w รอจนกระทั่งค่า a_w คงที่ ซึ่งแสดงเป็นลูกศร ⇅ ที่ด้านหลังตัวเลขแสดงค่า a_w

ก.9 วิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรีย

ตามวิธี Harrigan และ McCance (1976)

วิธีการทดลอง

1. **เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ** plate count agar
   - ชั่ง plate count agar 23.5 g ละลายในน้ำกลั่นร้อน 1000 ml บรรจุลงในขวดรูป

ชมพู่ปิดปากด้วยจุกสำลี จากนั้นนำมาฆ่าเชื้อด้วย autoclave ที่อุณหภูมิ 121°C ความดัน 15 lb/in^2 เป็นเวลา 15 นาที

2. ชั่งฝรั่งแช่อิ่มอบแห้ง 10 กรัม ใส่ถุง เติม 0.1% peptone ปริมาตร 90 ml จากนั้นนำไปตีด้วยเครื่อง stomacher เป็นเวลา 10 นาที เจือจางความเข้มข้นเป็น 10^{-1} 10^{-2} และ10^{-3} g/ml ด้วย 0.1 % peptone

3. ปิเปตสารละลายที่ dilution ต่างๆ มา 1 ml ใส่ในจานเลี้ยงเชื้อ dilution ละ 2 จาน เท plate count agar (ที่ 40-45°C) ลงในจานเลี้ยงเชื้อประมาณจานละ 15-20 ml หมุนจานไปมาเพื่อให้สารละลายและ plate count agar ผสมกัน ทิ้งให้แข็งตัวที่อุณหภูมิห้อง

4. นำจานเลี้ยงเชื้อไปบ่มที่อุณหภูมิ 35±0.5°C นาน 2-3 วัน ตรวจนับเชื้อแบคทีเรียแล้วรายงานผลเป็นจำนวนโคโลนีต่อตัวอย่าง 1 g

ก.10 วิเคราะห์ยีสต์และรา

ตามวิธีของ Harrigen and McCance, 1976

วิธีการทดลอง

1. **เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ** potato dextrose agar

- ชั่ง potato dextrose agar 39.0 กรัม ละลายในน้ำกลั่นร้อน 1 ลิตร บรรจุลงใน ขวดรูปชมพู่ปิดปากด้วยจุกสำลี นำมาฆ่าเชื้อใน autoclave ที่อุณหภูมิ 121°C ความดัน 15 lb/in^2 เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นปรับ pH ด้วย tataric acid (ที่ปลอดเชื้อ) ความเข้มข้น 10% ปริมาตร 1.6 ml ต่อ potato dextrose agar 100 ml (จะได้ pH ประมาณ 3.74-4.0) เท potato dextrose agar ลงในจานเลี้ยงเชื้อจานละ 15-20 ml แล้วทิ้งให้แข็งตัวที่อุณหภูมิห้อง

2. เตรียมตัวอย่างที่ dilution 10^{-1} และ 10^{-2} g/ml

3. ปิเปตสารละลายที่ dilution ต่างๆ มา 1 ml ใส่ในจานเลี้ยงเชื้อ dilution ละ 2 จาน แล้วใช้แท่งแก้วรูปตัว L จุ่มแอลกอฮอล์ ลนไฟ เกลี่ยสารละลายให้กระจายทั่วผิวหน้าของอาหารเลี้ยงเชื้อ

4. นำจานเลี้ยงเชื้อไปบ่มที่อุณหภูมิ 35±0.5°C นาน 2-3 วัน ตรวจนับเชื้อยีสต์ และรา แล้วรายงานผลเป็นจำนวนโคโลนีต่อตัวอย่าง 1 g

ภาคผนวก ข

ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน

ตารางที่ ข 1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ซึมเข้าเนื้อฝรั่งโดยแปรระยะเวลาแช่เป็น 7 วัน

SOV	d.f	MS
ระยะเวลาแช่	6	5550.525*
Error	14	92.726

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ ข 2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณความชื้นในเนื้อฝรั่งโดยแปรระยะเวลาแช่เป็น 7 วัน

SOV	d.f	MS
ระยะเวลาแช่	6	0.461*
Error	14	$1.603\ E^{-02}$

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ ข 3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งที่ภาวะการผลิตต่างกัน

SOV	d.f	MS
ระยะเวลาแช่ (A)	1	737115.815*
อุณหภูมิอบแห้ง (B)	2	6703855.037*
AB	2	81351.565
Error	42	67490.116

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ ข 4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่างานที่ใช้ในการตัดของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งที่ภาวะการผลิตต่างกัน

SOV	d.f	MS
ระยะเวลาแช่ (A)	1	25363634.487*
อุณหภูมิอบแห้ง (B)	2	140078148.100*
AB	2	2692343.822
Error	42	3127688.717

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ ข 5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า adhesiveness ของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งที่ภาวะการผลิตต่างกัน

SOV	d.f	MS
ระยะเวลาแช่ (A)	1	1479.741
อุณหภูมิอบแห้ง (B)	2	30610.612*
AB	2	102.995
Error	42	1749.573

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ ข 6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งที่ภาวะการผลิตต่างกัน

SOV	d.f	MS
ระยะเวลาแช่ (A)	1	5.152*
อุณหภูมิอบแห้ง (B)	2	12.899*
AB	2	0.793*
Error	12	0.113

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข 7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสีแดงของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งที่ภาวะการผลิตต่างกัน

SOV	d.f	MS
ระยะเวลาแช่ (A)	1	0.252
อุณหภูมิอบแห้ง (B)	2	0.110
AB	2	0.0535
Error	12	0.113

ตารางที่ ข 8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสีเหลืองของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งที่ภาวะการผลิตต่างกัน

SOV	d.f	MS
ระยะเวลาแช่ (A)	1	0.396
อุณหภูมิอบแห้ง (B)	2	5.370
AB	2	0.762
Error	12	1.684

ตารางที่ ข 9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้ง

SOV	d.f	MS				
		สี	การหดตัว	กลิ่น	ความแข็ง	การยอมรับโดยรวม
ภาวะการผลิต	5	25.390*	23.724*	1.551	7.187*	8.816*
ผู้ทดสอบ	29	1.818	1.870	28.887	3.792	4.645
Error	325	1.723	1.727	1.622	1.350	1.793

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ ข 10 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งที่มีการแปรปริมาณโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และน้ำผึ้ง

SOV	d.f	MS
ระดับความเข้มข้นของน้ำผึ้ง (A)	2	6.825*
ระดับความเข้มข้นของโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (B)	1	0.004
AB	2	0.026
Error	12	0.174

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ ข 11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งในด้านเนื้อสัมผัสที่มีการแปรปริมาณโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และน้ำผึ้ง

SOV	d.f	MS		
		force	work	adhesiveness
ระดับความเข้มข้นของน้ำผึ้ง (A)	2	83711.68	63325.09	1838.98
ระดับความเข้มข้นของโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (B)	1	10848.35	18559.43	97.04
AB	2	2085.89	29359.50	329.40
Error	42	45645.02	1747230.67	845.43

ตารางที่ ข 12 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งที่มีการแปรปริมาณโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และน้ำผึ้ง

SOV	d.f	MS
ระดับความเข้มข้นของน้ำผึ้ง (A)	2	1.316
ระดับความเข้มข้นของโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (B)	1	381.616*
AB	2	1.275
Error	12	0.487

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ ข 13 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 nm. ในผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งที่มีการแปรปริมาณโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และน้ำผึ้ง

SOV	d.f	MS
ระดับความเข้มข้นของน้ำผึ้ง (A)	2	0.00000134
ระดับความเข้มข้นของโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (B)	1	0.00057910*
AB	2	0.00000023
Error	12	0.00000053

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ ข 14 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งที่มีการแปรปริมาณโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และน้ำผึ้งเทียบกับตัวอย่างควบคุม

SOV	d.f	MS
ภาวะการผลิต	6	2.716*
Error	14	0.153

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ ข 15 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งในด้านเนื้อสัมผัสที่มีการแปรปริมาณโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และน้ำผึ้งเทียบกับตัวอย่างควบคุม

SOV	d.f	MS		
		force	work	adhesiveness
ภาวะการผลิต	6	30508.23	45049.24	739.35
Error	49	47621.98	1963120.14	806.30

ตารางที่ ข 16 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งที่มีการแปรปริมาณโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และน้ำผึ้งเทียบกับตัวอย่างควบคุม

SOV	d.f	MS
ภาวะการผลิต	6	130.94*
Error	14	0.575

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ ข 17 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 nm. ในผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งที่มีการแปรปริมาณโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และน้ำผึ้งเทียบกับตัวอย่างควบคุม

SOV	d.f	MS
ภาวะการผลิต	6	$1.37E^{-04}$*
Error	14	$6.20E^{-07}$

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข 18 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 nm. ของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งในแต่ละภาวะที่ช่วงเวลาต่างกันตลอดการเก็บรักษานาน 24 สัปดาห์

ระยะเวลาเก็บ	SOV	df	MS
สัปดาห์ที่ 0	ภาวะ	3	$1.48E^{-05}$*
	error	28	$3.53E^{-07}$
สัปดาห์ที่ 3	ภาวะ	3	$1.51E^{-05}$*
	error	28	$1.47E^{-07}$
สัปดาห์ที่ 6	ภาวะ	3	$1.71E^{-05}$*
	error	28	6.00^{-07}
สัปดาห์ที่ 9	ภาวะ	3	$4.56E^{-05}$*
	error	28	$7.02E^{-07}$
สัปดาห์ที่ 12	ภาวะ	3	$5.67E^{-05}$*
	error	28	$9.55E^{-07}$
สัปดาห์ที่ 15	ภาวะ	3	$1.08E^{-04}$*
	error	28	$3.22E^{-06}$
สัปดาห์ที่ 18	ภาวะ	3	$1.38E^{-04}$*
	error	28	$2.78E^{-06}$
สัปดาห์ที่ 21	ภาวะ	3	$2.30E^{-04}$*
	error	28	$1.08E^{-06}$
สัปดาห์ที่ 24	ภาวะ	3	$2.15E^{-04}$*
	error	28	$8.88E^{-07}$

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข 19 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 nm. ของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งในแต่ละภาวะในช่วงการเก็บรักษานาน 24 สัปดาห์

SOV	d.f	MS			
		trt 1	trt 2	trt 3	trt 4
ระยะเวลาเก็บรักษา	8	$1.49E^{-04}$*	$3.51E^{-04}$*	$1.43E^{-04}$*	$4.83E^{-04}$*
error	18	$5.44E^{-07}$	$1.05E^{-06}$	$8.79E^{-07}$	$2.29E^{-06}$

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

trt 1 แทนผลิตภัณฑ์ที่เติมโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.5% (control)
trt 2 แทนผลิตภัณฑ์ที่เติมโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.25% + น้ำผึ้ง 0%
trt 3 แทนผลิตภัณฑ์ที่เติมโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.25% + น้ำผึ้ง 1%
trt 4 แทนผลิตภัณฑ์ที่เติมโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.25% + น้ำผึ้ง 3%

ตารางที่ ข 20 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของผลิตภัณฑ์ฝรั่งในแต่ละภาวะที่ช่วงเวลาต่างกันตลอดการเก็บรักษานาน 24 สัปดาห์

SOV	d.f	MS								
		ระยะเวลาเก็บ (สัปดาห์)								
		0	3	6	9	12	15	18	21	24
ภาวะการผลิต	3	3.819*	3.268*	3.649*	3.677*	3.291*	3.747*	3.218*	3.828*	3.968*
Error	8	0.111	0.163	0.125	0.212	0.146	0.119	0.094	0.107	0.063

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ ข 21 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งในแต่ละภาวะในช่วงการเก็บรักษานาน 24 สัปดาห์

SOV	d.f	MS			
		trt 1	trt 2	trt 3	trt 4
ระยะเวลาเก็บรักษา	8	1.438*	1.809*	0.595*	1.828*
error	18	0.115	$7.88E^{-02}$	0.135	0.179

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

trt 1 แทนผลิตภัณฑ์ที่เติมโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.5% (control)
trt 2 แทนผลิตภัณฑ์ที่เติมโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.25% + น้ำผึ้ง 0%
trt 3 แทนผลิตภัณฑ์ที่เติมโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.25% + น้ำผึ้ง 1%
trt 4 แทนผลิตภัณฑ์ที่เติมโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.25% + น้ำผึ้ง 3%

ตารางที่ ข 22 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของผลิตภัณฑ์ฝรั่งในแต่ละภาวะที่ช่วงเวลาต่างกันตลอดการเก็บรักษานาน 24 สัปดาห์

SOV	d.f	MS							
		ระยะเวลาเก็บ (สัปดาห์)							
		3	6	9	12	15	18	21	24
ภาวะการผลิต	3	3.156	5.494	5.748	11.69	2.797	7.431	10.259	2.313
Error	8	1.964	4.355	4.226	5.48	4.975	3.848	4.533	2.651

ตารางที่ ข 23 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งในแต่ละภาวะในช่วงการเก็บรักษานาน 24 สัปดาห์

SOV	d.f	MS			
		trt 1	trt 2	trt 3	trt 4
ระยะเวลาเก็บรักษา	8	794.710*	981.414*	848.156*	856.645*
error	18	2.332	5.233	3.048	2.402

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

trt 1 แทนผลิตภัณฑ์ที่เติมโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.5% (control)
trt 2 แทนผลิตภัณฑ์ที่เติมโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.25% + น้ำผึ้ง 0%
trt 3 แทนผลิตภัณฑ์ที่เติมโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.25% + น้ำผึ้ง 1%
trt 4 แทนผลิตภัณฑ์ที่เติมโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.25% + น้ำผึ้ง 3%

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข 24 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลิตภัณฑ์ฝรั่งในด้านลักษณะเนื้อสัมผัสในแต่ละด้านทั้งในแต่ละภาวะที่ช่วงเวลาต่างกันตลอดการเก็บ 24 สัปดาห์

ระยะเวลาเก็บ	SOV	df	MS		
			hardness	cutting work	adhesiveness
สัปดาห์ที่ 0	ภาวะ	3	31671.00	1984337.72	2167.03
	error	28	41857.96	3376353.51	1022.15
สัปดาห์ที่ 3	ภาวะ	3	51733.75	6216529.59	3172.50
	error	28	48522.06	2945890.26	1278.72
สัปดาห์ที่ 6	ภาวะ	3	64596.75	14106614.00	3175.33
	error	28	67495.38	531399.02	1119.31
สัปดาห์ที่ 9	ภาวะ	3	320672.06	6128517.27	2145.26
	error	28	115039.98	5020001.63	1253.90
สัปดาห์ที่ 12	ภาวะ	3	637512.07*	32491570.90*	4848.06*
	error	28	69859.68	5185300.01	755.90
สัปดาห์ที่ 15	ภาวะ	3	598632.88*	15207486.20*	4209.21*
	error	28	80654.50	3632234.53	990.40
สัปดาห์ที่ 18	ภาวะ	3	1414392.79*	21417334.40*	8006.44*
	error	28	74424.46	2351754.40	1484.41
สัปดาห์ที่ 21	ภาวะ	3	1467470.89*	16639312.60*	16089.23*
	error	28	129974.34	2405678.56	889.38
สัปดาห์ที่ 24	ภาวะ	3	1676042.34*	16665770.30*	19838.08*
	error	28	63410.84	2652292.01	426.09

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ ข 25 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลิตภัณฑ์ฝรั่งที่มีการเติมโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.25% และไม่เติมน้ำผึ้งในด้านลักษณะเนื้อสัมผัสในแต่ละด้านในช่วงการเก็บรักษานาน 24 สัปดาห์

SOV	d.f	MS		
		hardness	cutting work	adhesiveness
ระยะเวลาเก็บรักษา	8	4590731.71*	30394002.50*	22811.81*
error	63	70769.62	4268894.21	868.60

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ ข 26 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลิตภัณฑ์ฝรั่งที่มีการเติมโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.25% และเติมน้ำผึ้ง 1% ในด้านลักษณะเนื้อสัมผัสในแต่ละด้านในช่วงการเก็บรักษานาน 24 สัปดาห์

SOV	d.f	MS		
		hardness	cutting work	adhesiveness
ระยะเวลาเก็บรักษา	8	2653528.38*	13796452.10*	15574.84*
error	63	65799.25	3150392.89	832.68

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ ข 27 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลิตภัณฑ์ฝรั่งที่มีการเติมโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.25% และเติมน้ำผึ้ง 3% ในด้านลักษณะเนื้อสัมผัสในแต่ละด้านในช่วงการเก็บรักษานาน 24 สัปดาห์

SOV	d.f	MS		
		hardness	cutting work	adhesiveness
ระยะเวลาเก็บรักษา	8	1460986.23*	13553379.50*	8144.50*
error	63	77498.94	2701664.35	1007.85

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข 28 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ฝรั่งในแต่ละภาวะที่ช่วงเวลาต่างกันตลอดการเก็บรักษานาน 24 สัปดาห์

ระยะเวลาเก็บ	SOV	df	MS
สัปดาห์ที่ 0	ภาวะ	3	$2.00\ E^{-02}$
	error	28	$2.20\ E^{-02}$
สัปดาห์ที่ 3	ภาวะ	3	$7.02\ E^{-03}$
	error	28	$8.61\ E^{-02}$
สัปดาห์ที่ 6	ภาวะ	3	$1.03\ E^{-02}$
	error	28	$2.99\ E^{-02}$
สัปดาห์ที่ 9	ภาวะ	3	$1.09\ E^{-02}$
	error	28	$3.37\ E^{-02}$
สัปดาห์ที่ 12	ภาวะ	3	$6.85\ E^{-02}$
	error	28	$2.55\ E^{-02}$
สัปดาห์ที่ 15	ภาวะ	3	$7.25\ E^{-02}$
	error	28	$2.07\ E^{-02}$
สัปดาห์ที่ 18	ภาวะ	3	$4.38\ E^{-02}$
	error	28	$4.04\ E^{-02}$
สัปดาห์ที่ 21	ภาวะ	3	$6.82\ E^{-02}$
	error	28	0.104
สัปดาห์ที่ 24	ภาวะ	3	$7.36\ E^{-02}$
	error	28	$6.44\ E^{-02}$

ตารางที่ ข 29 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งในแต่ละภาวะในช่วงการเก็บรักษานาน 24 สัปดาห์

SOV	d.f	MS			
		trt 1	trt 2	trt 3	trt 4
ระยะเวลาเก็บรักษา	8	0.11	$7.85\ E^{-02}$	$4.25\ E^{-02}$	$4.02\ E^{-02}$
error	18	$5.61\ E^{-02}$	$4.28\ E^{-02}$	$5.47\ E^{-02}$	$3.62\ E^{-02}$

trt 1 แทนผลิตภัณฑ์ที่เติมโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.5% (control)
trt 2 แทนผลิตภัณฑ์ที่เติมโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.25% + น้ำผึ้ง 0%
trt 3 แทนผลิตภัณฑ์ที่เติมโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.25% + น้ำผึ้ง 1%
trt 4 แทนผลิตภัณฑ์ที่เติมโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.25% + น้ำผึ้ง 3%

ตารางที่ ข 30 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า a_w ของผลิตภัณฑ์ฝรั่งในแต่ละภาวะที่ช่วงเวลาต่างกันตลอดการเก็บรักษานาน 24 สัปดาห์

ระยะเวลาเก็บ	SOV	d.f	MS
สัปดาห์ที่ 0	ภาวะ	3	1.11 E^{-03}*
	error	28	4.00 E^{-06}
สัปดาห์ที่ 3	ภาวะ	3	1.12 E^{-03}*
	error	28	6.33 E^{-06}
สัปดาห์ที่ 6	ภาวะ	3	1.18 E^{-03}*
	error	28	4.00 E^{-06}
สัปดาห์ที่ 9	ภาวะ	3	1.16 E^{-03}*
	error	28	4.33 E^{-06}
สัปดาห์ที่ 12	ภาวะ	3	1.14 E^{-03}*
	error	28	2.17 E^{-06}
สัปดาห์ที่ 15	ภาวะ	3	1.18 E^{-03}*
	error	28	3.50 E^{-06}
สัปดาห์ที่ 18	ภาวะ	3	1.16 E^{-03}*
	error	28	2.75 E^{-06}
สัปดาห์ที่ 21	ภาวะ	3	1.23 E^{-03}*
	error	28	1.83 E^{-06}
สัปดาห์ที่ 24	ภาวะ	3	1.20 E^{-03}*
	error	28	3.83 E^{-06}

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ ข 31 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า a_w ของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งในแต่ละภาวะในช่วงการเก็บรักษานาน 24 สัปดาห์

SOV	d.f	MS			
		trt 1	trt 2	trt 3	trt 4
ระยะเวลาเก็บรักษา	8	4.08 E^{-06}	4.26 E^{-07}	3.79 E^{-06}	2.20 E^{-06}
error	18	4.44 E^{-06}	3.82 E^{-06}	2.37 E^{-06}	3.59 E^{-06}

trt 1 แทนผลิตภัณฑ์ที่เติมโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.5% (control)

trt 2 แทนผลิตภัณฑ์ที่เติมโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.25% + น้ำผึ้ง 0%

trt 3 แทนผลิตภัณฑ์ที่เติมโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.25% + น้ำผึ้ง 1%

trt 4 แทนผลิตภัณฑ์ที่เติมโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.25% + น้ำผึ้ง 3%

ตารางที่ ข 32 การวิเคราะห์ความแปรปรวนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ฝรั่งในแต่ละภาวะที่ช่วงเวลาต่างกันตลอดการเก็บ 24 สัปดาห์

SOV		df	MS			
			สี	การหดตัว	ลักษณะปรากฏ	การยอมรับโดยรวม
สัปดาห์ที่ 0	ภาวะ	3	2.344	0.185	0.126	0.078
	ผู้ทดสอบ	29	3.703*	2.589*	2.377*	4.868*
	error	327	1.443	1.830	1.384	1.243
สัปดาห์ที่ 3	ภาวะ	3	2.344	1.721	0.055	0.677
	ผู้ทดสอบ	29	4.556*	6.625*	3.623*	4.872*
	error	327	1.901	1.858	1.437	1.449
สัปดาห์ที่ 6	ภาวะ	3	2.837	0.800	0.158	0.285
	ผู้ทดสอบ	29	3.128*	4.735*	2.916*	4.197*
	error	327	1.972	1.413	1.465	1.673
สัปดาห์ที่ 9	ภาวะ	3	13.462*	3.477*	0.832	6.067*
	ผู้ทดสอบ	29	5.182*	4.657*	3.583*	4.849*
	error	327	1.940	1.066	2.220	1.141
สัปดาห์ที่ 12	ภาวะ	3	6.032*	6.052*	3.699*	5.415*
	ผู้ทดสอบ	29	6.579*	5.761*	3.789*	3.855*
	error	327	1.867	1.589	1.190	1.095
สัปดาห์ที่ 15	ภาวะ	3	7.115*	11.948*	4.100*	8.430*
	ผู้ทดสอบ	29	3.263*	6.536*	4.115*	5.636*
	error	327	1.950	1.475	1.198	1.232
สัปดาห์ที่ 18	ภาวะ	3	6.333*	15.178*	10.062*	9.358*
	ผู้ทดสอบ	29	3.444*	5.987*	3.543*	3.176*
	error	327	1.682	1.130	1.612	1.394
สัปดาห์ที่ 21	ภาวะ	3	11.166*	16.396*	15.921*	8.800*
	ผู้ทดสอบ	29	4.190*	4.040*	3.010*	1.608*
	error	327	1.384	1.369	1.495	1.003
สัปดาห์ที่ 24	ภาวะ	3	31.662*	15.293*	22.107*	22.963*
	ผู้ทดสอบ	29	8.653*	10.141*	6.493*	10.008*
	error	327	0.971	1.221	0.851	1.086

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

ข้อมูลการทดลอง

ตารางที่ ค 1 ปริมาณความชื้นในชิ้นฝรั่งเมื่อแปรระยะเวลาแช่เป็น 8 วัน

ระยะเวลาแช่ (วัน)	ปริมาณความชื้น (%)
1	93.10^{e}±0.12
2	93.31^{de}±0.17
3	93.43^{cd}±0.24
4	93.65^{c}±0.02
5	93.91^{b}±0.01
6	94.05^{b}±0.03
7	94.13^{b}±0.08
8	95.35^{a}±0.21

a,b,c... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแต่ละสดมภ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ ค 2 ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์คงเหลือในผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งภายหลังการอบแห้ง

ระยะเวลาแช่ (วัน)	ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ppm)		
	อุณหภูมิ 55 °ซ	อุณหภูมิ 60 °ซ	อุณหภูมิ 65 °ซ
6	33.08±0.32	29.06±0.36	23.59±0.29
7	39.03±0.51	34.06±0.65	30.44±0.56

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค 3 ปริมาณความชื้นของฝรั่งในระหว่างการออสโมซิส

ระยะเวลาแช่ (วัน)	ปริมาณความชื้น (%)		
	35°Brix, 4 ชม.	35°Brix, 4 ชม. 45°Brix, 4 ชม.	35°Brix, 4 ชม. 45°Brix, 4 ชม. 55°Brix, 4 ชม.
6	75.55±0.56	58.67±0.53	46.46±0.32
7	75.28±0.53	58.73±0.04	46.33±0.30

ตารางที่ ค 4 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของฝรั่งในระหว่างการออสโมซิส

ระยะเวลาแช่ (วัน)	ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ทั้งหมด (บริกซ์)		
	35°Brix, 4 ชม.	35°Brix, 4 ชม. 45°Brix, 4 ชม.	35°Brix, 4 ชม. 45°Brix, 4 ชม. 55°Brix, 4 ชม.
6	24.9±0.9	40.3±0.4	52.7±0.1
7	24.7±0.5	40.8±0.6	52.1±0.6

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค 5 ปริมาณความชื้นและค่า water activity ของฝรั่งในช่วงการอบแห้งที่อุณหภูมิ 55°ซ.

ระยะเวลาแช่ (วัน)	ชั่วโมงการอบ	ปริมาณความชื้น (%)	water activity (a_w)
6	0	46.86±0.75	0.88±0.01
	1	34.36±0.34	0.82±0.01
	2	27.56±2.15	0.75±0.01
	3	23.91±0.80	0.73±0.01
	4	20.78±0.96	0.70±0.01
	5	20.05±0.40	0.68±0.01
	6	17.01±0.32	0.66±0.01
	7	15.67±0.45	0.65±0.01
	8	14.24±0.11	0.64±0.01
7	0	46.64±0.63	0.87±0.01
	1	35.06±0.99	0.82±0.01
	2	30.39±1.10	0.76±0.01
	3	27.62±1.02	0.74±0.01
	4	21.92±2.08	0.70±0.01
	5	20.34±1.71	0.67±0.01
	6	17.56±1.76	0.66±0.01
	7	15.68±0.06	0.65±0.01
	8	15.34±0.10	0.64±0.01

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค 6 ปริมาณความชื้นและค่า water activity ของฝรั่งในช่วงการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60°ซ.

ระยะเวลาแช่ (วัน)	ชั่วโมงการอบ	ปริมาณความชื้น (%)	water activity (a_w)
6	0	46.86±0.75	0.88±0.01
	1	31.63±0.58	0.81±0.01
	2	23.79±0.15	0.74±0.01
	3	21.55±0.06	0.70±0.01
	4	20.50±0.48	0.68±0.01
	5	17.19±0.22	0.67±0.01
	6	15.75±0.63	0.65±0.01
	7	14.81±0.08	0.64±0.01
7	0	47.64±0.63	0.87±0.01
	1	31.69±0.20	0.80±0.01
	2	25.56±0.32	0.74±0.01
	3	21.72±0.25	0.71±0.01
	4	20.04±0.16	0.68±0.01
	5	16.79±0.21	0.67±0.01
	6	15.35±0.02	0.65±0.01
	7	14.35±0.14	0.64±0.01

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค 7 ปริมาณความชื้นและค่า water activity ของฝรั่งในช่วงการอบแห้งที่อุณหภูมิ 65°ซ.

ระยะเวลาแช่ (วัน)	ชั่วโมงการอบ	ปริมาณความชื้น (%)	water activity (a_w)
6	0	46.86±0.75	0.88±0.01
	1	32.27±0.32	0.79±0.01
	2	22.89±0.23	0.73±0.01
	3	21.53±0.10	0.69±0.01
	4	17.83±0.18	0.67±0.01
	5	15.47±0.26	0.65±0.01
	6	14.86±0.30	0.64±0.01
7	0	47.64±0.63	0.87±0.01
	1	33.78±1.24	0.80±0.01
	2	27.90±0.93	0.74±0.01
	3	20.16±0.32	0.69±0.01
	4	17.19±0.15	0.68±0.00
	5	15.67±0.29	0.65±0.01
	6	15.41±0.25	0.64±0.01

ตารางที่ ค 8 ค่า water loss ของฝรั่งที่ภาวะการแช่ต่าง ๆ หลังจากออสโมซิส

ช่วงการออสโมซิส	โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์	ค่า water loss (%)		
	(%w/v)	น้ำผึ้ง 0% (w/v)	น้ำผึ้ง 1% (w/v)	น้ำผึ้ง 3% (w/v)
ซูโครส 35° Brix	0.1	48.58±0.48	48.94±0.31	46.64±0.66
ออสโมซิส 4 ชม	0.25	48.89±0.73	48.22±0.67	47.07±0.16
ซูโครส 45° Brix	0.1	61.39±0.54	61.73±0.58	61.76±0.59
ออสโมซิส 4 ชม	0.25	61.89±0.62	62.28±0.78	60.66±0.49
ซูโครส 55° Brix	0.1	72.18±0.91	72.94±1.31	71.46±0.65
ออสโมซิส 4 ชม	0.25	72.07±0.71	71.55±0.41	72.43±0.76

ตารางที่ ค 9 ค่า solid gain ของฝรั่งที่ภาวะการแช่ต่าง ๆ หลังจากออสโมซิส

ภาวะ	โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (%w/v)	ค่า solid gain (%)		
		น้ำผึ้ง 0% (w/v)	น้ำผึ้ง 1% (w/v)	น้ำผึ้ง 3% (w/v)
ซูโครส 35° Brix	0.1	8.44±0.12	9.16±0.12	10.05±0.48
ออสโมซิส 4 ชม	0.25	8.72±0.49	9.67±0.44	10.53±0.30
ซูโครส 45° Brix	0.1	13.69±0.53	14.47±0.65	15.20±0.87
ออสโมซิส 4 ชม	0.25	13.44±0.20	14.85±0.71	15.85±0.34
ซูโครส 55° Brix	0.1	17.25±1.12	18.05±0.68	19.18±1.04
ออสโมซิส 4 ชม	0.25	17.52±0.55	18.44±0.45	19.23±0.34

ตารางที่ ค 10 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของฝรั่งในช่วงก่อนการออสโมซิสและหลังออสโมซิส

ภาวะ	โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (%)	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (%)		
		น้ำผึ้ง 0%	น้ำผึ้ง 1%	น้ำผึ้ง 3%
ก่อนออสโมซิส	0.1	1.04±0.10	1.88±0.02	2.18±0.06
	0.25	1.05±0.04	1.63±0.03	2.28±0.08
ออสโมซิส 4 ชม	0.1	4.29±0.62	4.86±0.12	5.70±0.30
ซูโครส 35° Brix	0.25	4.22±0.14	4.78±0.15	5.72±0.13
ออสโมซิส 4 ชม	0.1	7.06±0.30	7.86±0.21	8.28±0.13
ซูโครส 45° Brix	0.25	7.13±0.36	7.68±0.29	8.31±0.28
ออสโมซิส 4 ชม	0.1	9.42±0.44	10.14±0.47	11.40±0.40
ซูโครส 55° Brix	0.25	9.32±0.49	10.34±0.53	10.94±0.37

ตารางที่ ค 11 ค่าสีของฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งในช่วงระยะเวลาการเก็บรักษา 24 สัปดาห์

ระยะเวลาเก็บ (สัปดาห์)	ค่าสี	ภาวะ			
		$Na_2S_2O_5$ 0.5% (control)	$Na_2S_2O_5$ 0.25% น้ำผึ้ง 0%	$Na_2S_2O_5$ 0.25% น้ำผึ้ง 1%	$Na_2S_2O_5$ 0.25% น้ำผึ้ง 3%
0	L*	76.56±0.18	74.67±0.27	74.84±0.15	74.45±0.07
	a*	1.24±0.09	1.41±0.17	1.45±0.36	1.23±0.18
	b*	17.49±0.33	17.83±0.56	17.50±0.70	18.78±0.63
3	L*	76.36±0.10	74.37±0.07	74.62±0.15	74.53±0.07
	a*	1.37±0.27	1.37±0.11	1.35±0.17	1.45±0.10
	b*	17.03±0.74	17.28±0.32	17.41±0.28	19.13±0.54
6	L*	76.26±0.12	74.15±0.32	74.41±0.15	74.29±0.29
	a*	1.27±0.20	1.31±0.06	1.26±0.10	1.23±0.19
	b*	17.16±0.15	17.64±0.70	17.85±0.61	18.79±0.64
9	L*	75.68±0.52	73.37±0.23	74.17±0.47	74.33±0.63
	a*	1.27±0.34	1.23±0.35	1.34±0.53	1.26±0.48
	b*	19.59±0.55	20.17±0.69	20.23±0.80	21.32±0.17
12	L*	75.57±0.18	73.05±0.55	74.01±0.12	73.98±0.32
	a*	1.12±0.34	1.43±0.10	1.39±0.12	1.29±0.28
	b*	18.58±0.08	20.69±0.71	20.83±0.44	22.12±0.24
15	L*	75.53±0.18	72.25±0.08	73.65±0.29	73.49±0.20
	a*	1.04±0.43	1.16±0.35	1.18±0.36	1.22±0.37
	b*	19.29±0.86	20.89±0.71	20.76±0.12	22.51±0.30
18	L*	74.37±0.40	70.98±0.23	73.21±0.60	72.99±0.72
	a*	1.35±0.70	1.32±0.67	1.59±0.75	1.75±0.70
	b*	19.80±0.52	20.04±0.38	20.77±0.30	22.39±0.07
21	L*	74.10±0.33	70.76±0.36	73.13±0.28	71.97±0.61
	a*	1.82±0.25	1.95±0.17	1.69±0.63	2.11±0.63
	b*	20.54±0.45	20.97±0.25	21.46±0.14	22.84±0.49
24	L*	74.38±0.59	70.29±0.41	73.12±0.47	71.41±0.73
	a*	2.18±0.16	2.81±0.29	2.49±0.27	2.64±0.18
	b*	21.17±0.22	21.61±0.43	21.72±0.46	23.54±0.36

ตารางที่ ค 12 ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งในช่วงระยะเวลาการเก็บรักษา 24 สัปดาห์

ระยะเวลาเก็บ (สัปดาห์)	ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ppm)			
	$Na_2S_2O_5$ 0.5% (control)	$Na_2S_2O_5$ 0.25% น้ำผึ้ง 0%	$Na_2S_2O_5$ 0.25% น้ำผึ้ง 1%	$Na_2S_2O_5$ 0.25% น้ำผึ้ง 3%
0	35.12±1.06	25.21±0.83	25.83±0.71	26.02±1.17
3	31.89±0.93	23.22±0.22	23.56±0.63	23.32±0.66
6	28.75±0.96	21.44±0.58	21.58±0.56	21.02±0.90
9	25.70±1.22	18.38±1.01	18.97±0.49	18.32±0.64
12	22.35±1.07	15.39±0.82	16.27±1.14	15.41±0.67
15	20.40±0.94	14.54±0.86	14.57±0.41	14.58±0.23
18	18.51±0.85	13.54±0.64	13.82±0.78	13.09±0.81
21	17.80±0.67	12.74±0.42	12.30±0.51	11.98±0.25
24	15.41±0.52	11.21±0.48	11.48±0.27	11.08±0.33

ตารางที่ ค 13 ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์คงเหลือสัมพัทธ์ของฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งในช่วงระยะเวลาการเก็บรักษา 24 สัปดาห์

ระยะเวลาเก็บ (สัปดาห์)	ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์คงเหลือสัมพัทธ์ (ppm)			
	$Na_2S_2O_5$ 0.5% (control)	$Na_2S_2O_5$ 0.25% น้ำผึ้ง 0%	$Na_2S_2O_5$ 0.25% น้ำผึ้ง 1%	$Na_2S_2O_5$ 0.25% น้ำผึ้ง 3%
3^{ns}	90.81^{a}±0.71	92.16^{a}±1.16	91.2^{a}±0.13	89.68^{a}±1.64
6^{ns}	81.84^{b}±1.06	82.03^{b}±2.66	83.53^{b}±1.97	81.78^{b}±1.24
9^{ns}	73.16^{c}±1.39	72.88^{c}±2.28	73.47^{c}±2.97	70.44^{c}±0.96
12^{ns}	63.63^{d}±1.10	61.07^{d}±1.21	62.95^{d}±1.67	59.25^{d}±1.79
15^{ns}	58.08^{e}±1.98	57.69^{e}±2.15	56.39^{e}±1.20	56.10^{e}±2.15
18^{ns}	52.70^{f}±0.82	53.46^{f}±1.54	53.72^{e}±2.96	50.2^{f}±1.89
21^{ns}	50.71^{f}±2.11	48.78^{g}±1.44	49.31^{f}±1.26	47.09^{g}±1.19
24^{ns}	44.13^{g}±2.20	44.45^{h}±1.56	44.44^{g}±0.77	42.61^{h}±1.65

a,b,c... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแต่ละสดมภ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

ns ข้อมูลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ตารางที่ ค 14 สมบัติทางเคมีและกายภาพของน้ำผึ้ง

	ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ปริมาณความชื้น (%)	19.50±0.84
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (^{o}Brix)	82.0±0.2
ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (g/100g)	75.21±0.74
ค่าความเป็นกรดด่าง (pH)	4.02±0.06
ค่าสี	
L*	72.04±0.25
a*	14.63±0.07
b*	81.71±1.06

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

ง.1 แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสของฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งที่ภาวะการผลิตต่างกัน

ใบรายงานผลการทดสอบ Quantitative Descriptive Analysis

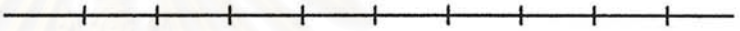
ผลิตภัณฑ์ ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้ง

ชื่อผู้ทดสอบ ..... **วันที่ทดสอบ** .....

<u>คำแนะนำ</u> กรุณาทดสอบตัวอย่างที่เสนอจากซ้ายไปขวา แล้วขีดเส้นตั้งฉากกับเส้นของแต่ละปัจจัยตรงบริเวณที่ตรงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด พร้อมระบุรหัสตัวอย่างเหนือเส้น

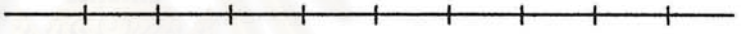
รหัสตัวอย่าง ....

1. สี



น้ำตาล ขาว

2. ลักษณะปรากฏ (การหดตัวของผลิตภัณฑ์)

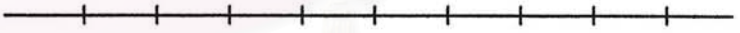


มาก น้อย

3. กลิ่นแปลกปลอม

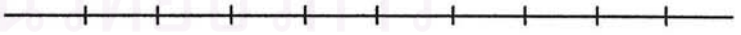
ฉุนมาก ฉุนน้อย

4. ความแข็ง (ประเมินโดยแรงที่ใช้ในการกัดตัวอย่างขาด)



มาก น้อย

5. การยอมรับโดยรวม



ไม่ชอบ ชอบมาก

ข้อเสนอแนะ.....

หมายเหตุ: การทดสอบตัวอย่างในแต่ละปัจจัยกำหนดให้ลักษณะทางด้านขวามือเป็นลักษณะที่ดีของตัวอย่าง ในขณะที่ลักษณะทางด้านซ้ายเป็นลักษณะที่ไม่ดีของตัวอย่าง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ง.2 แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษา

แบบทดสอบประสาทสัมผัสแบบ acceptance test

ผลิตภัณฑ์ ฝรั่งแช่อิ่มอบแห้ง

ชื่อผู้ทดสอบ_____วันที่_____

คำแนะนำ : กรุณาทดสอบตัวอย่างที่เสนอให้ตามลำดับ แล้วให้คะแนนการยอมรับของแต่ละตัวอย่างที่ใกล้เคียงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุดโดย

9 = ยอมรับมากที่สุด
8 = ยอมรับมาก
7 = ยอมรับปานกลาง
6 = ยอมรับเล็กน้อย
5 = เฉยๆ
4 = ไม่ยอมรับเล็กน้อย
3 = ไม่ยอมรับปานกลาง
2 = ไม่ยอมรับมาก
1 = ไม่ยอมรับมากที่สุด

การยอมรับ	คะแนนการยอมรับ			
การยอมรับทางด้านสี				
การยอมรับทางด้านการหดตัวของผลิตภัณฑ์				
การยอมรับทางด้านลักษณะปรากฏ (การเกิดผลึกน้ำตาล)				
การยอมรับโดยรวมทางด้านลักษณะปรากฏ				

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวศุภลักษณ์ ขจรศักดิ์เมธี เกิดเมื่อวันที่ 12 กรกฎาคม 2522 ที่จังหวัดขอนแก่น สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เมื่อปีการศึกษา 2544 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ภาคปลายปีการศึกษา 2544

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย