การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผลไม้ความชื้นสูงโดยใช้เทคโนโลยีเฮอร์เดิล

นางสาว เกตินันท์ กิตติพงศ์พิทยา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2545
ISBN 974 -17 - 2955 - 3
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Development of High Moisture Fruit Product by Hurdle Technology

Miss Ketinun Kittipongpittaya

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science in Food Technology

Department of Food Technology

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2002

ISBN 974 -17 - 2955 - 3

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผลไม้ความชื้นสูงโดยใช้เทคโนโลยีเฮอร์เดิล
โดย	นางสาว เกตินันท์ กิตติพงศ์พิทยา
สาขาวิชา	เทคโนโลยีทางอาหาร
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. สุวรรณา สุภิมารส

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.วันชัย โพธิ์พิจิตร)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. กัลยา เลาหสงคราม)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุวรรณา สุภิมารส)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.พัชรี ปานกุล)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุทธิศักดิ์ สุขในศิลป์)

..... กรรมการ
(อาจารย์ มณฑาทิพย์ ยุ่นฉลาด)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เกตินันท์ กิตติพงศ์พิทยา : การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผลไม้ความชื้นสูงโดยใช้เทคโนโลยีเฮอร์เดิล.
(DEVELOPMENT OF HIGH MOISTURE FRUIT PRODUCT BY HURDLE TECHNOLOGY)
อาจารย์ที่ปรึกษา : รศ.ดร. สุวรรณา สุภิมารส 106 หน้า. ISBN. 974-17-2955-3

ผลิตภัณฑ์ผลไม้ความชื้นสูง(high moisture fruit product) เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีค่า water activity สูงกว่า 0.93 ซึ่งลักษณะดังกล่าวทำให้จุลินทรีย์ส่วนใหญ่สามารถเจริญได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์ผลไม้ความชื้นสูงโดยใช้เทคโนโลยีเฮอร์เดิล ซึ่งเป็นวิธีการถนอมอาหารโดยใช้ปัจจัยต่างๆให้ทำงานร่วมกัน ได้แก่ การลดค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่า a_w การใช้ essential oil จากเครื่องเทศ และการใช้ความร้อนน้อยที่สุด โดยในงานวิจัยนี้เลือกใช้ฝรั่งพันธุ์แป้นสีทองที่มีระดับความสุกและน้ำหนักใกล้เคียงกัน (250-280 กรัม) นำมาหั่นเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมขนาด 1*2*1 ซม. และอบแห้งจากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งพบว่าผู้ทดสอบให้การยอมรับฝรั่งที่อบแห้งด้วยวิธี vacuum dry อุณหภูมิ 70° C 5 ชั่วโมง ซึ่งมีความชื้น 34.02 % และมีอัตราส่วนการดูดน้ำกลับ (rehydration ratio) ประมาณ 3 เท่า นำฝรั่งอบแห้งมาแช่ใน เนื้อสับปะรดตีป่น เนื้อมะละกอตีป่น และน้ำเสาวรสเข้มข้น ในอัตราส่วน 1:8(w/w) เพื่อให้ได้รสชาติที่แปลกใหม่และช่วยลดa_w ของเนื้อผลไม้ตีป่น ให้ความร้อนผลิตภัณฑ์จนอุณหภูมิจุดกึ่งกลางผลิตภัณฑ์เป็น 80°C 10 นาที ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์ที่แช่เย็นข้ามคืนจนเข้าสู่สมดุล พบว่า ผู้ทดสอบให้การยอมรับต่อผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อสับปะรดตีป่น และในเนื้อมะละกอตีป่น จึงศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของฝรั่งอบแห้งต่อเนื้อผลไม้ตีป่น พบว่าผู้ทดสอบให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ที่มีอัตราส่วนเป็น 1 : 8 (w/w) จากนั้นศึกษาการเติมessential oil จากเครื่องเทศ 4 ชนิด ได้แก่ ขิง อบเชย กานพลู และลูกจันทน์เทศ พบว่า essential oil จากขิงมีสี และกลิ่นรสเข้ากันได้ดีกับผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ชนิดมากที่สุด และจากการศึกษาระดับความเข้มข้นของ essential oil จากขิงพบว่าความเข้มข้น 2.0 μl / 100 กรัมของเนื้อผลไม้ตีป่นมีความเหมาะสมมากที่สุด เมื่อศึกษาผลร่วมของการใช้ความร้อนและการเติม essential oil จากขิง โดยผลการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์พบว่าการเติม essential oil จากขิง 2.0 μl / 100 กรัมของเนื้อผลไม้ตีป่น ไม่มีผลในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ส่วนผลของความร้อนพบว่าเมื่อให้ความร้อนจนอุณหภูมิจุดกึ่งกลางผลิตภัณฑ์เป็น 80°C 10 นาทีกับผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อสับปะรดตีป่น และอุณหภูมิ 80°C 15 นาทีกับผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อมะละกอตีป่นจะสามารถทำลายจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ได้ โดยที่เมื่อทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าที่ระดับความร้อนดังกล่าวผู้ทดสอบให้การยอมรับ ทั้งในด้านลักษณะทั่วไป สี กลิ่นรส และการยอมรับรวม ส่วนผลของปัจจัยด้านต่างๆ ได้แก่ การลดa_w การลด pH การเติมขิงสด และการใช้ความร้อนน้อยที่สุด พบว่าทุกปัจจัยยกเว้นการเติมขิงสด มีผลในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ ต่อมาศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านต่างๆของผลิตภัณฑ์ โดยทำการผลิตผลิตภัณฑ์ตามสภาวะที่เลือกได้ เติม essential oil จากขิง 2.0 μl / 100 กรัมของเนื้อผลไม้ตีป่น แล้วบรรจุผลิตภัณฑ์ในขวดแก้วใสปากกว้าง ปริมาณ 450 กรัม/ขวด เก็บที่อุณหภูมิ25-27°C และ อุณหภูมิ 4-5°C เป็นเวลา 3 เดือน พบว่า ค่าความแน่นเนื้อของฝรั่งอบแห้งในเนื้อสับปะรดตีป่นและเนื้อมะละกอตีป่นมีแนวโน้มลดลง ค่าสีเหลืองของเนื้อสับปะรดตีป่นมีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนค่าสีแดงของเนื้อมะละกอตีป่นมีค่าลดลงตลอดอายุการเก็บ แต่เมื่อพิจารณาผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสร่วมกับผลด้านจุลินทรีย์พบว่าผลิตภัณฑ์มีคุณภาพในระดับที่ยอมรับได้เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-27°C เป็นเวลาอย่างน้อย 1 เดือน และเมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 4-5°C เป็นเวลาอย่างน้อย 3 เดือน ผลิตภัณฑ์ผลไม้ความชื้นสูงที่ได้มีสีสันกลิ่นรสและเนื้อสัมผัสแปลกใหม่ น่ารับประทาน โดยเฉพาะเมื่อนำไปแช่เย็นเป็นของหวาน ซึ่งผลิตภัณฑ์ชนิดนี้จะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้บริโภค

ภาควิชา.....เทคโนโลยีทางอาหาร..... ลายมือชื่อนิสิต.....
สาขาวิชา.....เทคโนโลยีทางอาหาร..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ปีการศึกษา...2545...

4372217123 MAJOR : FOOD TECHNOLOGY
KEY WORD : HIGH MOISTURE FRUIT PRODUCT/ HURDLE TECHNOLOGY
KETINUN KITTIPONGPITTAYA : DEVELOPMENT OF HIGH MOISTURE FRUIT PRODUCT BY HURDLE TECHNOLOGY. THESIS ADVISOR : ASSOC.PROF. SUWANNA SUBHIMAROS,Dr.Ing., 106 pp. ISBN.974-17-2955-3

High moisture fruit products are the fresh–like fruit products with high a_w (> 0.93), which is favorable to the microorganisms. The objective of this research was to develop high moisture fruit product by hurdle technology which is the technique that combines factors such as slight reduction of a_w , pH , addition of spice essential oil and low heat treatment to achieve the microbiological stability of product. Guavas of similar maturity and weight (250-280 g) were diced approximately to 1cm* 2cm *1cm size. Appropriate condition for drying diced guava was studied and found that vacuum drying at 70° C for 5 hours gave dried guavas with 34.02 % moisture content and a rehydration ratio of 3. They were put into pineapple puree , papaya puree and passion fruit juice at ratio of dried guava and puree 1:8 (w/w) to get new product with attractive flavor and to reduce a_w of puree, heated to 80° C for 10 min and stored under refrigeration overnight. Sensory evaluation was performed and it was found that dried guava in pineapple puree and in papaya puree were accepted. The ratio of dried guava and puree was then chosen by sensory test and found to be 1:8 (w/w) . Essential oil of ginger, cinnamon, clove and nutmeg was added to the product and the sensory test was carried out to select the appropriate one. The product with ginger oil at 2.0 μl/100 g puree had the highest score for color and flavor. The effect of combined treatment between mild heat treatment was determined with adding ginger oil of 2.0 μl/100 g puree . It was seen that the ginger oil had no effect on microbial growth significantly ($p>0.05$) and the temperature and time 80° C 10 min for dried guava in pineapple puree and 80° C 15 minutes for dried guava in papaya puree was found sufficient to inhibit microbial growth with acceptable sensory value. The effect of lowering a_w and pH, using fresh ginger and mild heat treatment was studied and found that these hurdles except using fresh ginger had the effect on stability of the product. Storage test of the product was conducted to investigate alterations in physical , sensory and microbilogical properties. This was done byproducing the product under selected condition, adding ginger oil of 2.0 μl/100 g puree , packing 450 g of product in the glass bottle and storing under room temperature (25-27° C) and refrigeration (4-5° C) for three months . It was evident that firmness of dried guava both in pineapple and papaya puree decreased as storage time increased. The yellowness of pineapple puree trended to increase while the redness of papaya puree reduce during the storage time. However, the product could be kept for at least 1 month at room temperature and at least 3 months in the refrigerator . This high moisture fruit product should be another choice for consumers. It gives pleasant color, flavor and texture of fruits especially when kept in the refrigerator as a dessert.

Department …….. Food Technology…… Student's signature……
Field of study……... Food Technology…… Advisor's signature ……
Academic year…... 2545……

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. สุวรรณา สุภิมารส อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เป็นอย่างสูง ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำและกำลังใจ ตลอดจนช่วยตรวจแก้ไขข้อพกพร่องต่างๆ เพื่อให้วิทยานิพนธ์นี้สมบูรณ์ขึ้นได้ รวมทั้งได้อบรมสั่งสอนผู้วิจัยให้มีความรู้คู่คุณธรรม

ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. กัลยา เลาหสงคราม ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.พัชรี ปานกุล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุทธิศักดิ์ สุขในศิลป์ และ อาจารย์ มณฑาทิพย์ ยุ่นฉลาด ที่สละเวลาในการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์และเป็นกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ให้กับผู้วิจัย

ขอขอบพระคุณ บริษัทอาหารสยาม จำกัด (มหาชน) ที่ให้ความอนุเคราะห์เนื้อสับปะรดตีป่น สำหรับใช้ในงานวิจัย

ขอขอบพระคุณ บริษัททิปโก้ จำกัด (มหาชน) ที่ให้ความอนุเคราะห์เนื้อมะละกอตีป่น และน้ำเสาวรสเข้มข้น สำหรับใช้ในงานวิจัย

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ รวมถึงเพื่อนๆ พี่ๆ ในภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำหรับความร่วมมือ คำแนะนำ และกำลังใจในการทำงานวิจัย

ขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัยที่ให้ทุนสนับสนุนในการทำงานวิจัย

และสุดท้ายขอขอบคุณกำลังใจสำคัญจากทุกคนในครอบครัว ที่ช่วยผลักดันให้ผู้วิจัยทำงานวิทยานิพนธ์นี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้

เกตินันท์ กิตติพงศ์พิทยา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... ง

บทคัดย่อภาษาไทย ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ฌ

สารบัญรูป..... ฑ

บทที่

1. บทนำ.....1
2. วารสารปริทัศน์.....
   - 2.1 ผลไม้และผลิตภัณฑ์ผลไม้.....3
   - 2.2 การแปรรูปและการถนอมผลิตภัณฑ์ผลไม้.....4
   - 2.3 เทคโนโลยีเฮอร์เดิล.....5
   - 2.4 การใช้เทคโนโลยีเฮอร์เดิลในผลิตภัณฑ์ผลไม้.....8
   - 2.5 การเลือกชนิดและระดับของปัจจัย..... 9
3. วิธีการทดลอง.....
   - 3.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ..... 16
   - 3.2 การศึกษาวิธีและสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งฝรั่ง..... 17
   - 3.3 การศึกษาชนิดของเนื้อผลไม้ตีป่นและน้ำเสาวรส..... 18
   - 3.4 การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของฝรั่งอบแห้งต่อเนื้อผลไม้ตีป่น.....18
   - 3.5 การศึกษาชนิดของ essential oil จากเครื่องเทศที่ใช้เติมลงในผลิตภัณฑ์.....19
   - 3.6 การศึกษาความเข้มข้นของ essential oil จากเครื่องเทศที่ใช้เติมลงใน ผลิตภัณฑ์.....20
   - 3.7 การศึกษาผลร่วมของความร้อนและessential oil จากเครื่องเทศ..... .20
   - 3.8 การศึกษาผลของปัจจัยต่อคุณภาพด้านจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์.....21
   - 3.9 การศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์.....22

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ หน้า

4. ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง.....

4.1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ.....23

4.2 ผลการศึกษาวิธีและสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งฝรั่ง.....25

4.3 ผลการศึกษาชนิดของเนื้อผลไม้ตีป่นและน้ำเสาวรส..... 31

4.4 ผลการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของฝรั่งอบแห้งต่อเนื้อผลไม้ตีป่น.....34

4.5 ผลการศึกษาชนิดของ essential oil จากเครื่องเทศที่เติมในผลิตภัณฑ์.....39

4.6 ผลการศึกษาความเข้มข้นของ essential oil จากเครื่องเทศที่เติม ในผลิตภัณฑ์..... 40

4.7 ผลการศึกษาผลร่วมของความร้อนและessential oil จากเครื่องเทศ..... 43

4.8 ผลการศึกษาผลของปัจจัยต่างๆต่อคุณภาพด้านจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์.....50

4.9 ผลการศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์..... .59

5. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....68

รายการอ้างอิง.....72

ภาคผนวก.....

ภาคผนวก ก.....77

ภาคผนวก ข.....79

ภาคผนวก ค..... .86

ภาคผนวก ง 88

ภาคผนวก จ 96

ภาคผนวก ฉ 106

ประวัติผู้เขียน.....109

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 ฤดูกาลเก็บเกี่ยวผลไม้ชนิดต่างๆในประเทศไทย..... 3

2.2 ค่า pH ของผลไม้บางชนิด..... 10

2.3 ค่า a_wและ pH ต่ำสุดที่แบคทีเรียในผลไม้สามารถเจริญได้..... 10

2.4 ปัจจัยที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ผลไม้ความชื้นสูง (high moisture fruit product)..... ..11

4.1 องค์ประกอบทางเคมี ค่า pH และa_w ของวัตถุดิบ..... 23

4.2 องค์ประกอบทางเคมี ค่า pH และa_w ของเนื้อมะละกอตีป่นและน้ำเสาวรสเข้มข้น หลังผ่านการปรุงแต่งรสชาติ..... 24

4.3 ปริมาณความชื้นของฝรั่งที่อบแห้งในสภาวะต่างกัน..... 25

4.4 อัตราส่วนการดูดน้ำกลับของฝรั่งที่อบแห้งในสภาวะต่างกัน.....25

4.5 ค่า L*, a*, b* จากการวัดสีของฝรั่งที่อบแห้งในสภาวะต่างกันหลังผ่านการดูดน้ำกลับ...26

4.6 ค่าความแน่นเนื้อของฝรั่งที่อบแห้งในสภาวะต่างกันหลังผ่านการดูดน้ำกลับ.....28

4.7 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของฝรั่งที่อบแห้งในสภาวะต่างกันหลังผ่านการดูดน้ำกลับ.....28

4.8 ปริมาณความชื้น ค่าสี และค่าความแน่นเนื้อของฝรั่งอบแห้งด้วยวิธี vacuum dry อุณหภูมิ 70° C 5 ชั่วโมง ก่อนและหลังผ่านการดูดน้ำกลับ เทียบกับฝรั่งสด.....31

4.9 องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อผลไม้ตีป่นและน้ำเสาวรสก่อนและหลังใส่ฝรั่งอบแห้งทิ้งไว้ข้ามคืนในตู้เย็น.....32

4.10 องค์ประกอบทางเคมีของฝรั่งอบแห้งก่อนและหลังใส่ในเนื้อผลไม้ตีป่นและน้ำเสาวรส ทิ้งไว้ข้ามคืนในตู้เย็น.....33

4.11 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อผลไม้ตีป่น และน้ำเสาวรส.....34

4.12 ค่า water activity ของผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อสับปะรดตีป่น 35

4.13 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะทั่วไปของผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อสับปะรดตีป่น 35

4.14 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรสและความชอบรวมของผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อสับปะรดตีป่น 36

4.15 ค่า water activity ของผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อมะละกอตีป่น 36

4.16 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะทั่วไปของผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อมะละกอตีป่น.....37

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.17 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรสและความชอบรวมของผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อมะละกอตีป่น 37

4.18 องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อสับปะรดตีป่นและเนื้อมะละกอตีป่น.....38

4.19 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อสับปะรดตีป่นที่เติมessential oil จากเครื่องเทศต่างชนิด.....39

4.20 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อมะละกอตีป่นที่เติมessential oil จากเครื่องเทศต่างชนิด.....40

4.21 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อสับปะรดตีป่น แปรความเข้มข้น essential oil จากขิง.....41

4.22 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อมะละกอตีป่น แปรความเข้มข้น essential oil จากขิง.....41

4.23 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อสับปะรดตีป่น แปรความเข้มข้น essential oil จากขิง.....42

4.24 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อมะละกอตีป่น แปรความเข้มข้น essential oil จากขิง.....42

4.25 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อสับปะรดตีป่นที่เติม essential oil จากขิง แปรสภาวะในการให้ความร้อน..... .44

4.26 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อมะละกอตีป่นที่เติม essential oil จากขิง แปรสภาวะในการให้ความร้อน..... 45

4.27 จำนวนแบคทีเรียทั้งหมด และจำนวนยีสต์และรา ในผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อสับปะรดตีป่นที่ไม่เติม essential oil จากขิง แปรสภาวะในการให้ความร้อน 46

4.28 จำนวนแบคทีเรียทั้งหมด และจำนวนยีสต์และรา ในผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อสับปะรดตีป่นที่เติม essential oil จากขิง แปรสภาวะในการให้ความร้อน 47

4.29 จำนวนแบคทีเรียทั้งหมด และจำนวนยีสต์และรา ในผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อมะละกอตีป่น ที่ไม่เติม essential oil จากขิง แปรสภาวะในการให้ความร้อน...48

4.30 จำนวนแบคทีเรียทั้งหมด และจำนวนยีสต์และรา ในผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อมะละกอตีป่นที่เติม essential oil จากขิง แปรสภาวะในการให้ความร้อน.....49

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.31 ค่า water activity ของผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อสับปะรดตีป่นและผลิตภัณฑ์ฝรั่งสดในเนื้อสับปะรดตีป่น……50

4.32 จำนวนแบคทีเรียทั้งหมด และจำนวนยีสต์และราในผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อสับปะรดตีป่น และผลิตภัณฑ์ฝรั่งสดในเนื้อสับปะรดตีป่น……51

4.33 ค่าpHและ water activity ของผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อมะละกอตีป่นที่เติมและไม่เติมกรดซิตริกและน้ำตาล……52

4.34 จำนวนแบคทีเรียทั้งหมด และจำนวนยีสต์และราในผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อมะละกอตีป่นที่เติมและไม่เติมกรดซิตริกและน้ำตาล……52

4.35 จำนวนแบคทีเรียทั้งหมด และจำนวนยีสต์และราในผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อสับปะรดตีป่น ใส่ขิงสด แปรสภาวะในการให้ความร้อน……53

4.36 องค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้นของเนื้อผลไม้ตีป่นที่ผลิตขึ้น……54

4.37 องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อผลไม้ตีป่นที่ผลิตขึ้นหลังปรุงแต่งรสชาติ ……55

4.38 องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อผลไม้ตีป่นที่ผลิตขึ้น…….. .56

4.39 จำนวนแบคทีเรียทั้งหมด และจำนวนยีสต์และราในผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อสับปะรดตีป่นที่ผลิตขึ้น แปรสภาวะในการให้ความร้อน…… .57

4.40 จำนวนแบคทีเรียทั้งหมด และจำนวนยีสต์และราในผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อมะละกอตีป่นที่ผลิตขึ้น แปรสภาวะในการให้ความร้อน..... ..58

4.41 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อสับปะรดตีป่น ที่เก็บรักษาในสภาวะต่างกัน เป็นเวลา 3 เดือน……60

4.42 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อมะละกอตีป่น ที่เก็บรักษาในสภาวะต่างกัน เป็นเวลา 3 เดือน.....61

4.43 ค่าความแน่นเนื้อของฝรั่งอบแห้งแช่ในเนื้อสับปะรดตีป่นและค่าสีของเนื้อสับปะรดตีป่นในผลิตภัณฑ์ซึ่งเก็บรักษาที่สภาวะต่างกัน เป็นเวลา 3 เดือน……..62

4.44 ค่าความแน่นเนื้อของฝรั่งอบแห้งแช่ในเนื้อมะละกอตีป่นและค่าสีของเนื้อมะละกอตีป่นในผลิตภัณฑ์ซึ่งเก็บรักษาที่สภาวะต่างๆ เป็นเวลา 3 เดือน……63

4.45 จำนวนแบคทีเรียทั้งหมด และจำนวนยีสต์ ราในผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อสับปะรดตีป่นที่เก็บรักษาในสภาวะต่างกันเป็นเวลา 3 เดือน.....64

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.46 จำนวนแบคทีเรียทั้งหมด และจำนวนยีสต์ ราในผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อมะละกอตีป่นที่เก็บรักษาในสภาวะต่างกัน เป็นเวลา 3 เดือน.....65

ข.1 ค่าความชื้นสัมพัทธ์ของสารเคมีที่เป็นแหล่งให้ความชื้นที่อุณหภูมิต่างกัน.....78

ง. 8 ตารางการแปลงอันดับเป็นคะแนน (scores for ranked data)……93

จ.1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติค่าความชื้น อัตราส่วนการดูดน้ำกลับ ค่าสี (L*, a*, b*) และความแน่นเนื้อของฝรั่งที่อบแห้งสภาวะต่างกัน.....94

จ.2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของฝรั่งที่อบแห้งสภาวะต่างกัน หลังผ่านการดูดน้ำกลับ.....95

จ.3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อศึกษาชนิดของเนื้อผลไม้ตีป่น…… . 95

จ.4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติค่า a_w ของผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อสับปะรดตีป่นและฝรั่งอบแห้งในเนื้อมะละกอตีป่น……...96

จ.5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อศึกษาอัตราส่วนของเนื้อสับปะรดตีป่น…… 96

จ.6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อศึกษาอัตราส่วนของเนื้อมะละกอตีป่น..... 96

จ.7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อศึกษาชนิดของessential oil จากเครื่องเทศที่เติมในผลิตภัณฑ์..... .97

จ.8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อศึกษาความเข้มข้นของessential oil จากเครื่องเทศที่เติมในผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อสับปะรดตีป่น.....97

จ.9 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อศึกษาความเข้มข้นของessential oil จากเครื่องเทศที่เติมในผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อมะละกอตีป่น…….... 98

จ.10 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อศึกษาผลร่วมของความร้อนและการเติม essential oil จากขิง ในผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อสับปะรดตีป่น.....…….... 98

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

จ.11 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส เพื่อศึกษาผลร่วมของความร้อนและessential oil จากขิง ในผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อมะละกอตีป่น..... ... 99

จ.12 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส เพื่อศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้ง ในเนื้อสับปะรดตีป่นเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-27 °C.....99

จ.13 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส เพื่อศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้ง ในเนื้อสับปะรดตีป่นเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4-5 °C 100

จ.14 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติค่าความแน่นเนื้อและค่าสี (L*, a*, b*) ของฝรั่งอบแห้ง เพื่อศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ฝรั่งอบแห้งในเนื้อสับปะรดตีป่นเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-27 °C.....100

จ.15 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติค่าความแน่นเนื้อและค่าสี (L*, a*, b*) ของฝรั่งอบแห้ง เพื่อศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ฝรั่งอบแห้งในเนื้อสับปะรดตีป่นเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4-5 °C.....101

จ.16 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส เพื่อศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งใน เนื้อมะละกอตีป่นเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-27 °C 101

จ.17 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส เพื่อศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งใน เนื้อมะละกอตีป่นเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4-5 °C.....102

จ.18 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติค่าความแน่นเนื้อและค่าสี (L*, a*, b*) ของฝรั่งอบแห้ง เพื่อศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ฝรั่งอบแห้งในเนื้อมะละกอตีป่นเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-27 °C. 102

จ.19 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติค่าความแน่นเนื้อและค่าสี (L*, a*, b*) ของฝรั่งอบแห้ง เพื่อศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ฝรั่งอบแห้งในเนื้อมะละกอตีป่นเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4-5 °C. 103

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 ตัวอย่างชุดของปัจจัยที่มีผลต่อจุลินทรีย์..... 6
4.1 อัตราส่วนการดูดน้ำกลับของฝรั่งอบแห้งในเนื้อผลไม้ตีป่นและน้ำเสาวรสที่เวลาต่างกัน..... 32
ฉ.1 ลักษณะทั่วไปของฝรั่งพันธุ์แป้นสีทอง.....106
ฉ.2 ลักษณะชิ้นฝรั่งก่อนการอบแห้ง.....106
ฉ.3 ลักษณะทั่วไปของฝรั่งหลังผ่านการอบแห้งด้วยวิธี vacuum dry อุณหภูมิ 70 °C 5 ชั่วโมง107
ฉ.4 ลักษณะทั่วไปของเนื้อสับปะรดตีป่น เนื้อมะละกอตีป่น และน้ำเสาวรส.....107
ฉ.5 ลักษณะทั่วไปของผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อสับปะรดตีป่น เนื้อมะละกอตีป่น และ
น้ำเสาวรส.....108

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ที่สามารถผลิตพืชผลทางการเกษตรได้ในปริมาณมากเพียงพอสำหรับใช้บริโภคภายในประเทศ และบางชนิดส่งออกไปจำหน่ายนอกประเทศ ผลไม้จัดเป็นสินค้าออกที่สำคัญประเภทหนึ่งที่ทำรายได้ให้กับประเทศไทยปีละจำนวนมาก โดยในปี พ.ศ. 2543 ประเทศไทยส่งออกผลิตภัณฑ์ผลไม้กระป๋องและแปรรูปมีมูลค่าถึง 17,114.8 ล้านบาท (กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์,2543) แต่สินค้าดังกล่าวของไทยต้องแข่งขันกับประเทศคู่แข่งที่สำคัญ ได้แก่ จีน ไต้หวัน ฟิลิปปินส์ ฯลฯ ซึ่งเป็นประเทศผู้นำทางด้านการผลิตและการส่งออกที่สำคัญของโลกเช่นเดียวกัน (วารสารผู้ส่งออก, 2543) จึงจำเป็นที่จะต้องมีการพัฒนาศักยภาพทางการผลิต และเพิ่มความหลากหลาย ของผลิตภัณฑ์ให้มากขึ้น ซึ่งกรรมวิธีในการแปรรูปและการถนอมอาหารประเภทผลไม้ที่ใช้กันอยู่ทั่วไป ได้แก่ การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (freeze drying) การทำแห้งแบบพ่นฝอย (spray drying) การบรรจุกระป๋องแบบปลอดเชื้อ (aseptic canning) การแช่เยือกแข็งแบบIQF (individual quick freezing) ล้วนมีค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง ทั้งในด้านเครื่องมือการผลิต พลังงาน และภาชนะบรรจุ (Alzamora et al. ,1993) รวมถึงแนวโน้มผู้บริโภคมีความต้องการผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะใกล้เคียงของสดและเป็นธรรมชาติมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลิตภัณฑ์ผลไม้ความชื้นสูง (shelf-stable high moisture fruit products) ซึ่งมีศักยภาพทางการตลาดที่ดี และเป็นที่สนใจของประเทศกำลังพัฒนา (Cerrutti, Alzamora and Chirife, 1990) โดยผลิตภัณฑ์ดังกล่าวอาศัยหลักการของเทคโนโลยีเฮอร์เดิล ในการช่วยถนอมอาหารและควบคุมการเจริญของจุลินทรีย์ ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะใกล้เคียงของสด และมีเสถียรภาพสูง อีกทั้งยังช่วยลดค่าใช้จ่ายในการผลิต และการเก็บรักษาอีกด้วย (Monsalve-Gonsalez, Barbosa-Canovas and Cavalieri,1993) ซึ่งปัจจัยที่ใช้ในการถนอมรักษาผลิตภัณฑ์ผลไม้ความชื้นสูง มีอยู่ด้วยกันหลายปัจจัย ได้แก่ a_w , pH , preservatives และ mild heat treatment เป็นต้น แต่สำหรับขั้นตอนการลดค่า a_w ของผลิตภัณฑ์นี้ ส่วนใหญ่จะใช้วิธี osmotic dehydration โดยการแช่ชิ้นผลไม้ในน้ำเชื่อมเพื่อให้น้ำแพร่ออกจากเซลล์ ซึ่งในขณะเดียวกันโมเลกุลน้ำตาลก็จะแพร่จากสารละลายเข้าสู่เซลล์ (Lopez-Malo et al.,1994) ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีรสหวานกว่าปกติ ซึ่งลักษณะดังกล่าวสวนทางกับแนวโน้มความต้องการของผู้บริโภคที่ลดปริมาณการบริโภคอาหารที่มีน้ำตาลลง (Wenck, Baren and Dewan, 1980)

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะใช้เทคโนโลยีเฮอร์เดิลในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผลไม้ความชื้นสูง ในลักษณะที่ไม่ใช้น้ำตาล โดยจะใช้การอบแห้งผลไม้ชนิดที่หนึ่งเพื่อลดค่า a_w ลง แล้ว

นำไปแช่ในเนื้อผลไม้ตีป่นอีกชนิดหนึ่ง เพื่อดูดซับน้ำจากผลไม้ตีป่น เป็นการลดค่า a_w ของผลไม้ตีป่น ในขณะเดียวกันเมื่อนำผลิตภัณฑ์ไปแช่เย็นสำหรับรับประทานเป็นของหวานหลังอาหาร ก็จะเพิ่มความแปลกใหม่ด้านรสชาติ และเนื้อสัมผัส เป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้บริโภค และยังทำให้ได้รสชาติ และเนื้อสัมผัสของผลไม้สองชนิดเมื่อรับประทานไปพร้อมๆกัน นอกจากนี้ในการควบคุมปริมาณจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์จึงจำเป็นต้องมีการใช้ความร้อน และการเติม essential oil ที่สกัดได้จากเครื่องเทศร่วมด้วย เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพทั้งในด้านรสชาติ คุณค่าสารอาหาร และความปลอดภัย

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัยคือ สามารถพัฒนาผลิตภัณฑ์ผลไม้ความชื้นสูงที่ตรงตามความต้องการของตลาด เพื่อเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้บริโภค

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

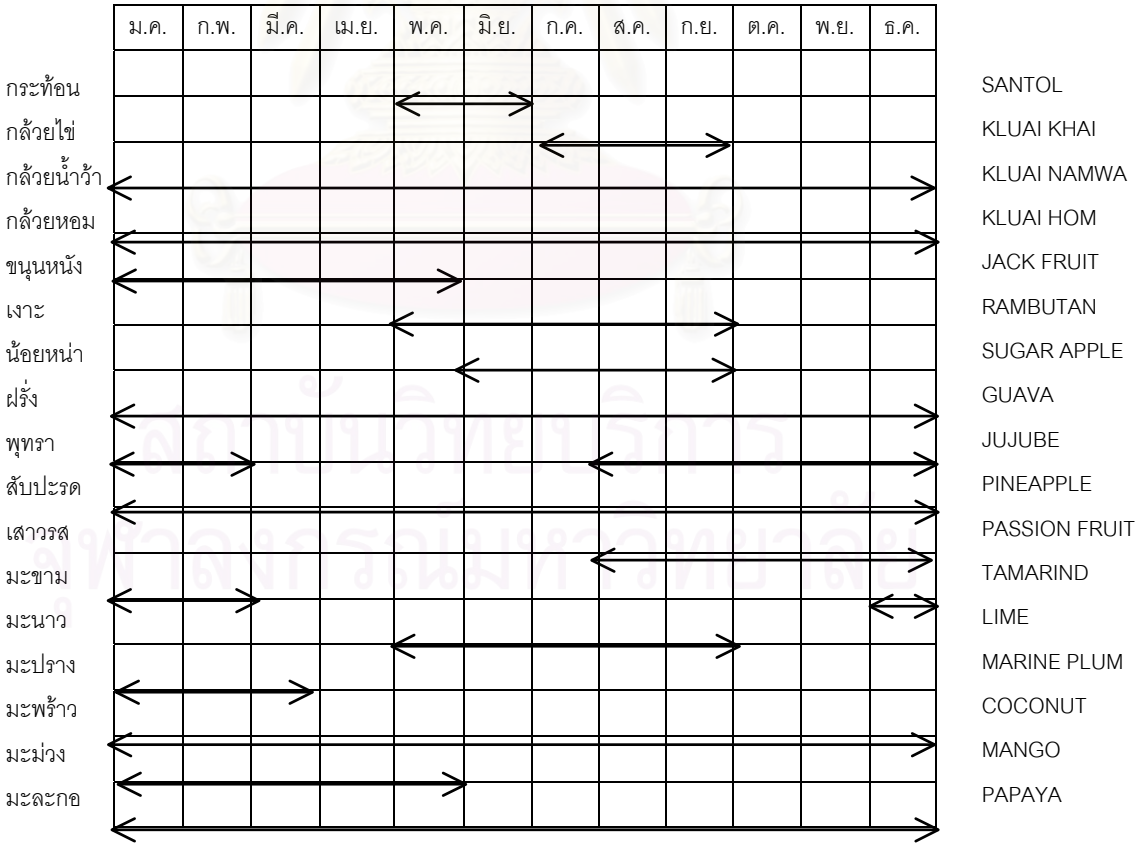
วารสารปริทัศน์

2.1 ผลไม้และผลิตภัณฑ์ผลไม้

2.1.1 ผลไม้

ประเทศไทยได้ชื่อว่าเป็นแหล่งผลิตพืชผลทางการเกษตรที่สำคัญแห่งหนึ่ง เนื่องจากมีภูมิอากาศแบบร้อนชื้น เหมาะแก่การเพาะปลูกต่างๆ ผลไม้ก็เป็นอีกผลิตผลหนึ่งที่มีอยู่มากในเมืองไทย โดยในแต่ละปีจะมีผลไม้หลากหลายชนิดหมุนเวียนกันออกตามฤดูกาล ดังแสดงในตารางที่ 2.1 ผลไม้แต่ละชนิดจะมีกลิ่นรสและเนื้อสัมผัสแตกต่างกันไป แต่มีองค์ประกอบหลักเหมือนกันคือ น้ำ น้ำตาลฟรุกโตส แร่ธาตุ วิตามิน และเส้นใยอาหาร

ตารางที่ 2.1 ฤดูกาลเก็บเกี่ยวผลไม้ชนิดต่างๆในประเทศไทย



ที่มา: กรมส่งเสริมการเกษตร , 2543

คนไทยนิยมรับประทานผลไม้เป็นของหวานมาตั้งแต่โบราณ และปัจจุบันก็มีแนวโน้มในการบริโภคมากขึ้น เพราะนอกจากผลไม้จะเป็นแหล่งของเส้นใยอาหาร และวิตามินต่างๆที่มีประโยชน์ต่อร่างกายแล้ว ยังพบว่ามีสารป้องกันมะเร็งหลายชนิดที่เรียกรวมๆกันว่าเป็นสารไบโอแอคทีฟ (bioactive) หรือ ไฟโตเคมีคัล (phyto chemical) อีกด้วย (สถาบันวิจัยโภชนาการ, 2541)

2.1.2 ผลิตภัณฑ์ผลไม้

ผัก ผลไม้ต่างๆ เมื่อเก็บจากต้นแล้ว เนื้อเยื่อจะยังคงทำงานอยู่ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ทั้งทางกายภาพ ทางชีวเคมี และทางด้านจุลินทรีย์ เป็นเหตุให้ ผักและผลไม้เกิดการเน่าเสียได้ง่าย ดังนั้นในฤดูเก็บเกี่ยวซึ่งมีอาหารมากมาย จึงจำเป็นที่จะต้องมีการแปรรูปผักผลไม้เหล่านี้ไว้บริโภคนอกฤดูกาล ซึ่งนอกจากจะช่วยยืดอายุการเก็บแล้ว ยังเป็นการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ และเพิ่มความแปลกใหม่ด้านรสชาติอีกด้วย ผลิตภัณฑ์ผลไม้ที่ได้จากการแปรรูปมีอยู่หลากหลายชนิด ได้แก่ ผลไม้ตากแห้งและอบแห้ง ผลไม้บรรจุขวดหรือกระป๋อง แยมผลไม้ ผลไม้แช่อิ่ม ผลไม้ดอง ทอฟฟี่ผลไม้ น้ำหวานผลไม้ เป็นต้น (ทนง ภัครัชพันธุ์ , 2543)

ผลิตภัณฑ์ผลไม้ความชื้นสูง (high moisture fruit product , HMFT) เป็นคำเรียกรวมสำหรับผลิตภัณฑ์ผลไม้ที่มีค่า water activity สูงกว่า 0.93 (Alzamora et al. ,1993) ซึ่งลักษณะดังกล่าวทำให้จุลินทรีย์ยังสามารถเจริญเติบโตได้ดี จึงจำเป็นที่จะต้องมีกรรมวิธีในการถนอมอาหารที่ดี เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บที่ยาวนาน และยังคงคุณภาพใกล้เคียงของสด

2.2 การแปรรูป และการถนอมผลิตภัณฑ์ผลไม้

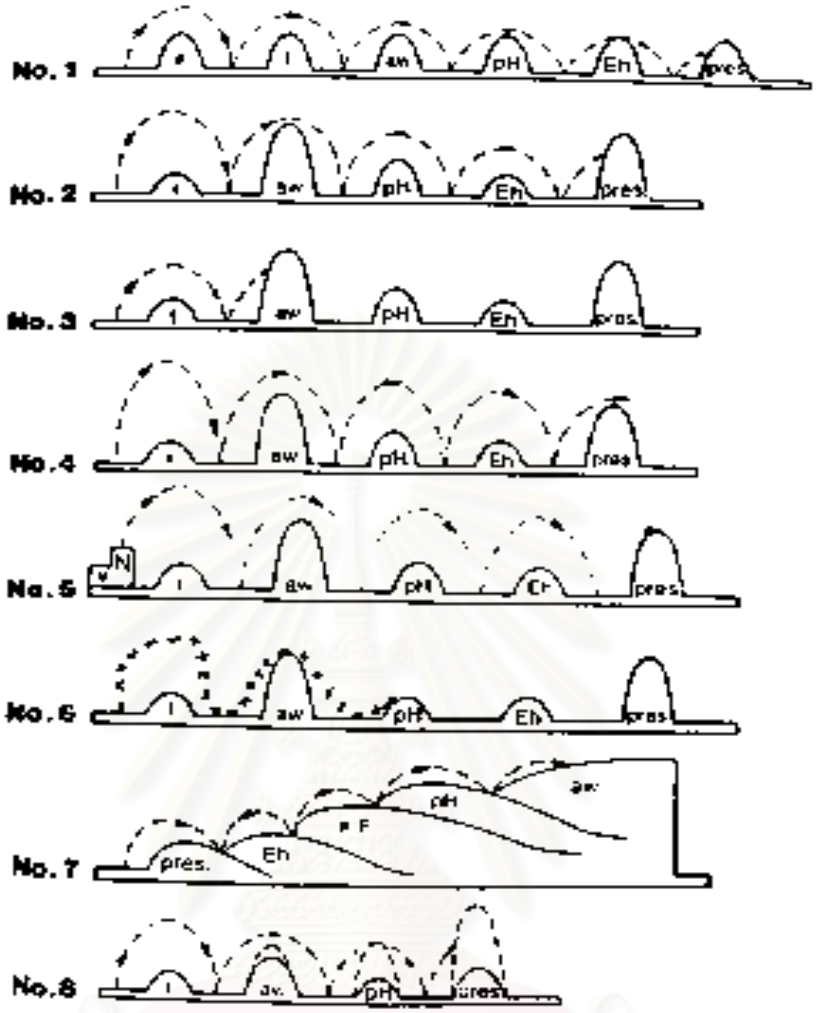
โดยหลักการแล้ว วิธีการถนอมและแปรรูปอาหารนั้นมีหลายวิธี ซึ่งบางครั้งอาจจะใช้วิธีเดียว หรือหลายวิธีรวมกัน เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพในการแปรรูปและเก็บรักษาอาหารไว้ให้ได้นานที่สุด วิธีการถนอมผลิตภัณฑ์ผลไม้ ได้แก่ การตากแห้ง การใช้ความร้อน การใช้ความเย็น การแช่เยือกแข็ง การหมักดอง การใช้สารเคมี การกำจัดอากาศ เป็นต้น (ทนง ภัครัชพันธุ์, 2543) โดยตลอดระยะเวลา 50 ปีที่ผ่านมา อุตสาหกรรมผลไม้ได้มีการพัฒนากรรมวิธีการผลิตและการแปรรูปอย่างต่อเนื่อง ไม่ว่าจะเป็น การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (freeze drying) การทำแห้งแบบพ่นฝอย (spray drying) การบรรจุกระป๋องแบบปลอดเชื้อ (aseptic canning) การแช่เยือกแข็งแบบIQF (individual quick freezing) ล้วนมีค่าใช้จ่ายที่ค่อนข้างสูง ทั้งในด้านเครื่องมือการผลิต พลังงาน และภาชนะบรรจุ เป็นต้น รวมถึงผู้บริโภคมีแนวโน้มต้องการผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะใกล้เคียงของสด

และเป็นธรรมชาติมากขึ้น จึงได้มีการนำเทคโนโลยีเฮอร์เดิล (hurdle technology) ซึ่งเป็นวิธีในการถนอมอาหารรูปแบบหนึ่งมาใช้ โดยคาดว่าจะช่วยลดปัญหาดังกล่าวลงได้

2.3 เทคโนโลยีเฮอร์เดิล

เทคโนโลยีเฮอร์เดิล (hurdle technology , combined method) เป็นการถนอมอาหารวิธีหนึ่งซึ่งกำลังได้รับความสนใจอย่างมากในประเทศกำลังพัฒนา เนื่องจากทำให้ได้อาหารที่มีลักษณะใกล้เคียงของสด และยังช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในการผลิต และการเก็บรักษาอีกด้วย(Gould and Jones,1989) วิธีการถนอมอาหารที่ใช้กันอยู่ทั่วไป ไม่ว่าจะเป็นการใช้ความร้อน (heating), การแช่เยือกแข็ง (freezing) , การแช่เย็น (chilling), การทำแห้ง (drying) , การหมัก (fermentation) , หรือการรมควัน (smoking) ล้วนแล้วแต่ตั้งอยู่บนพื้นฐานของปัจจัย (hurdle) เพียงไม่กี่ตัว เช่น high temperature (F value) , low temperature (t value) , water activity (a_w) , acidification (pH) , redox potential (E_h) , preservative และ competitive flora เป็นต้น แต่สำหรับเทคโนโลยีเฮอร์เดิลจะเป็นการอาศัยปัจจัยเหล่านี้ให้ทำงานร่วมกัน โดยมีเป้าหมายเพื่อควบคุมจำนวนจุลินทรีย์ในอาหารทำให้สามารถเก็บรักษาอาหารไว้ได้ที่อุณหภูมิห้อง โดยที่อาหารนั้นยังมีเสถียรภาพและความปลอดภัย (Leistner,1999) ตัวอย่างการทำงานร่วมกันของแต่ละปัจจัยแสดงในรูปที่ 2.1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.1 ตัวอย่างชุดของปัจจัยที่มีผลต่อจุลินทรีย์

ที่มา : Leistner,1999

จากรูปที่ 2.1 ภูเขาแต่ละลูกเป็นตัวแทนของปัจจัยต่างๆ จะเห็นว่าจุลินทรีย์ที่มีอยู่เดิมในอาหารไม่สามารถเอาชนะปัจจัยเหล่านี้ได้ เนื่องจากแต่ละปัจจัยที่เลือกใช้จะไปทำงานร่วมกันในการรบกวนกลไกต่างๆของจุลินทรีย์ดังต่อไปนี้ (Leistner, 2000)

1. Homeostasis

เป็นกลไกการรักษาuniformity หรือ stability ของจุลินทรีย์ โดยเมื่ออยู่ในสภาวะที่ถูกรบกวนจากปัจจัยต่างๆ จุลินทรีย์จำเป็นจะต้องดึงพลังงานที่สะสมไว้ออกมาใช้เป็นจำนวนมากเพื่อรักษากลไก homeostasis เพื่อให้สามารถมีชีวิตอยู่ได้ แต่การดึงพลังงานที่มีอยู่จำกัดออกมา

ใช้จนหมด ทำให้จุลินทรีย์เหล่านั้นไม่มีพลังงานมากพอที่จะนำไปใช้ในการเจริญเติบโตหรือ เพิ่มจำนวนได้อีก และตายลงในที่สุด

2. Metabolic Exhaustion

เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเมื่อ vegetative cell ของจุลินทรีย์ได้รับบาดเจ็บ ทำให้ไม่สามารถเจริญเติบโตต่อไป และตายลงในที่สุด อัตราการตายของจุลินทรีย์จะเพิ่มขึ้นเมื่อจัดสภาวะให้เหมาะสมต่อการเจริญ เช่นที่อุณหภูมิห้อง เนื่องจากจุลินทรีย์จะพยายามดึงพลังงานที่มีอยู่ออกมาใช้เพื่อให้เกิดกลไก homeostasis และเพื่อเอาชนะปัจจัยต่างๆที่มีอยู่นั่นเอง ดังนั้นจากหลักการของเทคโนโลยีเฮอร์เดิล ที่มีการใช้ปัจจัยหลายๆตัวในการถนอมอาหาร และเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง จึงทำให้อาหารนั้นอยู่ในสภาวะ autosterilization นั่นเอง

3. Stress Reactions

Stress reactions ของจุลินทรีย์ เป็นปัญหาสำคัญสำหรับเทคโนโลยีเฮอร์เดิล เนื่องจากแบคทีเรียบางตัวจะมีความสามารถในการต้านทานต่อปัจจัยต่างๆมากขึ้น โดยเมื่ออยู่ในสภาวะที่ถูกกดดัน จุลินทรีย์จะมีการสร้าง stress shock protein ขึ้นมา ทำให้การถนอมอาหารไม่ประสบความสำเร็จนั่นเอง แต่ถ้ามีการใช้ปัจจัยต่างๆกันในเวลาเดียวกัน จะช่วยให้การกระตุ้นของ cell เพื่อสร้าง stress shock protein เกิดได้ยาก เนื่องจากต้องใช้พลังงานจำนวนมาก และอาจนำไปสู่ metabolic exhaustion ได้ (Leistner ,1996) ดังนั้นการถนอมอาหารจึงต้องพยายามไม่ให้เกิด stress shock protein ขึ้นได้

4. Multitarget Preservation

multitarget preservation เป็นเป้าหมายสูงสุดสำหรับเทคโนโลยีเฮอร์เดิล เนื่องจากการเลือกใช้ปัจจัยหลายๆตัวที่สามารถมีผลต่อเป้าหมายต่างๆกันในcell ของจุลินทรีย์ เช่น cell membrane , DNA , enzyme system เป็นต้น และสามารถไปรบกวน homeostasis ของจุลินทรีย์ได้ จะทำให้กลไกการซ่อมแซม และการสร้าง stress shock protein เกิดได้ยากขึ้น ทำให้สามารถควบคุมจำนวนจุลินทรีย์ในอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ปัจจุบันมีการนำเทคโนโลยีเฮอร์เดิล ไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารหลากหลายชนิด เช่น ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ (Leistner and Rodel , 1978) , ในผลิตภัณฑ์ minimally processed vegetable (Reyes ,1996) และผลิตภัณฑ์ผลไม้ (Torreggiani et al. ,1987 ; Argaiz ,1988 ; Tapia de Daza et al. , 1993) เป็นต้น

2.4 การใช้เทคโนโลยีเฮอร์เดิลในผลิตภัณฑ์ผลไม้

ผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ผลไม้มีแนวโน้มต้องการความสะดวกบนพื้นฐานของคุณภาพและความสด ทั้งในแง่ลักษณะเนื้อสัมผัส กลิ่นรส และลักษณะปรากฏ ทำให้มีการนำเทคโนโลยีเฮอร์เดิลมาใช้ในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ผลไม้ความชื้นสูง ที่มีเสถียรภาพสูงสามารถเก็บรักษาไว้ได้ที่อุณหภูมิห้อง โดยไม่ต้องแช่เย็นเป็นเวลา 3–8 เดือน ปัจจัยที่ใช้ร่วมกันได้แก่ การลด a_w ให้อยู่ในช่วง 0.94-0.98 การควบคุมpH ในช่วง 3.0–4.1 การใช้ความร้อนเล็กน้อย การเติมสารกันเสีย (preservative) ที่ระดับความเข้มข้นต่ำกว่า 1500 ppm และการใช้สารป้องกันการเกิดสีน้ำตาล (antibrowning agent) (Alzamora et al.,1995)

Alzamora และคณะ (1993) ศึกษาการใช้เทคโนโลยีเฮอร์เดิลกับผลิตภัณฑ์ minimally processed fruits 6 ชนิด ได้แก่ พีช สับปะรด มะม่วง มะละกอ กล้วย และ chicozapot โดยใช้ปัจจัย 3 ตัวร่วมกันได้แก่ การลด a_w ลงเล็กน้อย การลวก และการใช้สารกันเสีย ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าการใช้เทคโนโลยีเฮอร์เดิลทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ซึ่งมีคะแนนด้านกลิ่นรส เนื้อสัมผัสและการยอมรับรวมอยู่ในเกณฑ์ที่ดี และมีอายุการเก็บอย่างน้อย 4-8 เดือน ที่อุณหภูมิห้อง

Lopez-malo และคณะ (1994) ศึกษาการใช้เทคโนโลยีเฮอร์เดิลในผลิตภัณฑ์มะละกอความชื้นสูง ปัจจัยที่ใช้ร่วมกันได้แก่ การใช้ความร้อนเล็กน้อยโดยการลวก การลด a_w และ pH ร่วมกับการเติม potassium sorbate และ sodium bisulfite เก็บตัวอย่างไว้เป็นเวลา 5 เดือนที่อุณหภูมิ 25°C โดยสุ่มตัวอย่างออกมาวัดการเปลี่ยนแปลงด้านสีและลักษณะเนื้อสัมผัส การสลายตัวของ sulfite และpotassium sorbate จำนวนยีสต์ รา และ แบคทีเรีย การเปลี่ยนแปลงปริมาณ ascorbic acid และคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่าปริมาณ ascorbic acid ลดลงระหว่างการเก็บ ส่วนผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี ลักษณะเนื้อสัมผัสและการยอมรับรวมพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ตลอดอายุการเก็บ 5 เดือนทั้งที่อุณหภูมิ 5°C และ 25° C โดยมีคะแนนอยู่ในระดับที่ดี

Akpomedaye และ Ejechi (1998) ศึกษาผลการใช้ความร้อนเล็กน้อยร่วมกับสารสกัดจากเครื่องเทศ 2 ชนิด คือ *zingiber officinale* และ *xyropia aetiopica* ต่อการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus flavus , A. niger*และ *Rhizopus stolonifer*ในน้ำส้มและน้ำสับปะรด พบว่าเมื่อใช้สารสกัดจาก*Z. officinale* หรือ *X. aetiopica* อย่างละ 3 %(v/v) จะสามารถลดการเจริญของเชื้อราได้ และเมื่อใช้สารสกัดจากเครื่องเทศทั้ง ชนิดอย่างละ 2% (v/v)จะสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ดีขึ้น ส่วนการใช้ความร้อนอุณหภูมิแกนกลาง 100° C 2 นาทีร่วมด้วยจะให้ประสิทธิภาพที่ดีที่สุด

Ejechi , Souzey และ Akpomedaye (1998) ศึกษาเสถียรภาพของจุลินทรีย์(microbial stability) ในน้ำมะม่วง โดยใช้ความร้อนเล็กน้อยร่วมกับการใช้สารสกัดจากเครื่องเทศ 2 ชนิด คือ ขิง (*Zingiber officinale*) และลูกจันทน์เทศ (*Myristica fragrans*) พบว่าหลังเก็บตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 เดือน ตัวอย่างน้ำมะม่วงที่ผ่านความร้อนอุณหภูมิ 55° C เป็นเวลา 15 นาที มีจำนวนแบคทีเรียที่ไม่สร้างสปอร์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$) รวมทั้งมีคะแนนด้านประสาทสัมผัสที่ยอมรับได้ และในตัวอย่างน้ำมะม่วงที่เติมสารสกัดจากขิง 15% (v/v) หรือสารสกัดจากลูกจันทน์เทศ 20 %(v/v) สามารถยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ได้แต่ไม่ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัส การใช้ความร้อน55° C 15 นาทีร่วมกับสารสกัดจากลูกจันทน์เทศ และสารสกัดจากขิงอย่างละ 4 % (v/v) จะสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้และมีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสที่ยอมรับได้

2.5 การเลือกชนิดและระดับความเข้มของปัจจัย

การเลือกชนิดและระดับความเข้มของแต่ละปัจจัยเป็นสิ่งสำคัญที่จะต้องคำนึงถึง เนื่องจากมีความจำเพาะในอาหารแต่ละชนิดแตกต่างกันไป โดยจะต้องพิจารณาชนิดของจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในอาหารชนิดนั้นๆ สำหรับผลไม้ส่วนใหญ่จะมีเปลือกนอกช่วยป้องกันจุลินทรีย์เข้าสู่ภายในและยังมีสารยับยั้งจุลินทรีย์โดยธรรมชาติ เช่น น้ำมันหอมระเหย แอนโธไซยานิน กรดเบนโซอิก เบนซัลดีไฮด์ และกรดอินทรีย์ต่างๆ ซึ่งทำให้ pH ของผลไม้มีค่าต่ำกว่า 4.6 ผลไม้ส่วนใหญ่จะมีความเป็นกรดสูงยกเว้นผลไม้บางชนิด เช่น กล้วย มะเดื่อ และมะละกอ เป็นต้น (Alzamora et al.,1995) ค่า pH ของผลไม้ชนิดต่างๆแสดงในตารางที่ 2.2 จากสภาพความเป็นกรดสูงทำให้มีเฉพาะจุลินทรีย์ที่ทนกรดได้เท่านั้นที่สามารถเจริญได้ ซึ่งได้แก่ ยีสต์ รา และ lactic acid bacteria ค่า pH และ a_wต่ำสุดที่แบคทีเรียในผลไม้สามารถเจริญได้แสดงในตารางที่ 2.3

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่2.2 ค่า pHของผลไม้บางชนิด

Fruit	pH	Fruit	pH
apple	3.4-3.5	melon	5.5
apricot	3.3-4.4	papaya	4.0-5.6
banana	5.6	passion fruit	3.2
guava	3.0-4.0	peach	3.4-4.2
mango	3.2-4.2	pineapple	3.0-3.6

ที่มา : Alzamora et al. , 1995

ตารางที่2.3 ค่า a_wและ pH ต่ำสุดที่แบคทีเรียในผลไม้สามารถเจริญได้

Microorganism	a_w	pH
Clostridium butyricum	≥0.945-<0.965 (glucose)	>4.8
	≥0.935-<0.950 (glycerol)	-
Clostridium pasteurianum	0.985	3.5-4.5
Bacillus coagulans	0.94 (glucose or sucrose)	3.8-4.8
Bacillus licheniformis	>0.89-<0.91(NaCl or sucrose)	4.2-4.4
Bacillus stearothermophilus	>0.97 (NaCl or sucrose)	>5.0-<6.0
Lactobacillus specirs	>0.94 (glycerol)	3.8-4.4
Lactobacillus plantarum	0.94	-
Leuconostoc mesenteroides	0.94 (NaCl)	-
Streptococcus feacalis	0.94 (NaCl)	4.4-4.7
Salmonella species	0.95	3.7-4.5

ที่มา : Alzamora et al. , 1995

ในการตัดสินใจเลือกใช้แต่ละปัจจัยในอาหารแต่ละชนิดต้องคำนึงถึงความปลอดภัย และคุณภาพของอาหารประกอบกัน เนื่องจากปัจจัยชนิดเดียวกันอาจมีผลในด้านบวกหรือลบต่ออาหาร ขึ้นกับระดับความเข้มที่ใช้ ยกตัวอย่างเช่น ผัก ผลไม้ที่นำไปแช่เย็นในอุณหภูมิที่ไม่

เหมาะสม จะทำให้เกิดความเสียหายแก่เนื้อเยื่อได้ (chilling injury) ในทางกลับกันการใช้อุณหภูมิแช่เย็นที่เหมาะสมจะช่วยยืดอายุการเก็บของอาหารนั้นได้ (Leistner, 1994) ปัจจัยที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ผลไม้ความชื้นสูง แสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ปัจจัยที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ผลไม้ความชื้นสูง (high moisture fruit product)

Hurdles	Intensity
1. Heat treatment	Saturated steam for 1-3 min
2. Water activity	a_w reduction to 0.98 – 0.93
3. Acidification	pH adjustment to 4.1 – 3.0
4. Preservative (1)	1000 ppm sorbate or benzoate
5. Preservative (2)	150 ppm sulfite or bisulfite

ที่มา : Leistner,1999

สำหรับงานวิจัยนี้จะศึกษาการใช้เทคโนโลยีเฮอร์เดิล พัฒนาผลิตภัณฑ์ผลไม้ความชื้นสูงในลักษณะของการนำผลไม้มาอบแห้งเพื่อลดความชื้นลงระดับหนึ่ง ก่อนนำไปแช่ในเนื้อผลไม้ตีป่นอีกชนิดหนึ่ง แทนการแช่ในน้ำเชื่อมที่ใช้กันอยู่ทั่วไป เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าสารอาหาร ตรงตามแนวโน้มความต้องการของผู้บริโภค ซึ่งปัจจุบันหันมาให้ความสนใจในสุขภาพมากขึ้นจึงมักหลีกเลี่ยงการรับประทานอาหารที่หวานจัด ดังนั้นการใช้เนื้อผลไม้ตีป่นน่าจะสามารถทดแทนการใช้น้ำเชื่อมได้ ซึ่งในกระบวนการผลิตอาจต้องใช้ความร้อน และ การเติมสารสกัดจากเครื่องเทศร่วมด้วย เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ใหม่ที่มีคุณภาพทั้งในด้านรสชาติ คุณค่าสารอาหาร และความปลอดภัย

จากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นพบว่า ฝรั่งเป็นผลไม้ที่เหมาะสมที่จะนำมาทำแห้งสำหรับใช้ในผลิตภัณฑ์นี้ เนื่องจากเป็นผลไม้ที่มีลักษณะปรากฏและเนื้อสัมผัสที่ดีหลังการทำแห้ง มีกลิ่นรสเป็นเอกลักษณ์เฉพาะ สามารถหาได้ง่ายตลอดปี และราคาไม่แพง โดยเลือกใช้พันธุ์แป้นสีทอง ซึ่งมีผลใหญ่ เนื้อมาก (กรมส่งเสริมการเกษตร,2544) ใช้ที่ระดับความสุกพอเหมาะแก่การรับประทานสด เนื้อผลไม้ตีป่นที่เลือกมาใช้ 2 ชนิด ได้แก่ เนื้อสับปะรดตีป่น เนื้อมะละกอตีป่น และน้ำเสาวรส ซึ่งผลไม้ทั้ง 3 ชนิดมีกลิ่นรสและสีเฉพาะตัวน่ารับประทานและสามารถหาได้ง่าย โดยจะเลือก

ผลไม้ที่มีรสชาติและลักษณะเนื้อสัมผัสที่แตกต่างกัน เพื่อให้ผู้ทดสอบได้มีโอกาสในการเลือกตามความเหมาะสม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

วิธีการทดลอง

วัตถุดิบ

1. ฝรั่งสดพันธุ์แป้นสีทอง ระดับความสุกพอเหมาะแก่การรับประทาน (ตลาดสะพานขาว)
2. สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย ระดับความสุกพอเหมาะแก่การรับประทาน (ตลาดสะพานขาว)
3. มะละกอพันธุ์แขกดำ ระดับความสุกพอเหมาะแก่การรับประทาน (ตลาดสะพานขาว)
4. เนื้อสับปะรดตีป่นได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท อาหารสยาม จำกัด (มหาชน)
5. เนื้อมะละกอตีป่น ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท ทิปโก้ จำกัด (มหาชน)
6. น้ำเสาวรสเข้มข้น ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท ทิปโก้ จำกัด (มหาชน)

   เนื้อผลไม้ตีป่นและน้ำเสาวรสเข้มข้น แบ่งบรรจุในถุง LDPE ถุงละประมาณ 500 กรัม เก็บรักษาโดยวิธีแช่เยือกแข็ง
7. essential oil จากขิง อบเชย กานพลู และลูกจันทน์เทศ (บริษัทเครื่องหอมไทยจีน จำกัด)
8. น้ำตาลทรายขาว ตรามิตรผล

สารเคมี

1.	Citric acid	(Food grade)
2.	Plate count agar	
3.	Potato dextrose agar	
4.	Phenolphthalein	(Analytical grade)
5.	Sodium chloride	(Analytical grade)
6.	Sodium hydroxide	(Analytical grade)
6.	Sodium metabisulphite	(Food grade)
7.	Tartaric acid	(Analytical grade)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อุปกรณ์

อุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมผลิตภัณฑ์

1. ตู้อบลมร้อน (Kobishi, BZ-17H)
2. ตู้อบสุญญากาศ (Hotpack) + ตู้ดักไอน้ำ (Jupiter) + ปั๊มดูดอากาศ (Trivac)
3. water bath (Heto, DT1)
4. ขวดแก้วใสปากกว้างขนาด 16 oz (ประมาณ 475 cc) พร้อมฝาโลหะเคลือบสีขาวแบบเกลียว(screw - on) ซื้อจากร้าน เอ็ม ดี กลาส จำกัด ตลาดสะพานขาว

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

1. เครื่องวัดเนื้อสัมผัสอาหาร (Texture analyzer , TA-XT2I)
2. เครื่องวัดค่าสี (Minolta chroma meter , CR 300 series)
3. เครื่องชั่งน้ำหนัก (Sartorius , BA41003) ทศนิยม 2 ตำแหน่ง

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

1. เครื่องชั่งน้ำหนัก (Sartorius , BA41003) ทศนิยม 2 ตำแหน่ง
2. เครื่องชั่งน้ำหนัก (Sartorius , BA41003) ทศนิยม 4 ตำแหน่ง
3. เตาเผาช่วงอุณหภูมิ 500-700 $^{\circ}$C (Furnace carbolite , MML 11-2)
4. ตู้อบลมร้อน(WTB Binder, E-53)
5. เครื่องวัดค่า water activity (Novasina , TH-500)
6. เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (Schott-Gerate, CG-840)
7. โถดูดความชื้น (Wertheim, GL)
8. เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Digital thermometer refractometer) (Atago, 1T)
9. เครื่องแก้วต่างๆ

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

1. ตู้เขี่ยเชื้อ (ISSCO , BVT-123)
2. ตู้บ่มเชื้อ (WTB Binder,BD)
3. หม้อนึ่งความดันไอ(Sanyo , MLS 3020)
4. จานเพาะเชื้อ และเครื่องแก้วต่างๆ

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

1. ถ้วยชิม
2. แก้วน้ำ
3. ช้อน
4. ถาดเสิร์ฟ
5. แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

อุปกรณ์ที่ใช้ในการคำนวณและวิเคราะห์ทางสถิติ

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ PC
2. โปรแกรมสำเร็จรูป Statistical package for the social sciences (SPSS)

วิธีการวิเคราะห์

ก. วิธีการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ (รายละเอียดในภาคผนวก ก.)

1. ความแน่นเนื้อ (firmness) โดยเครื่องวัดเนื้อสัมผัสอาหาร
2. ค่าสี (L*, a*, b*) โดยเครื่องวัดค่าสี
3. อัตราส่วนการดูดน้ำกลับ (rehydration ratio) ตามวิธีของ Ranganna ,1977

ข. วิธีการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี (รายละเอียดในภาคผนวก ข.)

1. ค่า water activity โดยเครื่องวัดค่า water activity
2. ค่าความเป็นกรด-ด่าง โดยเครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง
3. ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด โดยใช้เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด
4. ปริมาณความชื้น ดัดแปลงจากวิธี A.O.A.C. 1995
5. ปริมาณกรด (% acidity) ในรูปของกรดซิตริก ตามวิธี A.O.A.C. 1995
6. ปริมาณเถ้า (% ash) ตามวิธีA.O.A.C. 1995

ค. วิธีการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ค.)

1. จำนวนแบคทีเรียทั้งหมด ตามวิธีของ ICMSF (1982)
2. จำนวนยีสต์และรา ตามวิธีของ ICMSF (1982)

ง. การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ง.)

ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบกึ่งฝึกฝน จำนวน 20 คน เป็นผู้ชาย 4 คน ผู้หญิง 16 คน ได้รับความร่วมมือจากนิสิตปริญญาโท ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ที่ชอบรับประทานผลไม้ เตรียมตัวอย่างสำหรับทำการทดสอบโดยตักตัวอย่างปริมาณพอคำใส่ถ้วยซิมสีขาวเสิร์ฟขณะเย็นพร้อมน้ำดื่ม ใช้แบบทดสอบที่แสดงในภาคผนวก ง. ดังนี้

1. แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งฝรั่ง
2. แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อศึกษาชนิดของเนื้อผลไม้ตีป่น
3. แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของฝรั่งอบแห้งต่อเนื้อผลไม้ตีป่น
4. แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อศึกษาชนิดของ essential oil ที่เติมในผลิตภัณฑ์
5. แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อศึกษาความเข้มข้นของ essential oil ที่เติมในผลิตภัณฑ์
6. แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อศึกษาผลร่วมของการใช้ความร้อนและ essential oil จากเครื่องเทศ
7. แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์

ขั้นตอนและวิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเริ่มต้นของวัตถุดิบ

เตรียมตัวอย่างตามวิธีA.O.A.C. 1995 รายละเอียดในภาคผนวก ข1 แล้วนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีดังต่อไปนี้

- ค่า water activity (a_w)
- ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)
- ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ($^{\circ}$ Brix)
- ปริมาณความชื้น (%wet basis)
- ปริมาณกรด (% acidity) ในรูปของกรดซิตริก
- ปริมาณเถ้า (% ash)

3.2 ศึกษาวิธีการและสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งฝรั่ง

เตรียมตัวอย่างฝรั่งสำหรับการทำแห้งตามขั้นตอนดังนี้

ฝรั่งสด

↓

ล้าง ปอกเปลือก ผ่าครึ่งตามขวาง คว้านเมล็ดออก หั่นส่วนหัวและท้ายผลทิ้ง ใช้เฉพาะส่วนกลางของผล หั่นเป็นแว่นหนาประมาณ 1 ซ.ม. แต่ละแว่นหั่นเป็นชิ้นขนาด 1*2*1 ซม.

↓

แช่ในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.5 % (w/v) นาน 10 นาที

↓

เรียงชิ้นฝรั่งบนถาดอะลูมิเนียมนำเข้าตู้อบ แปรสภาวะในการทำแห้ง ดังต่อไปนี้

- วิธีการทำแห้ง 2 วิธี คือ การใช้ตู้อบแบบลมร้อน (tray dry) และ การใช้ตู้อบแบบสุญญากาศ (vacuum dry)
- อุณหภูมิในการทำแห้ง 3 ระดับ คือ 50 °C , 60° C และ 70° C
- เวลาในการทำแห้ง 6 ระดับ คือ 1 ,2 ,3 ,4 ,5 และ 6 ชั่วโมง

ประเมินผลโดยการวิเคราะห์

- ปริมาณความชื้นของตัวอย่างฝรั่งอบแห้ง
- อัตราส่วนการดูดน้ำกลับ (rehydration ratio) ของตัวอย่างฝรั่งอบแห้ง
- วัดสีของตัวอย่างฝรั่งที่ผ่านการดูดน้ำกลับในตู้เย็นข้ามคืน
- วัดความแน่นเนื้อ (firmness) ของตัวอย่างฝรั่งที่ผ่านการดูดน้ำกลับในตู้เย็นข้ามคืน

วางแผนการทดลองแบบ Asymmetrical Factorial Design ขนาด 2*3*6 ทดลอง 2 ซ้ำ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Cohran and Cox, 1992)

ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ คือ ลักษณะทั่วไป เนื้อสัมผัส และกลิ่นรส โดยใช้วิธีให้คะแนน (scoring test) ใช้ผู้ทดสอบกึ่งฝึกฝนจำนวน 20 คน โดยให้ผู้ทดสอบชิมตัวอย่างฝรั่งอบแห้งที่ผ่านการแช่น้ำทิ้งไว้ในตู้เย็นข้ามคืน ใช้แบบทดสอบในภาคผนวก ง.1 วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ทดลอง 2 ซ้ำ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Cohran and Cox, 1992)

3.3 ศึกษาชนิดของเนื้อผลไม้ตีป่น และน้ำเสาวรส

เตรียมตัวอย่างผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งแช่ในเนื้อผลไม้ตีป่นและน้ำเสาวรส ตามขั้นตอนดังนี้

ชั่งน้ำหนักฝรั่งอบแห้ง บรรจุลงในขวดแก้วใสปากกว้าง

↓

ชั่งน้ำหนักเนื้อสับปะรดตีป่น เนื้อมะละกอตีป่นและน้ำเสาวรสที่ละลายน้ำแข็งแล้ว หนักประมาณ 8 เท่าของน้ำหนักฝรั่ง เททับฝรั่งอบแห้ง

↓

นำไปให้ความร้อนใน water bath จนอุณหภูมิ ณ จุดกึ่งกลางผลิตภัณฑ์* เป็น 80 °C 10 นาที

↓

ปิดฝา แล้วทำให้เย็นทันที โดยแช่ในอ่างที่มีน้ำไหลผ่าน

↓

แช่ผลิตภัณฑ์ในตู้เย็นข้ามคืน

* อุณหภูมิ ณ จุดกึ่งกลางผลิตภัณฑ์ วัดจากอุณหภูมิภายในชิ้นฝรั่ง

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนการดูดน้ำกลับของฝรั่งอบแห้งในเนื้อผลไม้ตีป่นและน้ำเสาวรส ที่เวลาต่างๆ วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดย วัดค่าpH ค่า a_w ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และปริมาณความชื้นของฝรั่งอบแห้ง เนื้อผลไม้ตีป่น และน้ำเสาวรส ก่อนและหลังใส่ฝรั่งอบแห้ง ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ คือ สี ลักษณะเนื้อสัมผัส ความเปรี้ยว ความหวานและความชอบโดยรวม โดยใช้วิธีให้คะแนน (scoring test) ใช้ผู้ทดสอบกึ่งฝึกฝนจำนวน 20 คน ใช้แบบทดสอบในภาคผนวก ง.2 วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design ทดลอง 2 ซ้ำ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Cohran and Cox, 1992)

3.4 ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของฝรั่งอบแห้งต่อเนื้อผลไม้ตีป่น

เตรียมตัวอย่างตามขั้นตอนในข้อ 3.3 โดยแปรอัตราส่วนของฝรั่งอบแห้งต่อเนื้อผลไม้ตีป่นที่เลือกได้เป็น 1:4 , 1:6, 1:8 และ 1:10 (w/w) ประเมินผลทางประสาทสัมผัส ใช้ผู้ทดสอบกึ่งฝึก

ฝนจำนวน 20 คน โดยใช้วิธีการจัดอันดับ(Ranking Test) ตามความชอบ สำหรับประเมินลักษณะทั่วไป และเป็นแบบให้คะแนน (scoring test) สำหรับประเมินลักษณะด้านกลิ่นรสและความชอบรวม ใช้แบบทดสอบในภาคผนวก ง.3 วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design ทดลอง 2 ซ้ำ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Cohran and Cox, 1992)

3.5 ศึกษาชนิดของ essential oil จากเครื่องเทศที่ใช้เติมลงในผลิตภัณฑ์

เตรียมตัวอย่างผลิตภัณฑ์ตามขั้นตอนดังนี้

ชั่งน้ำหนักฝรั่งอบแห้ง บรรจุลงในขวดแก้วใสปากกว้าง

↓

ชั่งน้ำหนักเนื้อผลไม้ตีป่นที่ละลายน้ำแข็งแล้ว ตามอัตราส่วนที่เลือกได้ในข้อ 3.4

↓

ปิเปต essential oilจากเครื่องเทศ ได้แก่ ขิง อบเชย กานพลู และ
ลูกจันทน์เทศ ใส่ลงในเนื้อผลไม้ตีป่นโดยใช้ความเข้มข้น 2.5 μl /100 g
เนื้อผลไม้ตีป่น

↓

ผสมเนื้อผลไม้ตีป่นและessential oil จากเครื่องเทศให้เข้ากัน

↓

เทเนื้อผลไม้ตีป่นลงบนฝรั่งอบแห้งที่บรรจุอยู่ในขวดแก้วใสปากกว้าง

↓

นำไปให้ความร้อนใน water bath จนอุณหภูมิ ณ จุดกึ่งกลางผลิตภัณฑ์*
เป็น 80° C 10 นาที

↓

ปิดฝาคว่ำขวดเพื่อฆ่าเชื้อ แล้วทำให้เย็นทันที โดยแช่ในอ่างที่มีน้ำไหลผ่าน

↓

แช่ผลิตภัณฑ์ในตู้เย็นข้ามคืน

* อุณหภูมิ ณ จุดกึ่งกลางผลิตภัณฑ์ วัดจากอุณหภูมิภายในชิ้นฝรั่ง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประเมินผลทางประสาทสัมผัส ใช้ผู้ทดสอบกึ่งฝึกฝนจำนวน 20 คน โดยใช้วิธีการจัดอันดับ(Ranking Test) ตามความชอบรวม ใช้แบบทดสอบในภาคผนวก ง.4 วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design ทดลอง 2 ซ้ำ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Cohran and Cox, 1992)

3.6 ศึกษาความเข้มข้นของ essential oil จากเครื่องเทศที่ใช้เติมลงในผลิตภัณฑ์

เตรียมตัวอย่างตามขั้นตอนในข้อ 3.5 โดยใช้ essential oil จากเครื่องเทศที่เลือกได้ แปรระดับความเข้มข้นของ essential oil เป็น 5 ,3.3 ,2.5 และ 0 μl /100 g เนื้อผลไม้ตีป่น ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ คือ สี กลิ่นขิง และความชอบโดยรวม โดยใช้วิธี optimum location profile (Beausire and Earle, 1985) ใช้ผู้ทดสอบกึ่งฝึกฝนจำนวน 20 คน ใช้แบบทดสอบในภาคผนวก ง.5 วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design ทดลอง 2 ซ้ำ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Cohran and Cox, 1992)

3.7 ศึกษาผลร่วมของความร้อนและessential oil จากเครื่องเทศ

เตรียมตัวอย่างตามขั้นตอน 3.5 โดยใช้ essential oil จากเครื่องเทศ ที่ระดับความเข้มข้นที่เลือกได้ในข้อ 3.6 แปรอุณหภูมิ ณ จุดกึ่งกลางผลิตภัณฑ์เป็น 60 , 70 , 80 และ 90 $^{\circ}$ C และแปรเวลาเป็น 10 และ 15 นาที

ประเมินผลทางประสาทสัมผัส ใช้ผู้ทดสอบกึ่งฝึกฝนจำนวน 20 คน ใช้แบบทดสอบในภาคผนวก ง.6 ซึ่งเป็นการทดสอบการยอมรับรวม วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design ทดลอง 2 ซ้ำ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test(Cohran and Cox, 1992)

วิเคราะห์ผลทางจุลินทรีย์ โดยสุ่มตัวอย่างซึ่งเก็บที่อุณหภูมิ 37° C มาตรวจนับจำนวนแบคทีเรียทั้งหมด และจำนวนยีสต์และรา ทุก 2 วันเป็นเวลา 8 วัน

3.8 ศึกษาผลของปัจจัยต่าง ๆต่อคุณภาพด้านจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์

ปัจจัยที่ศึกษาได้แก่

3.8.1 การลดค่า a_w ของผลิตภัณฑ์

เตรียมตัวอย่างผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อสับปะรดตีป่น และฝรั่งสดในเนื้อสับปะรดตีป่น ตามขั้นตอน 3.3 ประเมินผลโดยการวัดค่า a_w ของผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อสับปะรดตีป่น เทียบกับผลิตภัณฑ์ฝรั่งสดแช่ในเนื้อสับปะรดตีป่น วิเคราะห์ผลทางจุลินทรีย์ โดยสุ่มตัวอย่างซึ่งเก็บที่อุณหภูมิ 37°C มาตรวจนับจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดและจำนวนยีสต์ รา ทุก 2 วัน เป็นเวลา 8 วัน

3.8.2 การลด pH และ a_w ของผลิตภัณฑ์

เตรียมตัวอย่างผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อมะละกอตีป่นที่เติม และไม่เติมกรดซิตริกและน้ำตาล ตามขั้นตอน 3.3 ประเมินผลโดยการวัดค่า pH และ a_w ของผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อมะละกอตีป่นที่เติม และไม่เติมกรดซิตริกและน้ำตาล วิเคราะห์ผลทางจุลินทรีย์ โดยสุ่มตัวอย่างซึ่งเก็บที่อุณหภูมิ 37°C มาตรวจนับจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดและจำนวนยีสต์ รา ทุก 2 วัน เป็นเวลา 8 วัน

3.8.3 การใส่ขิงสดในผลิตภัณฑ์

เตรียมผลิตภัณฑ์ตามขั้นตอน 3.5 ใส่ขิงซึ่งปอกเปลือกและหั่นเป็นแว่นหนาประมาณ 1 มิลลิเมตร ปริมาณ10 % ของน้ำหนักเนื้อสับปะรดตีป่นลงในเนื้อสับปะรดตีป่น แทนการใส่ essential oilจากขิง นำไปให้ความร้อนจนอุณหภูมิกึ่งกลางผลิตภัณฑ์เป็น 80°C 10 นาที วิเคราะห์ผลทางจุลินทรีย์โดยสุ่มตัวอย่างซึ่งเก็บที่อุณหภูมิ 37°C มาตรวจนับจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดและจำนวนยีสต์ รา ทุก 2 วัน เป็นเวลา 8 วัน

3.8.4 การใช้ความร้อนน้อยที่สุด

เตรียมเนื้อสับปะรดตีป่น และเนื้อมะละกอตีป่นที่ผลิตขึ้นเอง โดยหั่นผลไม้เป็นชิ้นเล็กๆ ใส่ในโถปั่น จับเวลาในการปั่น 1 นาที สำหรับสับปะรด และ 30 วินาที สำหรับมะละกอ วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเริ่มต้นของเนื้อผลไม้ตีป่น ได้แก่ ค่าpH ค่าa_w ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณกรดทั้งหมด เถ้า และความชื้น ปรับปรุงรสชาติและองค์ประกอบทางเคมีให้ใกล้เคียงกับเนื้อผลไม้ตีป่นที่ได้รับความอนุเคราะห์มา นำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ โดยในขั้นตอนการให้ความร้อน แปรอุณหภูมิ จุดกึ่งกลางผลิตภัณฑ์เป็น 60 , 70 , 80 และ 90°C แปรเวลาเป็น 10 และ 15 นาที วิเคราะห์ผลทางจุลินทรีย์โดยสุ่มตัวอย่างซึ่งเก็บที่อุณหภูมิ 37°C มาตรวจนับจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดและจำนวนยีสต์ รา ทุก 2 วัน เป็นเวลา 8 วัน

3.9 ศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์

เตรียมตัวอย่างตามสภาวะที่เลือกได้ โดยใช้เนื้อผลไม้ตีป่นที่เตรียมขึ้นเองสำหรับใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ เติมessential oil จากขิง 2.0 μl/100g ของเนื้อผลไม้ตีป่น และบรรจุผลิตภัณฑ์ในขวดแก้วใสปากกว้าง ปริมาณ 450 กรัม/ขวด ศึกษาสภาวะการเก็บ 2 สภาวะคือ เก็บในตู้เก็บของในห้องซึ่งมีเครื่องปรับอากาศ อุณหภูมิ 25-27°C หนึ่งชุด และเก็บในตู้เย็นอุณหภูมิ 4-5° C สุ่มตัวอย่างผลิตภัณฑ์มาวิเคราะห์คุณภาพทุกๆ 2 สัปดาห์ เป็นเวลา 3 เดือน ประเมินผลโดยวิเคราะห์

3.9.1 การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสีของเนื้อผลไม้ตีป่นและค่าความแน่นเนื้อของชิ้นฝรั่ง วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD)ทดลอง 2 ซ้ำ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Cohran and Cox, 1992)

3.9.2 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ คือ สีของเนื้อผลไม้ตีป่น เนื้อสัมผัสของชิ้นฝรั่ง กลิ่นรสโดยรวมของผลิตภัณฑ์ และการยอมรับรวม โดยใช้วิธีทดสอบแบบ Quantitative Descriptive Analysis (QDA) ใช้ผู้ทดสอบกึ่งฝึกฝนจำนวน 20 คน ใช้แบบทดสอบในภาคผนวก ง.7 วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ทดลอง 2 ซ้ำ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Cohran and Cox, 1992)

3.9.3 การเปลี่ยนแปลงทางจุลินทรีย์ โดยตรวจนับจำนวนแบคทีเรียทั้งหมด และจำนวนยีสต์ รา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ผลการทดลอง และวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของฝรั่งสด เนื้อสับปะรดตีป่น เนื้อมะละกอตีป่น และน้ำเสาวรสเข้มข้น โดยวัด pH และ a_w วิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด กรดทั้งหมด เถ้า และความชื้น ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบทางเคมี ค่า pH และ a_w ของวัตถุดิบ

องค์ประกอบ	ค่าเฉลี่ย* ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน			
	ฝรั่งสด	เนื้อสับปะรดตีป่น	เนื้อมะละกอตีป่น	น้ำเสาวรสเข้มข้น
pH	3.87±0.15	3.61±0.09	4.25±0.23	2.87±0.17
a_w	0.98±0.01	0.98±0.01	0.98±0.03	0.91±0.01
ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ($^{\circ}$ Brix)	9.1±0.1	15.5±0.1	7.5±0.1	49.5±0.1
กรดทั้งหมด (%)	0.25±0.01	0.54±0.03	0.15±0.01	8.96±0.02
เถ้า (% wet basis)	0.34±0.02	0.26±0.00	0.41±0.01	2.28±0.01
ความชื้น (%)	88.40±0.03	84.46±0.01	92.61±0.23	58.27±0.12

*ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้นในตารางที่ 4.1 พบว่าเนื้อมะละกอตีป่นมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต่ำและมี pH สูงกว่าผลไม้ชนิดอื่น นอกจากนี้ยังมีรสจืด ดังนั้นจึงเติมน้ำตาลและกรดซิตริกลงไปเพื่อช่วยปรับปรุงรสชาติและคุณสมบัติเบื้องต้นได้แก่ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และ pHให้เหมาะสมและใกล้เคียงกับเนื้อสับปะรดตีป่น สำหรับน้ำเสาวรสเข้มข้นพบว่ามีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเป็น 49.5°Brix ซึ่งสูงกว่าผลไม้อีก 2 ชนิด และยังมีรสชาติเปรี้ยวจัด ดังนั้นจึงเติมน้ำเพื่อลดปริมาณของแข็งที่ละลายได้

ทั้งหมด และเติมน้ำตาลเพื่อปรับปรุงรสชาติ ซึ่งหลังจากปรับปรุงรสชาติแล้วนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี วัด pH และ a_w ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 องค์ประกอบทางเคมี ค่า pH และ a_w ของ เนื้อมะละกอตีป่น และน้ำเสาวรสหลังผ่านการปรุงแต่งรสชาติ

องค์ประกอบ	ค่าเฉลี่ย* ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
	เนื้อมะละกอตีป่น	น้ำเสาวรส
pH	3.99±0.05	3.29±0.05
a_w	0.97±0.02	0.98±0.02
ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (° Brix)	20.5±0.1	18.0±0.1
กรดทั้งหมด (%)	0.28±0.01	0.54±0.01
เถ้า (% wet basis)	0.44±0.01	0.68±0.02
ความชื้น (%)	86.23±0.02	81.14±0.05

*ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

ผลไม้เกือบทุกชนิดเป็นแหล่งที่ให้คุณค่าทางอาหาร โดยเฉพาะวิตามินซี และวิตามินเอ นอกจากนั้นยังเป็นแหล่งของพวกแร่ธาตุบางชนิด เช่น แคลเซียมและเหล็ก (สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร,2545) ปริมาณวิตามินและแร่ธาตุมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณเถ้า จากตารางที่ 4.1 พบว่าฝรั่งสด เนื้อสับปะรดตีป่น เนื้อมะละกอตีป่น และน้ำเสาวรสเข้มข้น มีปริมาณเถ้า 0.34% 0.26% 0.41%และ 2.28%ตามลำดับ เมื่อพิจารณาตารางที่ 4.2 พบว่าปริมาณเถ้าของเนื้อมะละกอตีป่นหลังเติมน้ำตาลและกรด มีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 0.44% และสำหรับน้ำเสาวรสหลังเติมน้ำและน้ำตาล พบว่ามีปริมาณเถ้าลดลงเป็น 0.68% ในงานวิจัยของ Camara , Diez และ Torija (1995) ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีในน้ำสับปะรดที่เตรียมขึ้นเอง(home made)พบว่ามีปริมาณเถ้า 0.386% ต่อมาในปี 2003 Rodrique , Cunha และ Hubinger ได้ศึกษาเกี่ยวกับสมบัติการไหลและการเปลี่ยนแปลงสีของมะละกอในระหว่างการทำแห้งแบบออสโมติก

ซึ่งเมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้นของวัตถุดิบพบว่ามีปริมาณเถ้า 0.21% เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณเถ้าที่ได้จากงานวิจัยนี้พบว่ามีความแตกต่างกัน ซึ่งอาจเนื่องจากกรรมวิธีการผลิต รวมถึงแหล่งปลูก และสภาพดินฟ้าอากาศ ที่ล้วนมีผลต่อปริมาณแร่ธาตุและวิตามินในพืชทั้งสิ้น

4.2 ศึกษาวิธีการและสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งฝรั่ง

แปรวิธีการทำแห้งเป็นแบบ convective air dry และ vacuum dry โดยแปรอุณหภูมิเป็น 50 °C 60 °C และ 70°C พร้อมทั้งแปรเวลาในการทำแห้งเป็น 1-6 ชั่วโมง ฝรั่งอบแห้งที่ได้นำไปหาปริมาณความชื้น และอัตราส่วนการดูดน้ำกลับ (rehydration ratio) ผลที่ได้แสดงในตารางที่ 4.3 และ4.4 ตามลำดับ และนำฝรั่งอบแห้งที่ผ่านการดูดน้ำกลับมาวัดสี ได้แก่ ค่าความสว่าง(L*)ค่าสีเขียว(a*) และค่าสีเหลือง (b*) วัดความแน่นเนื้อ(firmness) และทดสอบทางประสาทสัมผัส ได้แก่ ลักษณะทั่วไป กลิ่นรสฝรั่ง และลักษณะเนื้อสัมผัส โดยใช้วิธีให้คะแนน (scoring test) ใช้แบบทดสอบในภาคผนวก ง.1 ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.5 , 4.6 และ4.7 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.3 ปริมาณความชื้นของฝรั่งที่อบแห้งสภาวะต่างกัน

%ความชื้น ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน						
Time (hour)	Tray dry			Vacuum dry		
	50° C	60 °C	70° C	50°C	60°C	70°C
1	$89.45^{ab}\pm0.13$	$87.84^{abc}\pm0.36$	$87.04^{bc}\pm0.31$	$89.57^{a}\pm0.14$	$89.35^{ab}\pm0.22$	$88.91^{ab}\pm0.43$
2	$86.54^{cd}\pm0.07$	$85.76^{cd}\pm0.22$	$83.04^{e}\pm0.41$	$87.67^{abc}\pm0.27$	$85.59^{cd}\pm0.11$	$82.71^{e}\pm0.25$
3	$83.40^{e}\pm0.11$	$82.74^{e}\pm0.63$	$76.34^{fg}\pm0.09$	$85.58^{cd}\pm0.14$	$82.92^{e}\pm0.13$	$77.63^{f}\pm0.27$
4	$82.55^{e}\pm0.17$	$69.53^{h}\pm0.03$	$53.14^{l}\pm0.24$	$75.07^{g}\pm0.11$	$67.63^{i}\pm0.43$	$62.85^{j}\pm0.15$
5	$77.48^{f}\pm0.12$	$63.95^{j}\pm0.26$	$46.51^{m}\pm0.03$	$67.31^{i}\pm0.18$	$55.53^{k}\pm0.21$	$34.02^{n}\pm0.02$
6	$71.30^{h}\pm0.29$	$55.47^{k}\pm0.13$	$28.23^{p}\pm0.01$	$51.49^{l}\pm0.21$	$31.49^{o}\pm0.08$	$11.72^{q}\pm0.11$

a, b, c… ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.4 อัตราส่วนการดูดน้ำกลับของฝรั่งที่อบแห้งสภาวะต่างกัน

Time(hour)	อัตราส่วนการดูดน้ำกลับ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน					
	Tray dry			Vacuum dry		
	50 °C	60 °C	70 °C	50 °C	60 °C	70 °C
1	1.2^{b}±0.1	1.3^{c}±0.1	1.3^{c}±0.1	1.1^{a}±0.1	1.1^{a}±0.1	1.1^{a}±0.0
2	1.3^{c}±0.2	1.3^{c}±0.2	1.6^{f}±0.1	1.1^{a}±0.2	1.4^{d}±0.2	1.2^{b}±0.1
3	1.4^{d}±0.0	1.9^{i}±0.3	2.3^{m}±0.2	1.2^{b}±0.2	1.8^{h}±0.3	1.2^{b}±0.0
4	1.5^{e}±0.3	1.7^{g}±0.2	2.7^{o}±0.3	1.3^{c}±0.1	1.7^{g}±0.2	2.1^{k}±0.1
5	1.6^{f}±0.1	1.9^{i}±0.1	3.0^{p}±0.2	1.2^{b}±0.2	2.2^{l}±0.1	3.0^{p}±0.1
6	2.0^{j}±0.1	2.5^{n}±0.2	3.5^{q}±0.2	1.3^{c}±0.2	3.6^{p}±0.4	4.3^{r}±0.0

a, b, c… ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.5 ค่า L* ,a* ,b* จากการวัดสีของฝรั่งที่อบแห้งสภาวะต่างกันหลังผ่านการดูดน้ำกลับ

Time (hour)	L* value					
	Tray dry			Vacuum dry		
	50 °C ^{ns}	60 °C ^{ns}	70 °C	50 °C	60° C	70° C
1	75.40 ±0.15	77.43±0.18	79.99^{a}±0.12	79.89^{a}±0.22	77.02^{a}±0.06	81.36^{a}±0.13
2	75.65 ±0.23	74.69±0.15	77.64^{b}±0.05	79.23^{a}±0.13	75.24^{ab}±0.13	80.79^{a}±0.04
3	75.78±0.16	74.35±0.21	77.01^{b}±0.22	78.61^{ab}±0.07	73.90^{ab}±0.12	79.32^{b}±0.0
4	75.25±0.14	74.22±0.17	77.08^{b}±0.03	77.67^{ab}±0.15	75.52^{ab}±0.04	78.19^{c}±0.11
5	71.13±0.17	72.74±0.13	77.79^{b}±0.11	75.97^{b}±0.21	74.07^{ab}±0.15	78.49^{bc}±0.9
6	71.66±0.22	69.59±0.05	75.52^{c}±0.08	76.31^{b}±0.14	73.36^{b}±0.22	78.63^{bc}±0.16

a, b, c… ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

ตารางที่ 4.5 (ต่อ)

Time (hour)	a* value					
	Tray dry			Vacuum dry		
	50 °C	60°C	70°C	50°C	60°C	70°C
1	-1.56^{bcde}±0.01	-1.48^{bcdefg}±0.02	-2.30^{a}±0.02	-1.43^{cdefg}±0.04	-1.75^{bc}±0.01	-1.35^{defgh}±0.02
2	-1.48^{bcdefg}±0.03	-1.41^{defg}±0.02	-2.06^{a}±0.03	-1.41^{defgh}±0.02	-1.77^{b}±0.03	-1.25^{fghijk}±0.03
3	-1.08^{hijklm}±0.01	-1.29^{defghi}±0.02	-1.73^{bc}±0.02	-1.30^{defghi}±0.03	-1.59^{bcde}±0.02	-1.32^{defghi}±0.04
4	-0.94^{klm}±0.01	-1.18^{ghijklm}±0.01	-1.20^{ghijkl}±0.01	-1.29^{defghi}±0.02	-1.61^{bcd}±0.01	-1.36^{defgh}±0.02
5	-0.89^{lm}±0.02	-1.07^{hijklm}±0.02	-1.51^{bcdefg}±0.02	-0.87^{m}±0.01	-1.52^{bcdefg}±0.01	-1.28^{defghij}±0.02
6	-0.86^{m}±0.01	-1.01^{ijklm}±0.01	-1.29^{defghi}±0.03	-0.96^{jklm}±0.02	-1.45^{bcdefg}±0.02	-1.23^{fghijk}±0.01

a, b, c… ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

Time (hour)	b* value					
	Tray dry			Vacuum dry		
	50 °C	60°C	70°C	50°C	60°C	70°C
1	+8.73^{bcd}±0.07	+9.65^{efg}±0.03	+11.77^{lm}±0.05	+6.74^{a}±0.07	+9.42^{def}±0.03	+10.10^{fgh}±0.14
2	+8.31^{bc}±0.05	+9.05^{cde}±0.04	+11.09^{jkl}±0.12	+8.26^{b}±0.05	+10.51^{hij}±0.11	+10.93^{ijk}±0.02
3	+8.33^{bc}±0.04	+8.95^{bcde}±0.03	+10.85^{hijk}±0.02	+8.77^{bcd}±0.10	+10.46^{hij}±0.08	+10.58^{hij}±0.07
4	+8.53^{bc}±0.06	+8.87^{bcd}±0.11	+10.81^{hijk}±0.08	+8.55^{bc}±0.07	+11.20^{jkl}±0.09	+11.21jkl±0.04
5	+8.28^{bc}±0.05	+10.30^{ghi}±0.08	+11.53^{klm}±0.03	+8.32^{bc}±0.06	+10.83^{hijk}±0.13	+11.06^{ijkl}±0.10
6	+8.21^{b}±0.12	+15.62^{n}±0.08	+11.97^{m}±0.09	+8.98^{bcde}±0.09	+11.54^{klm}±0.06	+12.08^{m}±0.03

a, b, c… ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.6 ค่าความแน่นเนื้อของฝรั่งที่อบแห้งสภาวะต่างกันหลังผ่านการดูดน้ำกลับ

Time (hour)	ค่าความแน่นเนื้อ (N)± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน					
	Tray dry			Vacuum dry		
	50 °C	60°C	70°C	50°C	60°C	70°C
1	$2.74^{a}\pm0.06$	$3.64^{cde}\pm0.05$	$5.32^{ij}\pm0.13$	$4.04^{cdefg}\pm0.06$	$3.04^{ab}\pm0.07$	$5.88^{klm}\pm0.15$
2	$3.45^{bc}\pm0.11$	$3.99^{cdef}\pm0.04$	$6.57^{n}\pm0.02$	$4.59^{gh}\pm0.13$	$3.68^{cde}\pm0.12$	$6.29^{mn}\pm0.21$
3	$3.00^{ab}\pm0.04$	$4.17^{efg}\pm0.03$	$7.14^{o}\pm0.21$	$4.88^{hi}\pm0.20$	$3.94^{cdef}\pm0.05$	$6.20^{lmn}\pm0.11$
4	$3.56^{bcd}\pm0.05$	$4.97^{hi}\pm0.07$	$7.37^{op}\pm0.15$	$4.98^{hi}\pm0.11$	$4.14^{defg}\pm0.23$	$7.79^{pq}\pm0.16$
5	$3.53^{bc}\pm0.14$	$5.25^{ij}\pm0.12$	$8.11^{qr}\pm0.17$	$5.38^{ijk}\pm0.17$	$4.22^{efg}\pm0.13$	$8.44^{rs}\pm0.16$
6	$3.66^{cde}\pm0.03$	$5.66^{jkl}\pm0.04$	$8.78^{s}\pm0.11$	$6.10^{lmn}\pm0.15$	$4.32^{fg}\pm0.08$	$8.35^{rs}\pm0.07$

a, b, c… ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่4.7 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของฝรั่งที่อบแห้งสภาวะต่างกัน หลังผ่านการดูดน้ำกลับ

คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะทั่วไป (คะแนนเต็ม30)±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน						
Time (hour)	Tray dry			Vacuum dry		
	50°C	60°C	70°C	50°C	60°C	70°C
1	$25.73^{a}\pm0.23$	$23.68^{a}\pm0.54$	$21.58^{a}\pm017$	$25.05^{a}\pm0.43$	$25.35^{a}\pm0.62$	$24.65^{a}\pm0.72$
2	$22.80^{a}\pm0.81$	$21.70^{a}\pm1.30$	$18.60^{a}\pm0.66$	$23.45^{a}\pm0.79$	$24.45^{a}\pm0.55$	$21.38^{a}\pm1.30$
3	$20.43^{b}\pm1.55$	$20.10^{b}\pm0.89$	$14.60^{b}\pm0.16$	$22.93^{b}\pm0.23$	$22.65^{b}\pm1.25$	$18.28^{b}\pm0.48$
4	$20.08^{c}\pm1.02$	$18.30^{c}\pm0.78$	$7.73^{c}\pm1.14$	$23.13^{c}\pm1.33$	$21.03^{c}\pm0.89$	$14.35^{c}\pm2.10$
5	$17.93^{d}\pm0.98$	$13.70^{d}\pm1.01$	$6.95^{d}\pm0.29$	$21.93^{d}\pm0.18$	$14.70^{d}\pm1.23$	$14.95^{d}\pm0.89$
6	$19.25^{e}\pm0.47$	$10.58^{e}\pm0.59$	$4.40^{e}\pm0.16$	$21.88^{e}\pm1.15$	$10.53^{e}\pm0.66$	$10.75^{e}\pm0.74$

a, b, c… ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.7 (ต่อ)

คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะเนื้อสัมผัส (คะแนนเต็ม30)±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน						
Time (hour)	Tray dry			Vacuum dry		
	50°C	60°C	70°C	50°C	60°C	70 °C
1	21.70[a]±0.14	22.25[a]±0.44	22.60[a]±0.49	24.48[a]±1.94	22.70[a]±0.47	23.58[a]±0.41
2	21.13[b]±0.26	20.93[b]±0.39	19.60[b]±1.18	23.38[b]±1.02	22.33[b]±0.23	22.10[b]±0.62
3	19.78[b]±0.48	19.73[b]±0.67	16.30[b]±0.63	21.95[b]±0.78	21.23[b]±1.55	24.63[b]±1.85
4	18.45[c]±0.59	18.15[c]±1.42	16.30[c]±0.17	22.53[c]±0.56	20.20[c]±1.28	15.98[c]±0.44
5	17.28[d]±1.12	14.80[d]±0.89	9.08[d]± 0.58	21.08[d]±1.41	15.80[d]± 0.25	15.00[d]±0.36
6	18.00[e]± 058	11.93[e]±1.04	5.80[e]± 0.41	19.63[e]±0.63	10.23[e]±0.44	11.25[e]±0.21

a, b, c… ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรสฝรั่ง (คะแนนเต็ม 15)±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน						
Time (hour)	Tray dry			Vacuum dry		
	50°C	60°C	70°C	50°C	60°C	70°C
1	10.38[a]±0.55	11.23[a]±0.29	9.40[a]± 0.55	10.75[a]±0.47	10.45[a]±0.16	11.28[a]±0.31
2	9.73[b]± 0.43	9.83[b]± 0.16	8.30[b]± 0.12	9.73[b]± 0.34	10.33[b]±0.53	10.23[b]±0.74
3	9.43[c]± 0.62	9.30[c]± 0.17	7.05[c]± 0.37	8.93[c]± 0.52	9.23[c]± 0.32	9.28[c]± 0.53
4	9.43[d]± 0.62	8.10[d]± 0.25	5.43[d]± 0.41	9.38[d]± 0.63	9.33[d]± 0.17	6.78[d]± 0.33
5	8.03[e]± 0.32	6.25[e]± 0.13	4.85[e]± 0.23	11.03[e]±0.51	6.20[e]± 0.29	7.10[e]± 0.46
6	8.68[f]± 0.24	4.90[f]± 0.47	3.63[f]± 0.19	8.53[f]± 0.28	5.05[f]± 0.34	5.60[f]± 0.14

a,b,c… ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวเดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของปริมาณความชื้น อัตราส่วนการดูดน้ำกลับ ค่าสี และความแน่นเนื้อ (ตารางที่ จ.1) พบว่าทั้งวิธีการ อุณหภูมิ และเวลาในการทำแห้ง มีอิทธิพลร่วมกันต่อคุณสมบัติดังกล่าวทั้งสิ้น โดยเมื่อพิจารณาผลจากตารางที่ 4.3 และ 4.4 พบว่าฝรั่งที่อบแห้งด้วยวิธีvacuum dry มีความชื้นต่ำกว่าและมีอัตราส่วนการดูดน้ำกลับสูงกว่าฝรั่งที่อบแห้งด้วยวิธี tray dry และเมื่อเพิ่มอุณหภูมิและเวลาในการทำแห้งพบว่าปริมาณความชื้นมีแนวโน้มลดลง ในขณะที่อัตราส่วนการดูดน้ำกลับมีค่าสูงขึ้น Yousif และคณะ (2002) รายงานว่า oregano ซึ่งอบแห้งด้วยวิธี vacuum – microwave dry มีความชื้นต่ำกว่าและมีอัตราส่วนการดูดน้ำกลับสูงกว่าเมื่ออบแห้งด้วยวิธี air dry ที่อุณหภูมิและเวลาในการให้ความร้อนเดียวกัน เนื่องจากการอบแห้งด้วยวิธี vacuum – microwave dry มีการควบคุมความดันภายในตู้อบให้ต่ำ ในขณะเดียวกัน

ความดันภายในเซลล์อาหารสูงขึ้น เนื่องจากการระเหยของน้ำทำให้ความดันไอน้ำสูง ส่งผลให้เซลล์ขยายตัวไม่ติดกันแน่นเมื่อเทียบกับการอบแห้งด้วยวิธี air dry สำหรับผลในตารางที่4.5 และ 4.6 พบว่า ความสว่าง (L*) มีค่าลดลง ส่วนค่าสีเหลือง(b*) และความแน่นเนื้อมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อ อบที่อุณหภูมิสูงเป็นเวลานานขึ้น Robbers, Singh และ Cunha (1997) ศึกษาการอบแห้งกีวีด้วยวิธี osmotic – convective dehydrofreezing พบว่าปริมาณความชื้นสุดท้ายมีผลต่อค่าสีเหลือง โดยเมื่อความชื้นสุดท้ายยิ่งต่ำค่าสีเหลืองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยข้างต้น

เมื่อพิจารณาผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส (ตารางที่ 4.7) ซึ่งใช้วิธีการให้คะแนน(scoring test) โดยกำหนดให้ตัวอย่างที่มีคะแนนด้านลักษณะทั่วไปและด้านเนื้อสัมผัสตั้งแต่ 11 คะแนนขึ้นไป และคะแนนด้านกลิ่นรสตั้งแต่ 6 คะแนนขึ้นไปถือว่าอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ พบว่าฝรั่งที่อบแห้งด้วยวิธี vacuum dry อุณหภูมิ 70° C 5 ชั่วโมง มีคะแนนอยู่ในระดับยอมรับได้ทั้งในด้านลักษณะทั่วไป ลักษณะเนื้อสัมผัส และกลิ่นรสฝรั่ง นอกจากนี้ยังมีปริมาณความชื้นต่ำคือ 34.02 % และอัตราการดูดน้ำกลับสูง คือประมาณ 3 เท่า ทั้งนี้เนื่องจากการอบแห้งด้วยวิธี vacuum dry อาศัยหลักการลดความดันภายในตู้อบ เพื่อให้น้ำในอาหารสามารถระเหยไปได้ที่อุณหภูมิต่ำกว่าปกติ (สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร,2543) ทำให้ฝรั่งอบแห้งที่ได้ยังคงมีลักษณะที่ดีและมีความชื้นต่ำ ดังนั้นจึงเลือกวิธีการและสภาวะดังกล่าวสำหรับทำแห้งฝรั่งต่อไป

เมื่อเปรียบเทียบสมบัติทางเคมีกายภาพของฝรั่งที่อบแห้งด้วยวิธี vacuum dry อุณหภูมิ 70° C 5 ชั่วโมงก่อนและหลังผ่านการดูดน้ำกลับ เทียบกับฝรั่งสดได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.8

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

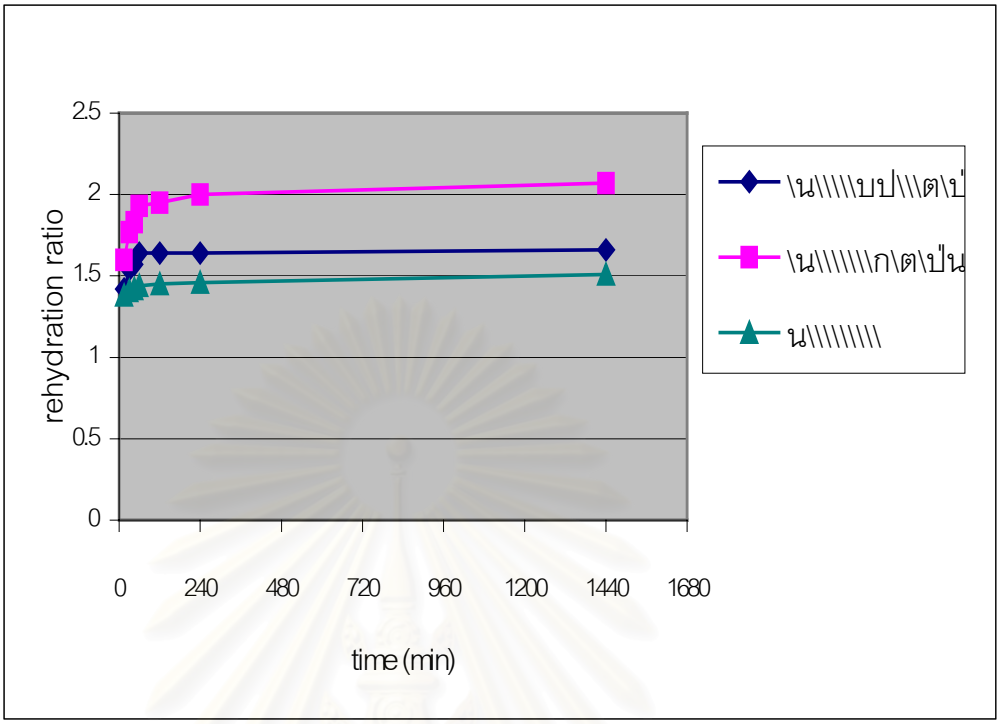
ตารางที่4.8 ปริมาณความชื้น ค่าสี และค่าความแน่นเนื้อของฝรั่งที่อบแห้งด้วยวิธี vacuum dry อุณหภูมิ 70° C 5 ชั่วโมง ก่อนและหลังผ่านการดูดน้ำกลับ เทียบกับฝรั่งสด

ตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน				
	ความชื้น (%)	L*	a*	b*	ความแน่นเนื้อ(N)
ฝรั่งสด	88.40±0.03	79.87±0.13	-1.97±0.02	+8.96±0.12	5.07±0.47
ฝรั่งอบแห้ง	36.14±0.23	77.79±0.11	-1.25±0.04	+11.23±0.02	9.11±0.23
ฝรั่งอบแห้งหลังผ่านการดูดน้ำกลับ	80.23±0.05	78.49±0.09	-1.28±0.02	+11.06±0.10	8.44±0.16

จากตารางที่4.8 พบว่าฝรั่งอบแห้งหลังผ่านการดูดน้ำกลับมีความชื้นต่ำกว่าและมีค่าความแน่นเนื้อสูงกว่าฝรั่งสด ทั้งนี้เนื่องจากความร้อนในกระบวนการอบแห้งอาจมีผลต่อเซลล์ของอาหาร ทำให้ผนังเซลล์เสียความยืดหยุ่น ทำให้การคืนสภาพโดยการดูดน้ำกลับได้ไม่เหมือนเดิม (สุคนธ์ชื่น ศรีงาม, 2543) ส่วนค่าสีเหลือง (b*) ของฝรั่งอบแห้งหลังผ่านการดูดน้ำกลับมีค่าสูงกว่าฝรั่งสด เนื่องจากเมื่อเซลล์แตก สารที่อยู่ภายในแวคูโอล (vacuole) รวมทั้งกรดอินทรีย์จะแพร่ออกมาทั่วเซลล์ เมื่อคลอโรฟิลล์ทำปฏิกิริยากับกรดจะเปลี่ยนเป็นฟิโอไฟติน ซึ่งมีสีเขียวอมน้ำตาล (อรวินท์ โทรกี และ ประชา บุญญสิริกูล, 2522)

4.3 **ศึกษาชนิดของเนื้อผลไม้ตีป่น**

แปรชนิดของเนื้อผลไม้ตีป่นได้แก่ เนื้อสับปะรดตีป่น เนื้อมะละกอตีป่น และน้ำเสาวรส โดยแช่ฝรั่งอบแห้งในเนื้อผลไม้ตีป่นและน้ำเสาวรส ทิ้งไว้ 1 คืนในตู้เย็น ศึกษาการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนการดูดน้ำกลับของฝรั่งอบแห้งในเนื้อผลไม้ตีป่นและน้ำเสาวรส ที่เวลาต่างๆ ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 4.1 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดย วัดค่า pH ค่าa_w ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของฝรั่งอบแห้ง เนื้อผลไม้ตีป่น และน้ำเสาวรส ก่อนและหลังใส่ฝรั่งอบแห้ง ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.9 และ 4.10



รูปที่ 4.1 อัตราส่วนการดูดน้ำกลับของฝรั่งอบแห้งในเนื้อผลไม้ตีป่นและน้ำเสาวรสที่เวลาต่างกัน

ตารางที่4.9 องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อผลไม้ตีป่นและน้ำเสาวรสก่อนและหลังใส่ฝรั่งอบแห้งทิ้งไว้ข้ามคืนในตู้เย็น

องค์ประกอบทางเคมี	ค่าเฉลี่ย*±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน					
	เนื้อสับปะรดตีป่น		เนื้อมะละกอตีป่น		น้ำเสาวรส	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
pH	3.61±0.09	3.68±0.08	3.99±0.05	3.87±0.02	3.29±0.05	3.27±0.04
ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด(°Brix)	15.5±0.1	17.5±0.2	20.5±0.1	23.5±0.1	18.0±0.1	20.0±0.2
a_w	0.98±0.01	0.96±0.01	0.97±0.02	0.95±0.01	0.98±0.02	0.97±0.02
ความชื้น (%)	84.46±0.01	80.13±0.03	86.23±0.07	81.74±0.10	81.14±0.05	79.12±0.17

* ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

ตารางที่4.10 องค์ประกอบทางเคมีของฝรั่งอบแห้งก่อนและหลังใส่ในเนื้อผลไม้ตีป่นและน้ำเสาวรส ทิ้งไว้ข้ามคืนในตู้เย็น

สภาวะของฝรั่งอบแห้ง	ค่าเฉลี่ย*± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน			
	pH	ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°Brix)	ความชื้น (%)	a_w
ฝรั่งอบแห้ง	3.85±0.02	20.3±0.0	36.14±0.23	0.87±0.01
ฝรั่งอบแห้งในเนื้อสับปะรดตีป่น	3.87±0.03	19.5±0.5	79.77±0.14	0.91±0.01
ฝรั่งอบแห้งในเนื้อมะละกอตีป่น	3.89±0.01	18.2±0.2	79.19±0.50	0.91±0.02
ฝรั่งอบแห้งในน้ำเสาวรส	3.86±0.01	19.1±0.0	74.51±0.26	0.88±0.00

* ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

จากผลการศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพ (รูปที่ 4.1 ตารางที่ 4.9และ4.10) พบว่าการแช่ฝรั่งอบแห้งในเนื้อผลไม้ตีป่นทั้ง 2 ชนิดและน้ำเสาวรสเป็นเวลา 1 คืน ในตู้เย็น นานเพียงพอที่จะทำให้ระบบเข้าสู่สมดุล โดยอัตราส่วนการดูดน้ำกลับมีค่าคงที่ ส่วนความชื้น และ a_w ของเนื้อผลไม้ตีป่นมีค่าลดลง ในทางกลับกันปริมาณของแข็งทั้งหมดของเนื้อผลไม้ตีป่นมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งเมื่อพิจารณาร่วมกับองค์ประกอบทางเคมีของฝรั่งอบแห้งหลังจากแช่ในเนื้อผลไม้ตีป่นและน้ำเสาวรส พบว่าให้ผลที่สอดคล้องกัน กล่าวคือในระหว่างการแช่ฝรั่งอบแห้งในเนื้อผลไม้ตีป่น จะเกิดการถ่ายเทโมเลกุลของสาร โดยน้ำจากเนื้อผลไม้ตีป่นจะแพร่เข้าสู่ชิ้นฝรั่งอบแห้งซึ่งมีความชื้นต่ำกว่า และมีการแพร่ของของแข็งจากชิ้นฝรั่งลงไปในเนื้อผลไม้ตีป่น (Monsalve-Gonzalez, 1993)

นำฝรั่งอบแห้ง เนื้อผลไม้ตีป่นและน้ำเสาวรสไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ตามขั้นตอนในข้อ 3.3 ผลิตภัณฑ์ที่ได้นำมาทดสอบทางประสาทสัมผัส ได้แก่ ด้านสี ลักษณะเนื้อสัมผัส ความเปรี้ยว ความหวาน และความชอบโดยรวม โดยวิธีให้คะแนน (scoring test) ใช้แบบทดสอบในภาคผนวก ง.2 ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.11

ตารางที่4.11 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อสับปะรดตีป่น เนื้อมะละกอตีป่น และ น้ำเสาวรส (คะแนนเต็ม 7 คะแนน)

ผลิตภัณฑ์	ระดับคะแนน ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน				
	สี	ลักษณะเนื้อสัมผัส	ความเปรี้ยว	ความหวาน	ความชอบรวม
ในเนื้อสับปะรดตีป่น	$4.90^{b} \pm 1.26$	$5.18^{a} \pm 1.06$	$5.18^{a} \pm 1.15$	$5.25^{a} \pm 1.08$	$5.30^{a} \pm 1.02$
ในเนื้อมะละกอตีป่น	$5.55^{a} \pm 1.04$	$5.08^{ab} \pm 1.29$	$5.03^{a} \pm 1.03$	$4.95^{ab} \pm 1.40$	$5.18^{a} \pm 1.17$
ในน้ำเสาวรส	$5.03^{b} \pm 1.03$	$4.70^{b} \pm 1.20$	$4.25^{b} \pm 1.41$	$4.70^{b} \pm 1.22$	$4.58^{b} \pm 1.30$

a , b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสและวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ตารางที่ จ.3) พบว่าคะแนนเฉลี่ยด้านความหวานและลักษณะเนื้อสัมผัสไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) แต่คะแนนเฉลี่ยด้านสี ความเปรี้ยว และความชอบรวมของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) กล่าวคือผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อมะละกอตีป่นมีคะแนนความชอบด้านสีสูงที่สุด ส่วนผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในน้ำเสาวรสมีคะแนนความชอบด้านความเปรี้ยวอยู่ในระดับต่ำ เมื่อพิจารณาความชอบโดยรวมพบว่าผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อสับปะรดตีป่น และในเนื้อมะละกอตีป่นมีคะแนนสูงสุด และไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p> 0.05$) แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($p\leq 0.05$)จากผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในน้ำเสาวรส

จากผลการทดลองที่ได้จึงเลือกผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อสับปะรดตีป่น และในเนื้อมะละกอตีป่นสำหรับใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

4.4 ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของฝรั่งอบแห้งต่อเนื้อผลไม้ตีป่น

แปรอัตราส่วนฝรั่งอบแห้งต่อเนื้อสับปะรดตีป่นและเนื้อมะละกอตีป่นเป็น 1: 4 , 1: 6 , 1:8 และ1: 10 (w/w) ผลิตภัณฑ์ที่ได้นำมาวัดค่า a_w และทดสอบทางประสาทสัมผัสได้แก่ ลักษณะทั่วไป กลิ่นรส และความชอบรวม โดยวิธีการจัดอันดับ (ranking test) ตามความชอบ สำหรับประเมินลักษณะทั่วไป และเป็นแบบให้คะแนน (scoring test) สำหรับประเมินลักษณะด้านกลิ่นรสและความชอบรวม ใช้แบบทดสอบในภาคผนวก ง.3 ผลที่ได้แสดงในตารางที่ 4.12 ถึง4.17

ตารางที่ 4.12 ค่า water activity ของผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อสับปะรดตีป่น

อัตราส่วนฝรั่งอบแห้งต่อเนื้อสับปะรดตีป่น (w/w)	Water activity ^{ns} ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1: 4	0.96±0.01
1: 6	0.97±0.01
1: 8	0.97±0.00
1: 10	0.98±0.02

ns หมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.13 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะทั่วไปของผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อสับปะรดตีป่น

อัตราส่วนฝรั่งอบแห้งต่อเนื้อสับปะรดตีป่น (w/w)	ระดับคะแนน* ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1: 4	-0.99 ^{c} ± 0.03
1: 6	0.39 ^{b} ± 0.12
1: 8	0.87 ^{a} ± 0.19
1: 10	0.33 ^{b} ± 0.04

* หมายถึง ระดับคะแนนที่ได้จากการแปลงอันดับ ในการทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ ranking test รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ง.8

a , b ,c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่4.14 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรส ลักษณะเนื้อสัมผัสและความชอบรวมของผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อสับปะรดตีป่น (คะแนนเต็ม 9 คะแนน)

อัตราส่วนฝรั่งอบแห้งต่อเนื้อสับปะรดตีป่น (w/w)	ระดับคะแนน ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	กลิ่นรส	ลักษณะเนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
1: 4	$4.40^{c} \pm 0.14$	$6.18^{b} \pm 0.04$	$6.30^{b} \pm 0.07$
1: 6	$6.13^{b} \pm 0.32$	$6.45^{ab} \pm 0.07$	$6.50^{ab} \pm 0.28$
1: 8	$6.53^{b} \pm 0.53$	$6.60^{a} \pm 0.35$	$6.90^{a} \pm 0.07$
1: 10	$7.10^{a} \pm 0.57$	$6.25^{ab} \pm 0.14$	$6.65^{ab} \pm 0.07$

a , b ,c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.15 ค่า water activity ของผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อมะละกอตีป่น

อัตราส่วนฝรั่งอบแห้งต่อเนื้อมะละกอตีป่น (w/w)	Water activity ^{ns} ±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1: 4	0.95±0.00
1: 6	0.96±0.01
1: 8	0.96±0.01
1: 10	0.97±0.00

ns หมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่4.16 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะทั่วไปของผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อมะละกอตีป่น

อัตราส่วนฝรั่งอบแห้งต่อเนื้อมะละกอตีป่น (w/w)	ระดับคะแนน* ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1: 4	-0.88 ^{d} ± 0.12
1: 6	0.20 ^{b} ± 0.10
1: 8	0.48 ^{a} ± 0.05
1: 10	-0.09 ^{c} ± 0.06

* หมายถึง ระดับคะแนนที่ได้จากการแปลงอันดับ ในการทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ ranking testรายละเอียดแสดงในภาคผนวก ง.8

a , b ,c ... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่4.17 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรส ลักษณะเนื้อสัมผัสและความชอบรวมของผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อมะละกอตีป่น (คะแนนเต็ม 9 คะแนน)

อัตราส่วนฝรั่งอบแห้งต่อเนื้อมะละกอตีป่น (w/w)	ระดับคะแนน ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	กลิ่นรส	ลักษณะเนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
1: 4	4.68 ^{c} ± 0.25	6.33 ^{b} ± 0.11	6.38 ^{b} ± 0.11
1: 6	5.15 ^{c} ± 0.01	6.93 ^{a} ± 0.11	6.80 ^{ab} ± 0.01
1: 8	6.30 ^{b} ± 0.07	6.83 ^{a} ± 0.25	7.18 ^{a} ± 0.18
1: 10	7.10 ^{a} ± 0.42	6.68 ^{ab} ± 0.11	6.48 ^{b} ± 0.04

a , b , c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสและ วัดค่า a_wของผลิตภัณฑ์ วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบRandomized Complete Block Design และ Completely Randomized Design ตาม

ลำดับ(ตารางที่ จ.4 ถึง จ.6) พบว่า อัตราส่วนฝรั่งอบแห้งต่อเนื้อผลไม้ตีป่นทั้ง 2 ชนิดมีผลต่อลักษณะทั่วไป กลิ่นรส และความชอบรวมของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญ($p>0.05$) ต่อค่าa_w โดยตัวอย่างที่มีอัตราส่วนฝรั่งอบแห้งต่อเนื้อผลไม้ตีป่นทั้งสองชนิดเป็น 1:8 มีคะแนนด้านลักษณะทั่วไปสูงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) สำหรับตัวอย่างที่มีอัตราส่วน 1:4 ผู้ทดสอบให้ความเห็นว่าผลิตภัณฑ์มีลักษณะแห้งเกินไป เนื่องจากมีปริมาณฝรั่งอบแห้งอยู่มากทำให้ไม่น่ารับประทาน ส่วนด้านกลิ่นรสพบว่าอัตราส่วน1:8 และ 1 :10 มีคะแนนสูงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แสดงว่าเนื้อผลไม้ตีป่นเป็นส่วนประกอบหลักที่ให้กลิ่นรสในผลิตภัณฑ์ โดยเมื่อใช้เนื้อผลไม้ตีป่นในอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้นจะให้กลิ่นรสที่หอมหวานมากขึ้นตัวอย่างที่มีอัตราส่วนเป็น 1:6 และ1:8มีคะแนนความชอบรวมสูงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และเมื่อพิจารณาค่า a_w พบว่าตัวอย่างที่มีอัตราส่วน1:10 มีค่า a_w สูงกว่าตัวอย่างที่มีอัตราส่วน1:6 และ1:8 ซึ่งจะเอื้ออำนวยต่อการเจริญของจุลินทรีย์ ทั้งยีสต์ รา และแบคทีเรีย สำหรับตัวอย่างที่มีอัตราส่วนเป็น 1 : 6 และ 1:8 มีค่า a_w ไม่ต่างกัน ดังนั้นจึงเลือกตัวอย่างที่มีอัตราส่วนของฝรั่งอบแห้งต่อเนื้อมะละกอตีป่นและเนื้อสับปะรดตีป่นเป็น 1:8(w/w) ซึ่งมีคะแนนทางด้านประสาทสัมผัสสูงกว่า โดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านลักษณะทั่วไปซึ่งเป็นคุณสมบัติที่สำคัญที่มีผลต่อการตัดสินใจของผู้บริโภค เนื่องจากผลิตภัณฑ์บรรจุในขวดแก้วใสปากกว้าง ทำให้สามารถสังเกตเห็นลักษณะทั่วไปของผลิตภัณฑ์ได้ชัดเจน

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้นของผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อสับปะรดตีป่นและเนื้อมะละกอตีป่น ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.18

ตารางที่4.18 องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อสับปะรดตีป่นและเนื้อมะละกอตีป่น

องค์ประกอบทางเคมี	ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
	ผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อสับปะรดตีป่น	ผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อมะละกอตีป่น
pH	3.74±0.01	3.68±0.04
Total soluble solid(°Brix)	18.2±0.3	21.3±0.1
Moisture (%)	80.74±0.41	81.23±0.18
a_w	0.96±0.00	0.97±0.01

จากตารางที่ 4.18 จะเห็นว่าผลิตภัณฑ์ยังคงมีค่า a_w และ pH ที่สูง เอื้ออำนวยต่อการเจริญของจุลินทรีย์ โดยจุลินทรีย์ส่วนใหญ่จะถูกยับยั้งการเจริญที่ a_w ต่ำกว่า 0.70 (สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร,2543) ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการใช้ปัจจัยอื่นร่วมด้วยในการควบคุมเสถียรภาพของจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์

4.5 ศึกษาชนิดของ essential oil จากเครื่องเทศที่เติมในผลิตภัณฑ์

นำผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อสับปะรดตีป่น และเนื้อมะละกอตีป่นมาเติม essential oil จากเครื่องเทศเพื่อเพิ่มกลิ่นแปลกใหม่ นอกจากนี้ essential oilจากเครื่องเทศ ยังมีสมบัติในการต้านเชื้อจุลินทรีย์ (antimicrobial) อีกด้วย (Smith-Palmer, Stewart and Fyfe, 1998) โดยแปรชนิดของเครื่องเทศเป็น 4 ชนิด ได้แก่ ขิง (*Zingiber officinale*) กานพลู (*Eugenia caryophyllus)* ลูกจันทน์เทศ (*Myristica fragrans*) และอบเชย *(Cinnamomum verum*) ซึ่งปกติเครื่องเทศเหล่านี้มีใช้ในผลิตภัณฑ์ผลไม้หลายชนิด เช่น peach pickles, candied fruit เป็นต้น (Woodroof, 1986) จากการทดลองเบื้องต้นพบว่าระดับความเข้มข้นของ essential oil ที่ผู้ทดสอบยอมรับได้คือ 2.5 μl /100 g ของเนื้อผลไม้ตีป่น ดังนั้นจึงเลือกใช้ essential oil ที่ระดับดังกล่าว เตรียมตัวอย่างตามขั้นตอนการทดลองในข้อ 3.5 ผลิตภัณฑ์ที่ได้นำมาทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ ranking test โดยเรียงตามลำดับความชอบรวม ใช้แบบทดสอบในภาคผนวก ง.4 ผลที่ได้แสดงในตารางที่ 4.19 และ 4.20

ตารางที่ 4.19 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อสับปะรดตีป่น ที่เติมessential oil ต่างชนิด

ชนิดของ essential oil	ระดับคะแนน* ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ขิง	$0.50^{a} \pm 0.01$
อบเชย	$0.16^{b} \pm 0.02$
ลูกจันทน์เทศ	$-0.69^{c} \pm 0.01$
กานพลู	$0.04^{b} \pm 0.05$

* หมายถึง ระดับคะแนนที่ได้จากการแปลงอันดับ ในการทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ ranking testรายละเอียดแสดงในภาคผนวก ง.8

a , b ,c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.20 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อมะละกอตีป่น ที่เติม essential oil ต่างชนิด

ชนิดของ essential oil	ระดับคะแนน* ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ขิง	$0.48^{a} \pm 0.04$
อบเชย	$-0.10^{b} \pm 0.03$
ลูกจันทน์เทศ	$-0.31^{b} \pm 0.01$
กานพลู	$-0.10^{b} \pm 0.01$

* หมายถึง ระดับคะแนนที่ได้จากการแปลงอันดับ ในการทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ ranking testรายละเอียดแสดงในภาคผนวก ง.8

a , b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ทางสถิติแบบ Randomized Complete Block Design (ตารางที่ จ.7)พบว่าชนิดของเครื่องเทศมีผลต่อความชอบรวมอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ชนิดที่เติม essential oil จากขิงมีคะแนนสูงที่สุด ถึงแม้ว่าอบเชยจะเป็นเครื่องเทศที่มีกลิ่นหอมหวาน ซึ่งน่าจะเข้ากันได้ดีกับผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อมะละกอตีป่นก็ตาม แต่เนื่องจากคนไทยมีความคุ้นเคยกับกลิ่นขิงมากกว่าเครื่องเทศชนิดอื่น ดังนั้นจึงเลือกessential oil จากขิงสำหรับใช้เติมในผลิตภัณฑ์ในขั้นตอนต่อไป

4.6 ศึกษาความเข้มข้นของ essential oil จากขิงที่ใช้เติมลงในผลิตภัณฑ์

เนื่องจากขิงเป็นเครื่องเทศที่มีกลิ่นหอมและมีรสเผ็ด ทำให้มีขีดจำกัดในการใช้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องศึกษาระดับความเข้มข้นของ essential oil ที่เหมาะสม โดยนำผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อสับปะรดตีป่น และเนื้อมะละกอตีป่นมาเติมessential oil จากขิง แปรความเข้มข้นของขิงเป็น 5 ,3.3 ,2.5 และ0.0 μl /100 g ของเนื้อผลไม้ตีป่น ผลิตภัณฑ์ที่ได้นำมาทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นขิง และความชอบรวม โดยวิธี optimum location profile (Beausire and Earle, 1985) ใช้แบบทดสอบในภาคผนวก ง.5 ผลที่ได้แสดงในตารางที่ 4.21 และ 4.22

ตารางที่ 4.21 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อสับปะรดตีป่นแปรความเข้มข้น essential oilจากขิง

ความเข้มข้น essential oilจากขิง (μl / 100 g)	ระดับสเกล ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	สี	กลิ่นขิง	ความชอบรวม
0.0	8.60 ^{b} ± 0.01	0.12 ^{d} ± 0.07	8.20 ^{b} ± 0.01
2. 5	8.44 ^{b} ± 0.19	3.54 ^{b} ± 0.07	7.21 ^{c} ± 0.14
3.3	8.40 ^{b} ± 0.30	3.97 ^{b} ± 0.06	6.93 ^{c} ± 0.01
5.0	8.57 ^{b} ± 0.37	5.26 ^{a} ± 0.20	5.75 ^{d} ± 0.07
ideal*	10.00 ^{a} ± 0.00	2.66 ^{c} ± 0.12	10.00 ^{a} ± 0.00

a , b , c … ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

* หมายถึง ระดับสเกลของแต่ละคุณสมบัติที่ผู้ทดสอบเห็นว่าเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 4.22 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อมะละกอตีป่นแปรความเข้มข้น essential oil จากขิง

ความเข้มข้น essential oil จากขิง (μl / 100 g)	ระดับสเกล ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	สี	กลิ่นขิง	ความชอบรวม
0.0	8.91 ^{b} ± 0.03	0.28 ^{e} ± 0.01	8.11 ^{b} ± 0.23
2. 5	8.41 ^{c} ± 0.01	4.18 ^{c} ± 0.02	7.51 ^{c} ± 0.34
3.3	8.26 ^{c} ± 0.14	5.05 ^{b} ± 0.21	7.61 ^{c} ± 0.30
5.0	8.27 ^{c} ± 0.02	5.96 ^{a} ± 0.01	5.48 ^{d} ± 0.16
ideal*	10.00 ^{a} ± 0.00	2.63 ^{d} ± 0.05	10.00 ^{a} ± 0.00

a , b , c … ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

* หมายถึง ระดับสเกลของแต่ละคุณสมบัติที่ผู้ทดสอบเห็นว่าเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Randomized Complete Block Design (ตารางที่ จ.8 และจ.9) พบว่าความเข้มข้นของ essential oil ไม่มีผลต่อคุณสมบัติด้านสีของผลิตภัณฑ์ แต่มีผลต่อคุณสมบัติด้านกลิ่นขิง และความชอบรวมอย่างมีนัย

สำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยทุกระดับความเข้มข้นของessential oil มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$) จากระดับความเข้มข้นในอุดมคติ (ideal) ซึ่งอยู่ในระดับความเข้มข้นที่ต่ำกว่า ดังนั้นจึงได้ศึกษาระดับความเข้มข้นของ essential oil จากขิงต่อไป

แปรความเข้มข้นessential oil จากขิงเป็น 1, 1.5 และ 2.0 μl /100 g ของเนื้อผลไม้ตีป่นผลิตภัณฑ์ที่ได้นำมาทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นขิง และความชอบรวม ผลที่ได้แสดงในตารางที่ 4.23 และ 4.24

ตารางที่4.23 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อสับปะรดตีป่น แปรความเข้มข้น essential oil จากขิง

ความเข้มข้น essential oilจากขิง (μl / 100 g)	ระดับสเกล ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
	กลิ่นขิง	ความชอบรวม
1.0	$0.56^{c} \pm 0.06$	$7.93^{c} \pm 0.43$
1. 5	$1.25^{b} \pm 0.25$	$8.25^{bc} \pm 0.17$
2.0	$2.48^{a} \pm 0.12$	$8.52^{b} \pm 0.04$
ideal*	$2.70^{a} \pm 0.00$	$10.00^{a} \pm 0.00$

a , b , c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

* หมายถึง ระดับสเกลของแต่ละคุณสมบัติที่ผู้ทดสอบเห็นว่าเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์

ตารางที่4.24 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อมะละกอตีป่น แปรความเข้มข้น essential oil จากขิง

ความเข้มข้น essential oil จากขิง (μl / 100 g)	ระดับสเกล ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
	กลิ่นขิง	ความชอบรวม
1.0	$0.53^{c} \pm 0.15$	$8.11^{c} \pm 0.05$
1. 5	$1.28^{b} \pm 0.11$	$8.19^{bc} \pm 0247$
2.0	$2.90^{a} \pm 0.39$	$8.29^{b} \pm 0.13$
ideal*	$2.60^{a} \pm 0.00$	$10.00^{a} \pm 0.00$

a , b , c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

* หมายถึง ระดับสเกลของแต่ละคุณสมบัติที่ผู้ทดสอบเห็นว่าเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์

จากการวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design พบว่าความเข้มข้นของ essential oil มีผลต่อคุณสมบัติด้านกลิ่นขิงและความชอบรวมอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยความเข้มข้นที่ระดับ 2.0 μl /100 g ของเนื้อผลไม้ตีป่น มีคะแนนด้านกลิ่นขิงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) จากความเข้มข้นในอุดมคติ ดังนั้นจึงเลือกความเข้มข้นที่ระดับดังกล่าวสำหรับใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

4.7 ศึกษาผลร่วมของการใช้ความร้อนและ essential oil จากขิง

เตรียมตัวอย่างผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งแช่ในเนื้อสับปะรดตีป่น และเนื้อมะละกอตีป่นตามขั้นตอนข้อ 3.5 เติม essential oilจากขิง ความเข้มข้น 2.0 μl /100 g ของเนื้อผลไม้ตีป่น ตามที่เลือกได้ในข้อ 4.6 และตัวอย่างควบคุมไม่เติมessential oil จากขิง แปรอุณหภูมิจุดกึ่งกลางผลิตภัณฑ์เป็น 60 ,70 ,80 และ 90°C และแปรเวลาเป็น 10และ 15 นาที ผลิตภัณฑ์ที่ได้นำมาทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์ในด้านลักษณะทั่วไป สี กลิ่นรส และการยอมรับรวม ใช้แบบทดสอบในภาคผนวก ง.6 ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.25 และ4.26 และวิเคราะห์ผลทางจุลินทรีย์โดยสุ่มตัวอย่างซึ่งเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 37°C มาตรวจหาจำนวนแบคทีเรียทั้งหมด และจำนวนยีสต์และรา ทุก 2 วัน เป็นเวลา 8 วัน ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.27 ถึง 4.30

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.25 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อสับปะรดตีป่นที่เติม essential oil จากขิง แปรสภาวะการให้ความร้อน

ระดับตัวแปรที่ศึกษา	% การยอมรับ			
	ลักษณะทั่วไป	สี	กลิ่นรส	การยอมรับรวม
no heat treatment	100.00[a] ±0.00	97.50 [a] ±3.54	100.00 [a] ±0.00	100.00 [a] ±0.00
60 °C 10 นาที	97.50 [a] ±3.54	95.00 [a] ±7.07	95.00 [a] ±0.00	100.00 [a] ±0.00
60 °C 15 นาที	92.50 [a] ±3.54	100.00 [a] ±0.00	97.50 [a] ±3.54	97.50 [a] ±3.54
70 °C 10 นาที	95.00 [a] ±7.07	95.00 [a] ±0.00	100.00 [a] ±0.00	95.00 [a] ±0.00
70 °C 15 นาที	97.50 [a] ±3.54	97.50 [a] ±3.54	92.50 [a] ±3.54	92.50 [a] ±3.54
80 °C 10 นาที	95.00 [a] ±7.07	92.50 [a] ±3.54	95.00 [a] ±7.07	90.00 [a] ±0.00
80 °C 15 นาที	92.50 [a] ±3.54	90.00 [a] ±0.00	92.50 [a] ±3.54	95.00 [a] ±7.07
90 °C 10 นาที	70.00[b] ±7.07	77.50 [b] ±3.54	62.50 [b] ±3.54	77.50 [b] ±3.54
90 °C 15 นาที	65.00 [b] ±0.00	62.50 [c] ±3.54	65.00 [b] ±0.00	62.50[c] ±3.54

a , b , c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.26 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อมะละกอตีป่นที่เติม essential oil จากขิง แปรสภาวะการให้ความร้อน

ระดับตัวแปรที่ศึกษา	% การยอมรับ			
	ลักษณะทั่วไป	สี	กลิ่นรส	การยอมรับรวม
no heat treatment	97.50[a] ±3.54	100.00[a] ±0.00	97.50[a] ±3.54	97.50[a] ±3.54
60 °C 10 นาที	92.50[a] ±3.54	95.00[a] ±0.00	95.00[a] ±7.07	95.00[a] ±7.07
60 °C 15 นาที	95.00[a] ±0.00	97.50[a] ±3.54	95.00[a] ±0.00	92.50[a] ±3.54
70 °C 10 นาที	97.50[a] ±3.54	92.50[a] ±3.54	95.00[a] ±0.00	90.00[a] ±0.00
70 °C 15 นาที	95.00[a] ±7.07	90.00[a] ±0.00	97.50[a] ±3.54	95.00[a] ±7.07
80 °C 10 นาที	92.50[a] ±3.54	92.50[a] ±3.54	92.50[a] ±3.54	100.00[a] ±0.00
80 °C 15 นาที	95.00[a] ±7.07	95.00[a] ±7.07	92.50[a] ±3.54	95.00[a] ±0.00
90 °C 10 นาที	77.50[b] ±3.54	77.50[b] ±3.54	62.50[b] ±3.54	70.00[b] ±7.07
90 °C 15 นาที	70.00[b] ±7.07	62.50[c] ±3.54	65.00[b] ±0.00	65.00[b] ±0.00

a , b , c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่4.27 จำนวนแบคทีเรียทั้งหมด และจำนวนยีสต์และราในผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อสับปะรด ตีป่นที่ไม่เติม essential oil จากขิง แปรสภาวะการให้ความร้อน

ระดับตัวแปรที่ศึกษา	log cfu/g									
	จำนวนแบคทีเรียทั้งหมด					จำนวนยีสต์และรา				
	0 วัน	2วัน	4 วัน	6 วัน	8 วัน	0 วัน	2 วัน	4 วัน	6 วัน	8 วัน
no heat treatment	3.75	x	x	x	x	1.37	x	x	x	x
60 °C 10 นาที	2.00	2.80	8.40	x	x	-	2.40	3.60	x	x
60 °C 15 นาที	0.70	2.00	3.50	4.20	x	-	4.08	4.45	5.30	x
70 °C 10 นาที	-	0.25	0.90	1.90	2.10	-	3.12	3.62	4.12	4.48
70 °C 15 นาที	-	0.15	0.30	0.50	1.90	-	2.78	3.03	3.85	4.11
80 °C 10 นาที	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
80 °C 15 นาที	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
90 °C 10 นาที	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
90 °C 15 นาที	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

– หมายถึง ตรวจไม่พบจุลินทรีย์ , x หมายถึง ไม่ได้ตรวจเนื่องจากตัวอย่างเน่าเสียไปก่อน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่4.28 จำนวนแบคทีเรียทั้งหมด และจำนวนยีสต์และราในผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อสับปะรด ตีป่นที่เติม essential oil จากขิง แปรสภาวะการให้ความร้อน

ระดับตัวแปรที่ศึกษา	log cfu/g									
	จำนวนแบคทีเรียทั้งหมด					จำนวนยีสต์และรา				
	0 วัน	2 วัน	4 วัน	6 วัน	8 วัน	0 วัน	2 วัน	4 วัน	6 วัน	8 วัน
no heat treatment	4.56	x	x	x	x	1.48	x	x	x	x
60° C 10 นาที	-	x	x	x	x	1.82	x	x	x	x
60° C 15 นาที	-	x	x	x	x	0.15	x	x	x	x
70° C 10 นาที	-	0.44	0.53	0.66	x	1.54	1.63	2.23	2.87	x
70° C 15 นาที	-	0.31	0.38	0.52	0.98	2.73	2.88	2.95	3.13	3.44
80° C 10 นาที	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
80° C 15 นาที	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
90° C 10 นาที	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
90° C 15 นาที	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

– หมายถึง ตรวจไม่พบจุลินทรีย์ , × หมายถึง ไม่ได้ตรวจเนื่องจากตัวอย่างเน่าเสียไปก่อน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่4.29 จำนวนแบคทีเรียทั้งหมด และจำนวนยีสต์และราในผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อมะละกอ ตีป่นที่ไม่เติม essential oil จากขิง แปรสภาวะการให้ความร้อน

ระดับตัวแปรที่ศึกษา	log cfu/g									
	จำนวนแบคทีเรียทั้งหมด					จำนวนยีสต์และรา				
	0 วัน	2 วัน	4 วัน	6 วัน	8 วัน	0 วัน	2 วัน	4 วัน	6 วัน	8 วัน
no heat treatment	4.48	x	x	x	x	1.85	x	x	x	x
60° C 10 นาที	2.14	2.89	x	x	x	1.23	2.14	x	x	x
60° C 15 นาที	2.20	2.66	3.02	x	x	1.05	1.53	2.23	x	x
70° C 10 นาที	-	0.19	0.77	1.23	2.63	0.89	1.02	1.23	1.55	2.14
70° C 15 นาที	-	0.23	0.89	1.14	1.89	1.14	1.56	1.93	2.02	2.23
80° C 10 นาที	-	-	-	0.33	0.81	-	0.48	0.77	0.98	1.12
80° C 15 นาที	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
90° C 10 นาที	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
90° C 15 นาที	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

– หมายถึง ตรวจไม่พบจุลินทรีย์ , × หมายถึง ไม่ได้ตรวจเนื่องจากตัวอย่างเน่าเสียไปก่อน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่4.30 จำนวนแบคทีเรียทั้งหมด และจำนวนยีสต์และราในผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อมะละกอตีป่นที่เติม essential oil จากขิง แปรสภาวะการให้ความร้อน

ระดับตัวแปรที่ศึกษา	log cfu/g									
	จำนวนแบคทีเรียทั้งหมด					จำนวนยีสต์และรา				
	0 วัน	2 วัน	4 วัน	6 วัน	8 วัน	0 วัน	2 วัน	4 วัน	6 วัน	8 วัน
no heat treatment	4.40	x	x	x	x	1.37	x	x	x	x
60° C 10 นาที	-	-	x	x	x	2.00	2.16	x	x	x
60° C 15 นาที	-	-	0.45	0.79	x	2.00	2.32	2.48	3.45	x
70° C 10 นาที	-	-	0.42	0.48	0.58	-	1.82	2.03	2.14	2.85
70° C 15 นาที	-	-	0.35	0.66	1.12	-	2.00	2.14	2.36	2.43
80° C 10 นาที	-	-	0.12	0.15	0.33	-	0.15	0.33	0.51	0.98
80° C 15 นาที	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
90° C 10 นาที	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
90° C 15 นาที	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

– หมายถึง ตรวจไม่พบจุลินทรีย์ , × หมายถึง ไม่ได้ตรวจเนื่องจากตัวอย่างเน่าเสียไปก่อน

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Randomized Complete Block Design(ตารางที่ จ.10 และ จ.11) พบว่าแต่ละอุณหภูมิและเวลาไม่มีผลต่อความแตกต่างของคุณสมบัติด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) แต่เมื่อพิจารณาผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสในตารางที่ 4.25 และ 4.26 พบว่าผู้ทดสอบให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิ 80° C สำหรับตัวอย่างอุณหภูมิ 90° C พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากตัวอย่างอุณหภูมิอื่นๆ โดยเมื่อให้ความร้อนถึงระดับนี้จะเกิดการเปลี่ยนแปลงสีของคลอโรฟิลล์ในฝรั่งเป็นสีเหลืองอมน้ำตาล กรดที่ระเหยได้และน้ำส่วนหนึ่งในผลิตภัณฑ์ระเหยไป นอกจากนี้ความร้อนยังทำให้โปรโตเพคตินสลายตัวเป็นเพคตินและเกลือเพคเตตเพิ่มขึ้น ทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสของฝรั่งนิ่มเกินไป (อรวินท์ โทรกี และ ประชา บุญญสิริกูล, 2522)

ผลการทดสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์ในตารางที่ 4.27 ถึง 4.30 พบว่าการเติม essential oil จากขิงที่ระดับความเข้มข้น 2.0 μl / 100 กรัมของเนื้อผลไม้ตีป่น ($2*10^{-6}$ %v/w ของเนื้อผลไม้ตีป่น) ไม่มีผลในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญ($p>0.05$) ซึ่ง Friedman, Henika และMandrell (2002) รายงานว่าต้องใช้ความเข้มข้น essential oil จากขิง 0.003-0.009%(v/v) จึงจะสามารถลดจำนวนเชื้อ *Campylobacter jejuni* ลงได้ 50% สำหรับผล

ของความร้อนพบว่า เมื่อให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิ 80°C10นาที จะสามารถทำลายจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อสับปะรดตีป่นได้ และต้องให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิ 80°C15 นาที จึงจะสามารถทำลายจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อมะละกอตีป่น

4.8 ศึกษาผลของปัจจัยต่าง ๆต่อคุณภาพด้านจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์

4.8.1 การลดค่า a_w ของผลิตภัณฑ์

ลดค่า a_w ของผลิตภัณฑ์โดยการอบแห้งฝรั่งด้วยวิธี vacuum dry อุณหภูมิ 70°C 5 ชั่วโมง ก่อนนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อสับปะรดตีป่น ให้ความร้อนจนอุณหภูมิจุดกึ่งกลางผลิตภัณฑ์เป็น 80°C 10 นาที ประเมินผลโดยวัดค่า a_w ของผลิตภัณฑ์ เปรียบเทียบกับ ค่า a_w ของผลิตภัณฑ์ฝรั่งสดแช่ในเนื้อสับปะรดตีป่น ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.31 วิเคราะห์คุณภาพทาง จุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์โดยสุ่มตัวอย่างซึ่งเก็บที่อุณหภูมิ 37°C มาตรวจนับจำนวนแบคทีเรียทั้งหมด และจำนวนยีสต์ รา ทุก 2 วัน เป็นเวลา 8 วัน ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.32

ตารางที่ 4.31ค่า water activity ของผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อสับปะรดตีป่นและผลิตภัณฑ์ฝรั่งสดในเนื้อสับปะรดตีป่น

ผลิตภัณฑ์	ค่า water activity
ฝรั่งอบแห้งในเนื้อสับปะรดตีป่น	0.97±0.00
ฝรั่งสดในเนื้อสับปะรดตีป่น	0.99±0.01

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.32 จำนวนแบคทีเรียทั้งหมดและจำนวนยีสต์และราในผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อสับปะรด ตีป่น และผลิตภัณฑ์ฝรั่งสดในเนื้อสับปะรดตีป่น

ผลิตภัณฑ์	log cfu/g *									
	จำนวนแบคทีเรียทั้งหมด					จำนวนยีสต์และรา				
	0 วัน	2วัน	4 วัน	6 วัน	8 วัน	0 วัน	2 วัน	4 วัน	6 วัน	8 วัน
ฝรั่งอบแห้งในเนื้อสับปะรดตีป่น	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ฝรั่งสดในเนื้อสับปะรดตีป่น	-	-	x	x	x	-	0.7	x	x	x

– หมายถึง ตรวจไม่พบจุลินทรีย์ , x หมายถึง ไม่ได้ตรวจเนื่องจากตัวอย่างเน่าเสียไปก่อน

*เตรียมตัวอย่างโดยทำ dilution 10^{-1}

จากตารางที่ 4.31 พบว่าการอบแห้งฝรั่งก่อนนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ ทำให้ค่าa_w ผลิตภัณฑ์มีค่าลดลง เนื่องจากน้ำในเนื้อสับปะรดตีป่นจะแพร่เข้ามาในชิ้นฝรั่ง ทำให้ค่าa_wโดยรวมของระบบมีค่าลดลง ซึ่งเมื่อพิจารณาผลทางจุลินทรีย์ในตารางที่ 4.32 พบว่าการลดค่าa_w ของผลิตภัณฑ์โดยการอบแห้งฝรั่ง ร่วมกับการให้ความร้อนจนอุณหภูมิจุดกึ่งกลางผลิตภัณฑ์เป็น 80°C 10 นาทีในขั้นตอนการผลิต จะสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ ในทางกลับกันผลิตภัณฑ์ที่ใช้ฝรั่งสด ยังคงมีการเจริญของจุลินทรีย์อยู่ แสดงว่าการใช้ความร้อนในขั้นตอนการผลิตเพียงอย่างเดียว โดยไม่ลดค่า a_w ของผลิตภัณฑ์ ไม่เพียงพอที่จะยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ เพียงแต่จะทำให้จุลินทรีย์ได้รับบาดเจ็บ ซึ่งจุลินทรีย์ยังสามารถเจริญได้ในเวลาต่อมา

4.8.2 การลด pH และ a_w ของผลิตภัณฑ์

โดยการเติมกรดซิตริกและน้ำตาลในเนื้อมะละกอตีป่น เพื่อปรับปรุงรสชาติ ลด pHและ a_w ของผลิตภัณฑ์ ก่อนนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อมะละกอตีป่น ให้ความร้อนจนอุณหภูมิจุดกึ่งกลางผลิตภัณฑ์ 80°C 15 นาที ประเมินผลโดยวัดค่า pHและ a_w ของผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อมะละกอตีป่นที่เติม และไม่เติมกรดซิตริกและน้ำตาล ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.33 วิเคราะห์ผลทางจุลินทรีย์ โดยสุ่มตัวอย่างซึ่งเก็บที่อุณหภูมิ 37°C มาตรวจนับจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดและจำนวนยีสต์ รา ทุก 2 วัน เป็นเวลา 8 วัน ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.34

ตารางที่ 4.33 ค่าpHและ water activity ของผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อมะละกอตีป่นที่เติมและไม่เติมกรดซิตริกและน้ำตาล

ผลิตภัณฑ์	pH	water activity
ฝรั่งอบแห้งในเนื้อมะละกอตีป่นที่เติมกรดและน้ำตาล	4.04±0.03	0.97±0.01
ฝรั่งอบแห้งในเนื้อมะละกอตีป่นที่ไม่เติมกรดและน้ำตาล	4.25±0.01	0.98±0.00

ตารางที่4.34 จำนวนแบคทีเรียทั้งหมดและจำนวนยีสต์และราในผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อมะละกอตีป่นที่เติมและไม่เติมกรดซิตริกและน้ำตาล

ผลิตภัณฑ์	log cfu/g *									
	จำนวนแบคทีเรียทั้งหมด					จำนวนยีสต์และรา				
	0 วัน	2 วัน	4 วัน	6 วัน	8 วัน	0 วัน	2 วัน	4 วัน	6 วัน	8 วัน
ฝรั่งอบแห้งในเนื้อมะละกอตีป่นที่เติมกรดและน้ำตาล	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ฝรั่งอบแห้งในเนื้อมะละกอตีป่นที่ไม่เติมกรดและน้ำตาล	-	-	0.27	x	x	-	-	0.13	x	x

– หมายถึง ตรวจไม่พบจุลินทรีย์ , x หมายถึง ไม่ได้ตรวจเนื่องจากตัวอย่างเน่าเสียไปก่อน

*เตรียมตัวอย่างโดยทำ dilution 10^{-1}

เนื่องจากมะละกอเป็นผลไม้ที่มี pH สูงทำให้เอื้ออำนวยต่อการเจริญของจุลินทรีย์ (Alzamora et al.,1995) จากตารางที่ 4.33 พบว่าการเติมน้ำตาลและกรดทำให้ pHและ a_w ของผลิตภัณฑ์มีค่าลดลง ซึ่งเมื่อพิจารณาผลทางจุลินทรีย์ในตารางที่ 4.34 พบว่าการใช้ความร้อน 80°C 15 นาที เพียงอย่างเดียว โดยไม่เติมกรดและน้ำตาล ไม่เพียงพอที่จะยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ แต่การเติมกรดและน้ำตาลเพื่อลดpHและa_w ลงเล็กน้อย ร่วมกับการใช้ความร้อนจะสามารถรักษาเสถียรภาพของผลิตภัณฑ์ได้

4.8.3 การใส่ขิงสดในผลิตภัณฑ์

เตรียมตัวอย่างผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อสับปะรดตีป่น โดยใส่ขิงสดผสมลงไปในเนื้อสับปะรดตีป่น ปริมาณ 10%ของน้ำหนักเนื้อสับปะรดตีป่น แปรอุณหภูมิในการให้ความร้อนให้จุด

กึ่งกลางผลิตภัณฑ์เป็น 60, 70, 80 และ 90°C แปรเวลาเป็น 10 และ 15 นาที วิเคราะห์ผลทางจุลินทรีย์โดยสุ่มตัวอย่างซึ่งเก็บที่อุณหภูมิ 37°C มาตรวจนับจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดและจำนวนยีสต์ รา ทุก 2 วัน เป็นเวลา 8 วัน ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.35

ตารางที่ 4.35 จำนวนแบคทีเรียทั้งหมดและจำนวนยีสต์และราในผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อสับปะรด ตีป่น ใส่ขิงสด แปรอุณหภูมิและเวลาการให้ความร้อน

ระดับตัวแปรที่ศึกษา	log cfu/g									
	จำนวนแบคทีเรียทั้งหมด					จำนวนยีสต์และรา				
	0 วัน	2วัน	4 วัน	6 วัน	8 วัน	0 วัน	2 วัน	4 วัน	6 วัน	8 วัน
no heat treatment	4.23	x	x	x	x	1.14	x	x	x	x
60 °C 10 นาที	3.17	3.64	x	x	x	1.02	1.17	x	x	x
60 °C 15 นาที	2.98	3.01	x	x	x	0.53	1.83	x	x	x
70 °C 10 นาที	-	0.47	1.90	2.24	x	-	0.12	0.88	1.86	x
70 °C 15 นาที	-	-	0.27	0.54	1.81	-	-	0.16	0.78	1.04
80 °C 10 นาที	-	-	0.21	0.48	1.44	-	-	0.05	0.17	0.31
80 °C 15 นาที	-	-	-	-	0.17	-	-	-	-	0.10
90 °C 10 นาที	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
90 °C 15 นาที	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

– หมายถึง ตรวจไม่พบจุลินทรีย์ , x หมายถึง ไม่ได้ตรวจเนื่องจากตัวอย่างเน่าเสียไปก่อน

เมื่อเปรียบเทียบผลของการเติมขิงสดลงในผลิตภัณฑ์ (ตารางที่4.35) กับไม่เติมเครื่องเทศในผลิตภัณฑ์ (ตารางที่4.25) พบว่าการเติมขิงสดที่ระดับความเข้มข้นนี้ไม่มีผลในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ โดยต้องใช้ความร้อน 90°C นาน 10 นาที จึงจะควบคุมจำนวนจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ได้ ทั้งนี้อาจเนื่องจากสภาวะในการผลิตยังไม่เหมาะสมเพียงพอที่จะสกัด essential oil ที่มีอยู่ในขิงสดเพียงเล็กน้อย (1-2%โดยน้ำหนัก) ออกมาได้ทั้งหมด (นิจศิริ เรืองรังษี, 2534) ดังนั้นจึงมีปริมาณสารออกฤทธิ์ไม่เพียงพอที่จะยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ นอกจากนี้ขิงสดยังอาจมีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในระหว่างขั้นตอนการเตรียมอีกด้วย

4.8.4 การใช้ความร้อนน้อยที่สุด

เตรียมเนื้อผลไม้ตีป่นขึ้นเอง ตามขั้นตอนในข้อ 3.8.4 โดยไม่ผ่านความร้อน วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเริ่มต้นของเนื้อผลไม้ตีป่น ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.36

ตารางที่4.36 องค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้นของเนื้อผลไม้ตีป่นที่ผลิตขึ้น

องค์ประกอบ	ค่าเฉลี่ย* ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
	เนื้อสับปะรดตีป่น	เนื้อมะละกอตีป่น
pH	3.90±0.03	4.13±0.02
a_w	0.98±0.02	0.98±0.01
ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (^{o} Brix)	15.1±0.0	19.0±0.1
กรดทั้งหมด(%)	0.23±0.02	0.18±0.01
เถ้า (%wet basis)	0.35±0.01	0.38±0.00
ความชื้น (%)	89.24±0.02	86.74±0.08

* ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้นของเนื้อผลไม้ตีป่น พบว่า เนื้อมะละกอตีป่นที่ผลิตขึ้นเอง โดยไม่ผ่านกระบวนการให้ความร้อน มีความชื้นต่ำกว่าเนื้อมะละกอตีป่นที่ได้รับความอนุเคราะห์มา ซึ่งมีความชื้น 92.61% ทั้งนี้อาจเนื่องจากในระหว่างกระบวนการผลิตในทางอุตสาหกรรม จำเป็นต้องมีการเติมน้ำลงในเนื้อมะละกอตีป่น เพื่อปรับปรุงลักษณะการไหล ให้มีความหนืดลดลงตามความเหมาะสม สำหรับเนื้อสับปะรดตีป่นที่เตรียมขึ้นเอง โดยไม่ผ่านความร้อน พบว่ามีความชื้นสูงกว่าที่ได้รับความอนุเคราะห์มา ซึ่งมีความชื้น 84.46% ซึ่งอาจเป็นผลจากกระบวนการให้ความร้อนในทางอุตสาหกรรม ทำให้มีน้ำส่วนหนึ่งระเหยออกไป

ทำการปรับปรุง รสชาติและองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อผลไม้ตีป่น เพื่อให้ใกล้เคียงกับเนื้อผลไม้ตีป่นที่ใช้ในการทดลองขั้นต้น โดยเติมน้ำตาลและกรดซิตริก ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.37

ตารางที่ 4.37 องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อสับปะรดตีป่นและเนื้อมะละกอตีป่นหลังปรับปรุงรสชาติ

องค์ประกอบ	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
	เนื้อสับปะรดตีป่น	เนื้อมะละกอตีป่น
pH	3.82±0.01	3.98±0.02
a_w	0.98±0.02	0.97±0.01
ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (^{o} Brix)	15.5±0.0	20.5±0.1
กรดทั้งหมด(%)	0.31±0.02	0.25±0.01
เถ้า (%)	0.34±0.00	0.40±0.02
ความชื้น (%)	86.52±0.08	86.17±0.05

* ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

นำเนื้อผลไม้ตีป่นไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ตามขั้นตอน 3.3 แปรอุณหภูมิการให้ความร้อนให้จุดกึ่งกลางผลิตภัณฑ์เป็น 60,70,80 และ 90°C แปรเวลาเป็น 10 และ 15 นาที วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.38 วิเคราะห์ผลทางจุลินทรีย์โดยสุ่มตัวอย่างซึ่งเก็บที่อุณหภูมิ 37°C มาตรวจนับจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดและจำนวนยีสต์ รา ทุก 2 วัน เป็นเวลา 8 วัน ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.39 และ 4.40

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.38 องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อสับปะรดตีป่น และเนื้อมะละกอตีป่นที่ผลิตขึ้น

องค์ประกอบ	ค่าเฉลี่ย* ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
	ผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อสับปะรดตีป่น	ผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อมะละกอตีป่น
pH	3.80±0.02	3.97±0.01
a_w	0.97±0.02	0.97±0.01
ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (° Brix)	21.2±0.1	23.0±0.1
กรดทั้งหมด(%)	0.32±0.01	0.28±0.01
เถ้า (%)	0.41±0.01	0.53±0.02
ความชื้น (%)	83.77±0.22	85.93±0.12

* ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่4.39 จำนวนแบคทีเรียทั้งหมด และจำนวนยีสต์และราในผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อสับปะรดตีป่นที่ผลิตขึ้น แปรสภาวะการให้ความร้อน

ระดับตัวแปรที่ศึกษา	log cfu/g									
	จำนวนแบคทีเรียทั้งหมด					จำนวนยีสต์และรา				
	0 วัน	2วัน	4 วัน	6 วัน	8 วัน	0 วัน	2 วัน	4 วัน	6 วัน	8 วัน
no heat treatment	4.01	x	x	x	x	0.94	x	x	x	x
60 °C 10 นาที	3.15	3.80	x	x	x	0.88	1.97	x	x	x
60 °C 15 นาที	3.50	3.88	x	x	x	0.67	2.01	x	x	x
70 °C 10 นาที	-	0.25	0.90	1.90	2.10	-	0.17	0.95	1.84	1.87
70 °C 15 นาที	-	0.27	0.31	0.54	1.93	-	0.21	0.23	0.85	1.11
80 °C 10 นาที	-	-	-	1.32	2.44	-	-	-	0.13	0.37
80 °C 15 นาที	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
90 °C 10 นาที	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
90 °C 15 นาที	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

– หมายถึง ตรวจไม่พบจุลินทรีย์ , x หมายถึง ไม่ได้ตรวจเนื่องจากตัวอย่างเน่าเสียไปก่อน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.40 จำนวนแบคทีเรียทั้งหมด และจำนวนยีสต์และราในผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อมะละกอตีป่นที่ผลิตขึ้น แปรสภาวะการให้ความร้อน

ระดับตัวแปรที่ศึกษา	log cfu/g									
	จำนวนแบคทีเรียทั้งหมด					จำนวนยีสต์และรา				
	0 วัน	2วัน	4 วัน	6 วัน	8 วัน	0 วัน	2 วัน	4 วัน	6 วัน	8 วัน
no heat treatment	4.01	x	x	x	x	0.94	x	x	x	x
60 °C 10 นาที	3.15	3.80	x	x	x	0.88	1.97	x	x	x
60 °C 15 นาที	3.50	3.88	x	x	x	0.67	2.01	x	x	x
70 °C 10 นาที	-	0.25	0.90	1.90	2.10	-	0.17	0.95	1.84	1.87
70 °C 15 นาที	-	0.27	0.31	0.54	1.93	-	0.21	0.23	0.85	1.11
80 °C 10 นาที	-	-	-	1.32	2.44	-	-	-	0.13	0.37
80 °C 15 นาที	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
90 °C 10 นาที	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
90 °C 15 นาที	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

– หมายถึง ตรวจไม่พบจุลินทรีย์ , x หมายถึง ไม่ได้ตรวจเนื่องจากตัวอย่างเน่าเสียไปก่อน

เนื่องจากเนื้อผลไม้ตีป่นที่ใช้ในทางอุตสาหกรรม จำเป็นต้องมีการให้ความร้อนระดับหนึ่งเพื่อทำลายจุลินทรีย์ ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์และปฏิกิริยาต่างๆ เพื่อป้องกันการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษา (Woodroof,1986) ดังนั้นเพื่อเป็นการศึกษาผลของความร้อนอย่างแท้จริง จึงทดลองผลิตเนื้อสับปะรดและเนื้อมะละกอตีป่นขึ้นเอง โดยให้ความร้อนเพียงครั้งเดียว คือในขั้นตอนการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ ซึ่งจากตารางที่ 4.39 และ 4.40 พบว่าผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อสับปะรดตีป่นและในเนื้อมะละกอตีป่นที่ให้ความร้อนเพียงขั้นตอนเดียวนี้ ต้องให้ความร้อนจนอุณหภูมิจุดกึ่งกลางเป็น 80°C นาน 15 นาที จึงจะสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ ซึ่งเมื่อเทียบกับผลคุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อสับปะรดตีป่นที่ได้รับความอนุเคราะห์มา(ตารางที่ 4.27และ4.29) พบว่าใช้เวลาในการให้ความร้อนสั้นกว่า คือ 10 นาที ก็เพียงพอในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้แล้ว ซึ่งอาจเนื่องจากว่าในระหว่างขั้นตอนการเตรียมเนื้อผลไม้ตีป่นเอง มีการปนเปื้อนจุลินทรีย์ ทั้งจากมือคน และเครื่องมือการผลิต ทำให้ต้องใช้เวลาในการให้ความร้อนนานขึ้นเพื่อควบคุมจำนวนจุลินทรีย์ แต่ในระดับอุตสาหกรรม มีการให้ความร้อนเนื้อผลไม้ตีป่นก่อนการบรรจุเพื่อส่งออกจำหน่าย สำหรับการผลิตเนื้อมะละกอตีป่นจะให้ความร้อนผ่านเครื่อง scraped-surface heat exchanger อุณหภูมิ 94 °C เป็นเวลา 2 นาที

แล้วทำให้เย็นทันที ก่อนบรรจุแบบปลอดเชื้อ (aseptic package) หรืออาจบรรจุร้อน (hot filling)ลงกระป๋อง ก่อนทำให้เย็น จะได้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความปลอดภัยจากจุลินทรีย์ (Arthey and Ashurst,1996)

4.9 ศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์

เตรียมตัวอย่างผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อสับปะรดตีป่น และเนื้อมะละกอตีป่นตามขั้นตอนข้อ 3.5 โดยใช้เนื้อผลไม้ตีป่นที่เตรียมขึ้นเอง และยังคงเติม essential oil จากขิง ความเข้มข้น 2.0 μl/100 g ของเนื้อผลไม้ตีป่น ตามที่เลือกได้ในข้อ 4.6 เนื่องจากขิงช่วยเพิ่มกลิ่นหอมให้กับผลิตภัณฑ์ และยังมีประโยชน์ทางยาด้วย กล่าวคือ ขิงมีฤทธิ์ในการช่วยขับลมและกระตุ้นทางเดินอาหาร(นิจศิริ เรืองรังษี, 2534) ให้ความร้อนผลิตภัณฑ์ใน water bath จนอุณหภูมิจุดกึ่งกลางผลิตภัณฑ์เป็น 80 °C 15 นาที บรรจุผลิตภัณฑ์ในขวดแก้วใสปากกว้างปริมาณ 450 กรัม/ขวด ผลิตภัณฑ์ที่ได้แบ่งเก็บ 2 สภาวะ คือ เก็บในตู้เก็บของในห้องซึ่งมีเครื่องปรับอากาศ อุณหภูมิ 25-27°C และเก็บในตู้เย็น อุณหภูมิ 4-5°C ติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทุก 2 สัปดาห์ เป็นเวลา 3 เดือน โดยทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ในด้าน สี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และ การยอมรับรวม โดยใช้วิธีQuantitative descriptive analysis (QDA) ใช้แบบทดสอบในภาคผนวก ง.7 ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.41 และ4.42 วัดสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ สีของเนื้อผลไม้ตีป่นและความแน่นเนื้อของฝรั่งอบแห้งที่แช่ในเนื้อผลไม้ตีป่นได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.43 และ 4.44 วิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ ได้แก่ จำนวนแบคทีเรียทั้งหมดและจำนวนยีสต์ รา ได้ผลดังแสดงตารางที่4.45 และ 4.46

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.41 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อสับปะรดตีปัน ที่เก็บรักษาในสภาวะต่างกัน เป็นเวลา 3 เดือน

สภาวะการเก็บ	เวลา (สัปดาห์)	ระดับสเกล*			
		สี	เนื้อสัมผัส	กลิ่นรส	การยอมรับรวม
อุณหภูมิห้อง 25-27 °C	2	$8.23^{a}\pm1.12$	$7.72^{a}\pm1.02$	$8.31^{a}\pm1.10$	$8.26^{a}\pm1.01$
	4	$8.11^{ab}\pm0.83$	$7.24^{b}\pm1.20$	$7.40^{b}\pm1.18$	$7.51^{b}\pm0.95$
	6	$7.75^{b}\pm1.06$	$7.17^{b}\pm1.12$	$6.50^{c}\pm0.95$	$6.85^{c}\pm0.96$
	8	-	-	-	-
	10	-	-	-	-
	12	-	-	-	-
ตู้เย็น อุณหภูมิ 4-5°C	2	$7.93^{a}\pm0.93$	$8.30^{a}\pm0.90$	$8.61^{a}\pm1.10$	$8.68^{a}\pm0.83$
	4	$8.07^{a}\pm1.04$	$8.07^{a}\pm1.05$	$7.97^{b}\pm0.80$	$8.21^{ab}\pm0.77$
	6	$7.98^{a}\pm0.83$	$8.10^{a}\pm0.86$	$7.69^{c}\pm0.79$	$8.13^{b}\pm0.78$
	8	$7.80^{ab}\pm0.76$	$7.53^{ab}\pm0.50$	$7.55^{cd}\pm0.60$	$7.70^{c}\pm0.62$
	10	$7.58^{b}\pm0.61$	$7.27^{b}\pm0.62$	$7.39^{d}\pm0.52$	$7.39^{d}\pm0.68$
	12	$7.41^{b}\pm0.50$	$7.06^{b}\pm0.48$	$7.04^{e}\pm0.42$	$7.06^{e}\pm0.48$

* ระดับสเกลเต็ม 10 หมายถึง มีคุณสมบัติใกล้เคียงตัวอย่างควบคุม ซึ่งเป็นตัวอย่างที่ผลิตขึ้นใหม่สำหรับใช้เป็นตัวแทนของผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติที่ดี

a , b , c... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งของชุดข้อมูลเดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)

- หมายถึงไม่ได้ทำการทดสอบเนื่องจากผลิตภัณฑ์เน่าเสียไปก่อน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.42 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อมะละกอตีปัน ที่เก็บรักษาในสภาวะต่างกัน เป็นเวลา 3 เดือน

สภาวะการเก็บ	เวลา (สัปดาห์)	ระดับสเกล*			
		สี	เนื้อสัมผัส	กลิ่นรส	การยอมรับรวม
อุณหภูมิห้อง 25-27 °C	2	$7.43^{ns} \pm 1.23$	$7.55^{ns} \pm 1.09$	$7.18^{ns} \pm 1.32$	$7.66^{ns} \pm 1.25$
	4	$7.05^{ns} \pm 1.59$	$7.00^{ns} \pm 1.47$	$6.75^{ns} \pm 1.61$	$6.99^{ns} \pm 1.26$
	6	-	-	-	-
	8	-	-	-	-
	10	-	-	-	-
	12	-	-	-	-
ตู้เย็น อุณหภูมิ 4-5°C	2	$8.76^{a} \pm 0.91$	$8.25^{a} \pm 0.97$	$8.22^{a} \pm 1.01$	$8.00^{a} \pm 1.04$
	4	$8.00^{bc} \pm 0.99$	$7.94^{ab} \pm 1.11$	$7.73^{b} \pm 1.22$	$8.09^{a} \pm 0.89$
	6	$8.06^{b} \pm 0.94$	$8.06^{ab} \pm 0.92$	$7.89^{ab} \pm 0.95$	$7.84^{ab} \pm 0.98$
	8	$7.85^{bc} \pm 0.83$	$7.66^{bc} \pm 0.92$	$7.72^{b} \pm 0.84$	$7.71^{ab} \pm 1.01$
	10	$7.66^{c} \pm 0.86$	$7.68^{bc} \pm 0.85$	$7.76^{b} \pm 0.68$	$7.79^{ab} \pm 0.76$
	12	$7.28^{d} \pm 1.00$	$7.45^{c} \pm 0.81$	$7.21^{c} \pm 0.73$	$7.45^{b} \pm 0.68$

* ระดับสเกลเต็ม 10 หมายถึง มีคุณสมบัติใกล้เคียงตัวอย่างควบคุม ซึ่งเป็นตัวอย่างที่ผลิตขึ้นใหม่สำหรับใช้เป็นตัวแทนของผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติที่ดี

ns หมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากแถวตั้งของชุดข้อมูลเดียวกัน ($p>0.05$)

a , b , c ...ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งของชุดข้อมูลเดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

- หมายถึงไม่ได้ทำการทดสอบเนื่องจากผลิตภัณฑ์เน่าเสียไปก่อน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.43 ค่าความแน่นเนื้อของฝรั่งอบแห้งในเนื้อสับปะรดตีป่นและค่าสีของเนื้อสับปะรดตีป่นในผลิตภัณฑ์ซึ่งเก็บรักษาที่สภาวะต่างกัน เป็นเวลา 3 เดือน

สภาวะการเก็บ	เวลา (สัปดาห์)	ค่าความแน่นเนื้อ (N) ±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าสี ±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
			L* value	a* value	b* value
อุณหภูมิห้อง 25-27 °C	0	11.85^{a}±0.53	47.55^{ns} ±1.44	-3.36^{ns}±1.44	+8.28^{ns}±0.81
	2	9.74^{b} ±0.10	47.54^{ns} ±0.08	-3.07^{ns}±1.44	+8.67^{ns}±0.45
	4	7.57^{c} ±0.18	46.69^{ns} ±1.48	-2.79^{ns}±1.44	+9.19^{ns}±1.15
	6	6.18^{d} ±0.31	47.52^{ns} ±0.18	-3.27^{ns}±1.44	+9.15^{ns}±0.35
	8	-	-	-	-
	10	-	-	-	-
	12	-	-	-	-
ตู้เย็น อุณหภูมิ 4-5°C	0	11.85^{a} ±0.53	47.55^{bcd}±1.44	-3.36^{ab} ±1.44	+8.28^{d}±0.81
	2	11.56^{ab} ±0.86	44.96^{e} ±1.13	-3.23^{a} ±1.44	+9.57^{cd}±0.26
	4	8.13^{c} ±1.40	50.26^{a} ±0.62	-3.88^{c} ±1.44	+12.83^{a}±0.57
	6	8.70^{c} ±1.80	46.04^{de}±0.33	-3.69^{bc} ±1.44	+10.40^{c}±0.24
	8	9.67^{abc} ±0.34	46.73^{cde}±1.65	-3.68^{bc} ±0.08	+10.99^{b}±0.25
	10	9.18^{bc} ±0.91	49.53^{ab} ±0.53	-3.78^{c} ±0.02	+13.27^{a}±0.32
	12	7.83^{c} ±0.53	49.20^{abc}±0.61	-3.72^{bc}±0.15	+12.21^{ab}±0.55

ns หมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) จากแถวตั้งของชุดข้อมูลเดียวกัน

a , b , c ...ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งของชุดข้อมูลเดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

- หมายถึงไม่ได้ทำการทดสอบเนื่องจากผลิตภัณฑ์เน่าเสียไปก่อน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.44 ค่าความแน่นเนื้อของฝรั่งอบแห้งในเนื้อมะละกอตีป่นและค่าสีของเนื้อมะละกอตีป่นในผลิตภัณฑ์ซึ่งเก็บรักษาที่สภาวะต่างกัน เป็นเวลา 3 เดือน

สภาวะการเก็บ	เวลา (สัปดาห์)	ค่าความแน่นเนื้อ (N) ±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าสี ±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
			L* value	a* value	b* value^{ns}
อุณหภูมิห้อง 25-27 °C	0	12.02^{a} ±0.31	36.21^{ns}±0.30	+5.78^{ns} ±0.68	+7.89±0.44
	2	11.88^{a} ±0.41	36.23^{ns}±0.36	+5.03^{ns} ±0.23	+6.85±0.37
	4	7.89^{b} ±1.09	35.58^{ns}±0.62	+5.29^{ns} ±0.06	+7.38±0.25
	6	-	-	-	-
	8	-	-	-	-
	10	-	-	-	-
	12	-	-	-	-
ตู้เย็น อุณหภูมิ 4-5°C	0	12.02^{a} ±0.31	36.21^{a}±0.32	+5.78^{a}±0.68	+7.89±0.44
	2	10.34^{ab}±0.01	35.26^{b}±0.06	+5.09^{ab}±0.48	+7.94±0.10
	4	10.53^{ab} ±0.98	35.17^{b}±0.08	+4.93^{b}±0.11	+8.05±0.53
	6	11.38^{ab} ±1.51	34.61^{c}±0.18	+4.92^{b}±0.11	+7.78±0.08
	8	11.93^{a} ±1.29	33.30^{d}±0.11	+4.84^{b}±0.08	+7.68±0.01
	10	9.00^{bc} ±1.43	33.45^{e}±0.58	+4.81^{b} ±0.08	+7.77±0.04
	12	7.00^{c}±1.20	33.48^{e}±0.38	+4.79^{b} ±0.07	+7.94±0.15

ns หมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p > 0.05) จากแถวตั้งของชุดข้อมูลเดียวกัน

a , b , c ...ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งและแถวนอนเดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

- หมายถึงไม่ได้ทำการทดสอบเนื่องจากผลิตภัณฑ์เน่าเสียไปก่อน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่4.45 จำนวนแบคทีเรียทั้งหมดและจำนวนยีสต์ ราในผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อสับปะรดตีป่น ที่เก็บรักษาในสภาวะต่างกัน เป็นเวลา 3 เดือน

สภาวะการเก็บ	เวลา (สัปดาห์)	จำนวนจุลินทรีย์ (โคโลนี/กรัม)*	
		แบคทีเรียทั้งหมด	ยีสต์ รา
อุณหภูมิห้อง 25-27 °C	0	-	-
	2	-	-
	4	-	-
	6	-	-
	8	x	x
	10	x	x
	12	x	x
ตู้เย็น อุณหภูมิ 4-5°C	2	-	-
	4	-	-
	6	-	-
	8	-	-
	10	-	-
	12	-	-

- หมายถึงตรวจไม่พบจุลินทรีย์ x หมายถึงไม่ได้ตรวจเนื่องจากตัวอย่างเน่าเสียไปก่อน

* เตรียมตัวอย่างโดยทำ dilution 10^{-1}

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.46 จำนวนแบคทีเรียและจำนวนยีสต์ ราในผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อมะละกอตีปัน ที่เก็บรักษาในสภาวะต่างๆ เป็นเวลา 3 เดือน

สภาวะการเก็บ	เวลา (สัปดาห์)	จำนวนจุลินทรีย์ (โคโลนี/กรัม)*	
		แบคทีเรียทั้งหมด	ยีสต์ รา
อุณหภูมิห้อง 25-27 °C	0	-	-
	2	-	-
	4	-	-
	6	x	x
	8	x	x
	10	x	x
	12	x	x
ตู้เย็น อุณหภูมิ 4-5°C	0	-	-
	2	-	-
	4	-	-
	6	-	-
	8	-	-
	10	-	-
	12	-	-

- หมายถึงตรวจไม่พบจุลินทรีย์ x หมายถึงไม่ได้ตรวจเนื่องจากตัวอย่างเน่าเสียไปก่อน

* เตรียมตัวอย่างโดยทำ dilution 10^{-1}

สำหรับผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อสับปะรดตีปัน ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส (ตารางที่ 4.41) พบว่า ผู้ทดสอบสามารถพบความเปลี่ยนแปลงทั้งในด้านสี ลักษณะเนื้อสัมผัส และกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์หลังเก็บตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ส่วนตัวอย่างที่เก็บรักษาในตู้เย็นผู้ทดสอบพบความเปลี่ยนแปลงด้านสีและเนื้อสัมผัสหลังเก็บไว้เป็นเวลา 10 สัปดาห์ แต่คะแนนยังอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ และเมื่อพิจารณาสมบัติทางกายภาพด้านสีของเนื้อสับปะรดตีปัน และ ความแน่นเนื้อของฝรั่งอบแห้งที่แช่ในเนื้อสับปะรดตีปัน (ตารางที่ 4.43) พบว่าค่าความสว่าง (L*) และค่าสีแดง (a*) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($p>0.05$)ในระหว่างการเก็บ3 เดือน ทั้งในสภาวะอุณหภูมิห้อง และในตู้เย็น แต่สำหรับค่าสีเหลือง (b*) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาในตู้เย็น อาจเนื่องจากเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (browning reaction) ซึ่งนำผลไม้ที่มีปริมาณกรดสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ascorbic acid มักเกิดปัญหาการเปลี่ยนแปลงสีใน

ระหว่างการเก็บ เนื่องจากเกิดปฏิกิริยา oxidation ของ ascorbic acid ซึ่งการสลายตัวของ ascorbic acid สามารถเกิดได้ทั้งในสภาวะที่มีอากาศและไม่มีอากาศ โดยอาจเกิดตั้งแต่สภาวะอุณหภูมิห้อง แล้วส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในระหว่างการเก็บ (Arthey and Ashurst,2001) ในสับปะรดมีปริมาณ ascorbic acid อยู่ 17-20 มิลลิกรัม/100 กรัมของเนื้อผลไม้ (สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร,2545) ซึ่งมากพอสมควรเมื่อเทียบกับส้มและมะนาวที่จัดว่ามีปริมาณ ascorbic acid สูงคือ 40-50 มิลลิกรัม ส่วนค่าความแน่นเนื้อของฝรั่งอบแห้งพบว่า มีแนวโน้มลดลงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากมีการแพร่ของน้ำจากเนื้อผลไม้ตีป่นเข้าไปแทรกตรงช่องว่างภายในเซลล์ของชิ้นฝรั่ง ทำให้เซลล์พองและเต่งขึ้น (อรวินท์ โทรกี และ ประชา บุญญสิริกูล, 2522) แต่อย่างไรก็ตามเซลล์ที่สูญเสียน้ำไปแล้วจะไม่สามารถดูดน้ำกลับได้ในปริมาณเท่าเดิม ทำให้ค่าความแน่นเนื้อยังคงสูงกว่าฝรั่งสด ผลการวิเคราะห์คุณภาพทาง จุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อสับปะรดตีป่น (ตารางที่4.45) พบว่าตัวอย่างซึ่งเก็บที่อุณหภูมิห้องมีอายุการเก็บประมาณ 6 สัปดาห์ หลังจากนั้นพบว่าตัวอย่างมีเชื้อราเกิดขึ้น อาจเนื่องจากในการผลิตผลิตภัณฑ์ มีขั้นตอนการให้ความร้อนและการบรรจุไม่ดีพอ โดยบรรจุเนื้อผลไม้ตีป่นลงในขวดขณะเย็น เมื่อให้ความร้อนใน water bath ส่วนที่เป็นเนื้อผลไม้ตีป่นจึงเดือดและล้นออกนอกภาชนะ ทำให้ต้องลดขนาดบรรจุลง เป็นผลให้ผลิตภัณฑ์มีช่องว่างอากาศ (head space) เหลืออยู่มาก เอื้ออำนวยต่อการเจริญของเชื้อรา นอกจากนี้ในขณะให้ความร้อน ไม่ได้ปิดฝาขวด จึงอาจมีการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ในอากาศ และเมื่อเสร็จสิ้นการให้ความร้อนแล้ว ควรปิดฝาให้สนิท คว่ำขวดแล้วทำให้เย็นทันที เพื่อให้เกิดสภาวะสุญญากาศ และเป็นการฆ่าเชื้อบริเวณฝาขวด ซึ่งหากทำตามขั้นตอนการผลิตที่เหมาะสมอาจช่วยยืดอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ให้ยาวนานขึ้นได้ สำหรับตัวอย่างที่เก็บในตู้เย็นพบว่าตรวจไม่พบจุลินทรีย์ตลอดอายุการเก็บ 3 เดือน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิการเก็บรักษาก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ช่วยยืดอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์

สำหรับผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อมะละกอตีป่น ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส (ตารางที่4.42) พบว่าระดับคะแนนของทุกคุณสมบัติที่ประเมินมีแนวโน้มลดลง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$) แต่ยังอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ ส่วนคุณสมบัติทางกายภาพด้านสีของเนื้อมะละกอตีป่น(ตารางที่ 4.44) พบว่า ค่าความสว่าง(L^*) และค่าสีแดง (a^*) มีแนวโน้มลดลงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$) โดยค่าสีแดงที่ลดลงอาจเป็นผลเนื่องจากการสลายตัวของสารแคโรทีนอยด์ ซึ่งเป็นรงควัตถุที่ให้สีแดงในมะละกอ (Ahmed, Shivhare และ Sandhu, 2002) สำหรับค่าความแน่นเนื้อของฝรั่งอบแห้งที่แช่ในเนื้อมะละกอตีป่นก็มีค่าลดลงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เช่นเดียวกับที่แช่ในเนื้อสับปะรดตีป่น ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อมะละกอตีป่น(ตารางที่ 4.46)พบว่า ตัวอย่างซึ่งเก็บที่อุณหภูมิห้องมีอายุการเก็บประมาณ 4 สัปดาห์ หลังจากนั้นมีเชื้อราเกิดขึ้น ซึ่งอาจเกิดจากเหตุผลเกี่ยวกับการ

ผลิตเช่นเดียวกับในผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อสับปะรดตีปน ซึ่งถ้าผลิตตามขั้นตอนที่เหมาะสมก็จะช่วยยืดอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ได้ สำหรับตัวอย่างซึ่งเก็บในตู้เย็นตรวจไม่พบจุลินทรีย์ตลอดอายุการเก็บ 3 เดือน

การนำเทคโนโลยีเฮอร์เดิลมาใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ผลไม้ความชื้นสูงทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีเสถียรภาพสูง สามารถเก็บไว้ได้นาน 3-8 เดือน ที่อุณหภูมิ 25 °C โดยใช้อาศัยปัจจัยต่างๆ ทำงานร่วมกัน ได้แก่ การลด a_w ให้อยู่ในช่วง 0.94-0.98 การควบคุมpH ในช่วง 3.0-4.1 การใช้ความร้อนระดับต่ำ การเติมสารกันเสีย (preservative) ที่ระดับความเข้มข้นต่ำกว่า 1500 ppm และการใช้สารป้องกันการเกิดสีน้ำตาล (antibrowning agent) (Alzamora et al.,1995)

สำหรับในงานวิจัยนี้อาศัยปัจจัยต่างๆ ได้แก่ การลด a_w ของผลิตภัณฑ์ให้อยู่ในช่วง 0.97-0.98 การควบคุมpHในช่วง 3.80-3.97 การให้ความร้อนอุณหภูมิกึ่งกลางผลิตภัณฑ์ 80°C นาน 15 นาที และการเก็บรักษาในตู้เย็นอุณหภูมิ 4-5 °C ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการเก็บอย่างน้อย 3เดือน โดยผลิตภัณฑ์ยังคงมีสีสันสวยงาม ลักษณะเนื้อสัมผัสดี และมีกลิ่นรสหอมหวานน่ารับประทาน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

ผลิตภัณฑ์ผลไม้ความชื้นสูง (high moisture fruit product) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความสนใจอย่างมากในประเทศกำลังพัฒนา แต่เนื่องจากผลิตภัณฑ์นี้มีค่า water activity สูง ทำให้เอื้ออำนวยต่อการเจริญของจุลินทรีย์ จึงต้องอาศัยเทคโนโลยีเฮอร์เดิล ซึ่งเป็นวิธีการถนอมอาหารวิธีหนึ่ง โดยอาศัยปัจจัยต่างๆให้ทำงานร่วมกัน ได้แก่ การลดค่าความเป็นกรด ด่างและค่า a_w การใช้ essential oil จากเครื่องเทศ และการใช้ความร้อนน้อยที่สุด โดยจะอบแห้งผลไม้ชนิดที่หนึ่งก่อนนำไปแช่ในเนื้อผลไม้ตีป่นอีกชนิดหนึ่ง เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความแปลกใหม่ทั้งด้านรสชาติและเนื้อสัมผัส

การเลือกชนิดผลไม้สำหรับอบแห้งอาศัยหลักเกณฑ์คือต้องมีลักษณะปรากฏและเนื้อสัมผัสที่ดีหลังการทำแห้ง มีกลิ่นรสเป็นเอกลักษณ์เฉพาะ สามารถหาได้ง่ายตลอดปี และราคาไม่แพง ซึ่งจากการค้นคว้าข้อมูลเบื้องต้นพบว่าฝรั่งเป็นผลไม้ที่เหมาะสมที่จะใช้ในการอบแห้ง โดยเลือกใช้ฝรั่งพันธุ์แป้นสีทอง ซึ่งมีผลใหญ่ และเนื้อมาก เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของฝรั่งสดพบว่ามีค่าpH 3.87 ค่า a_w0.98 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 9.1°Brix ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก 0.25% ปริมาณเถ้า 0.34% และความชื้น 88.40%

เริ่มต้นศึกษาสภาวะการอบแห้งฝรั่ง โดยแปรวิธีการอบแห้งเป็นแบบ tray dry และ vacuum dry แปรอุณหภูมิเป็น 50°C 60°C และ 70°C แปรเวลาในการอบแห้ง 1-6 ชั่วโมงพบว่าการอบแห้งด้วยวิธี vacuum dry อุณหภูมิ 70° C 5 ชั่วโมง ทำให้ได้ฝรั่งอบแห้งที่มีคุณภาพยอมรับได้ โดยมีความชื้นประมาณ 34.02%และมีอัตราส่วนการดูดน้ำกลับดีที่สุดประมาณ 3 เท่าของน้ำหนักแห้ง

ในการศึกษาชนิดของเนื้อผลไม้ตีป่นสำหรับแช่ฝรั่งอบแห้ง เลือกเนื้อสับปะรดตีป่น เนื้อมะละกอตีป่นและน้ำเสาวรสเข้มข้นมาใช้ในการทดลอง เนื่องจากผลไม้ทั้ง 3 ชนิดมีกลิ่นรสและสีเฉพาะตัวน่ารับประทานและสามารถหาได้ง่าย จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าเนื้อสับปะรดตีป่น และเนื้อมะละกอตีป่นมีสีสัน รสชาติ และลักษณะเนื้อสัมผัสที่เหมาะสมในการใช้ทำผลิตภัณฑ์ เมื่อศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของฝรั่งอบแห้งต่อเนื้อผลไม้ตีป่น โดยแปรอัตราส่วนเป็น 1:4 1:6 1:8 และ 1:10 (w/w) พบว่าอัตราส่วนของฝรั่งอบแห้งต่อเนื้อสับปะรดตีป่น และเนื้อมะละกอตีป่น 1 : 8 (w/w) เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ทั้งในด้านลักษณะทั่วไป และกลิ่นรส

การเติม essential oilจากเครื่องเทศ ได้แปรชนิดของเครื่องเทศได้แก่ ขิง อบเชย กานพลู และลูกจันทน์เทศ พบว่าessential oil จากขิงให้กลิ่นรสที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งแช่ในเนื้อสับปะรดตีป่น และเนื้อมะละกอตีป่น สำหรับขั้นตอนการศึกษาความเข้มข้น essential oilจากขิงที่ใช้เติมในผลิตภัณฑ์ แปรระดับความเข้มข้นเป็น 5.0 3.3 2.5 2.0 1.5 และ1.0 พบว่าการเติม essential oilจากขิงที่ระดับความเข้มข้น 2.0 μl / 100 g เนื้อผลไม้ตีป่นให้กลิ่นรสที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ ใกล้เคียงกับระดับความเข้มข้นในอุดมคติของผู้ทดสอบมากที่สุด

ในการศึกษาผลร่วมของความร้อนและ essential oil จากขิงที่ระดับความเข้มข้น2.0 μl / 100 g เนื้อผลไม้ตีป่น พบว่าการเติม essential oil จากขิงที่ระดับความเข้มข้นนี้ไม่มีผลในการยับยั้งจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ การให้ความร้อนจนอุณหภูมิกึ่งกลางผลิตภัณฑ์เป็น 80 °C นาน 10 นาทีสำหรับผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งแช่ในเนื้อสับปะรดตีป่น และการให้ความร้อนจนอุณหภูมิกึ่งกลางผลิตภัณฑ์เป็น 80 °C นาน 15 นาทีสำหรับผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งแช่ในเนื้อมะละกอตีป่น สามารถทำลายจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ได้

การใช้เนื้อผลไม้ตีป่นแบบสดที่เตรียมขึ้นเองโดยไม่ผ่านความร้อนมาก่อน พบว่า ในขั้นตอนการผลิตต้องให้ความร้อนจนอุณหภูมิจุดกึ่งกลางผลิตภัณฑ์เป็น 80°C นาน 15 นาที สำหรับทั้งผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อสับปะรดตีป่นและในเนื้อมะละกอตีป่น จึงจะสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้

เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อสับปะรดตีป่นพบว่ามีค่าpH 3.80 ค่าa_w 0.97 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 21.2°Brix ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก 0.32% ปริมาณเถ้าและความชื้นเป็น 0.41 และ 63.77 % ตามลำดับ สำหรับผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อมะละกอตีป่นมีค่า pH 3.97 ค่าa_w 0.97 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 23.0°Brix ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก 0.28% ปริมาณเถ้าและความชื้นเป็น 0.53 และ 85.93 % ตามลำดับ

สุดท้ายศึกษาผลของระยะเวลาต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อสับปะรดตีป่น โดยใช้เนื้อผลไม้ตีป่นแบบสดที่เตรียมขึ้นเอง

นำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ บรรจุลงในขวดแก้วใสปากกว้างปริมาณ 450 กรัม/ขวด เติม essential oil จากขิง 2.0 μl/100gของเนื้อผลไม้ตีป่น และให้ความร้อนจนอุณหภูมิจุดกึ่งกลางผลิตภัณฑ์เป็น 80°C นาน 15 นาที ปิดฝาแล้วทำให้เย็นทันที เก็บรักษา 2 สภาวะคือในตู้เก็บของในห้องปรับอากาศซึ่งมีอุณหภูมิ 25-27°C และเก็บในตู้เย็นอุณหภูมิ 4-5°C พบว่าหลังจากเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อสับปะรดตีป่นที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 สัปดาห์ มีเชื้อราเกิดขึ้น ส่วนผลิตภัณฑ์ที่เก็บในตู้เย็นพบว่ามีเสถียรภาพทางด้านจุลินทรีย์ตลอดอายุการเก็บ 3 เดือน โดย

เมื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพพบว่าค่าสีเหลืองของเนื้อสับปะรดตีป่นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ค่าความแน่นเนื้อของฝรั่งอบแห้งมีค่าลดลง

สำหรับการศึกษาผลของระยะเวลาต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อมะละกอตีป่น โดยทำการผลิตผลิตภัณฑ์เช่นเดียวกับผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อสับปะรดตีป่น เก็บรักษาในตู้เก็บของในห้องปรับอากาศซึ่งมีอุณหภูมิ 25-27°C และเก็บในตู้เย็นอุณหภูมิ 4-5°C พบว่า หลังจากเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อมะละกอตีป่นที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 4 สัปดาห์ มีเชื้อราเกิดขึ้น ส่วนผลิตภัณฑ์ที่เก็บในตู้เย็นพบว่ามีเสถียรภาพทางด้านจุลินทรีย์ตลอดอายุการเก็บ 3 เดือน โดยเมื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพพบว่าค่าสีแดงของเนื้อมะละกอตีป่นและค่าความแน่นเนื้อของฝรั่งอบแห้งมีแนวโน้มลดลง

ผลิตภัณฑ์ผลไม้ความชื้นสูงทั้ง 2 ชนิดที่ผลิตขึ้น บรรจุอยู่ในขวดแก้วใสปากกว้าง เพื่อให้เห็นสีสันที่สวยงามน่ารับประทานของเนื้อผลไม้ตีป่น โดยมีชิ้นฝรั่งผสมอยู่ด้วย เมื่อนำไปแช่เย็นสำหรับรับประทานเป็นของหวาน ก็จะได้กลิ่นรสที่หอมหวานของเนื้อผลไม้ตีป่นผสมกับกลิ่นขิงอ่อนๆ และมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่เป็นเอกลักษณ์ของฝรั่งอีกด้วย เป็นผลิตภัณฑ์ผลไม้ที่เป็นทางเลือกใหม่สำหรับผู้บริโภค ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวน่าจะวางขายในตู้แช่เย็น เพื่อให้ผู้บริโภคซื้อไปและเปิดรับประทานได้ทันที โดยคาดว่าผลิตภัณฑ์จะมีอายุการเก็บประมาณ 3 เดือน

<u>ข้อเสนอแนะ</u>

ผลิตภัณฑ์ผลไม้ความชื้นสูงเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความสนใจอย่างมากในประเทศกำลังพัฒนา ในประเทศไทยมีผลไม้อยู่หลากหลายชนิด ซึ่งมีกลิ่นรสหอมหวาน สีสันสวยงามและมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่เป็นเอกลักษณ์ สามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้มากมาย นอกจากฝรั่งที่เลือกนำมาอบแห้งในงานวิจัยนี้แล้ว ยังมีผลไม้ชนิดอื่นที่น่าจะอบแห้งแล้วให้ลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดี เช่น มันแกว มะม่วงดิบ เป็นต้น สำหรับเนื้อผลไม้ตีป่นก็สามารถเลือกใช้ได้ตามความเหมาะสม โดยต้องคำนึงถึงกลิ่นรสที่ไปกันได้ดีกับผลไม้ที่นำมาอบแห้ง และควรมีสีสันสวยงามเพื่อให้ดูน่ารับประทาน นอกจากนี้ยังอาจใช้น้ำผลไม้แทนการใช้เนื้อผลไม้ตีป่น ก็จะได้เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ลักษณะคล้ายกับ ฟรุตสลัด (fruit salad) แต่ใช้น้ำผลไม้แทนน้ำเชื่อมเป็นการเพิ่มความแปลกใหม่ด้านรสชาติได้อีกด้วย

ในขั้นตอนการผลิตผลิตภัณฑ์ควรมีวิธีการให้ความร้อนและการบรรจุที่เหมาะสม โดยเนื้อผลไม้ตีป่นเมื่อนำออกจากตู้แช่แข็งควรทิ้งให้ละลาย(thawing) จนถึงอุณหภูมิห้อง และให้ความร้อนเล็กน้อยเพื่อเป็นการไล่อากาศที่แทรกอยู่ระหว่างเนื้อผลไม้ ก่อนบรรจุลงขวด ไม่ควรบรรจุขณะเย็นเพราะจะทำให้ผลิตภัณฑ์เดือดและล้นออกมาในระหว่างการให้ความร้อน และต้องควบคุม

ปริมาณบรรจุไม่ให้มากหรือน้อยเกินไป เพื่อให้มีช่องอากาศ(head space) ที่เหมาะสมป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ นอกจากนี้ในระหว่างการให้ความร้อนแก่ผลิตภัณฑ์ใน water bath ควรใช้ฝาปิดขวดไว้หลวมๆเพื่อป้องกันการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ในอากาศ และเมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการให้ความร้อนแล้ว ควรปิดฝาให้สนิท คว่ำขวดและทำให้เย็นทันที เพื่อให้เกิดสภาวะสุญญากาศและเป็นการฆ่าเชื้อโรคบริเวณฝาขวด ซึ่งขั้นตอนการผลิตที่ดีจะช่วยยืดอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ให้ยาวนานขึ้นได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร, สถาบัน. 2543. การฝึกอบรมการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรให้แก่บุคลากรฝึก/ครูผู้สอนของกรมพัฒนาฝีมือแรงงาน.

ค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร, สถาบัน. 2545. บทความทางวิชาการของศาสตราจารย์อมร ภูมิรัตน ที่ฝากไว้ในแผ่นดิน. กรุงเทพมหานคร:ประชาชน.

ทนง ภัครัชพันธุ์. 2543. ผัก ผลไม้ และผลิตภัณฑ์. ใน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, หน้า 314-324. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิจศิริ เรืองรังษี. 2534. เครื่องเทศ. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ไพโรจน์ ผลประสิทธิ์. 2531. การปลูกฝรั่งเพื่ออุตสาหกรรม. กรุงเทพมหานคร: ฟันนี่พับลิชชิ่ง.

วารสารผู้ส่งออก. 2543. 14(305). อ้างถึงใน ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ. 2544. แนวทางการวิจัยและพัฒนาเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของอุตสาหกรรมอาหาร. ในการประชุมระดมความคิด. 20 เมษายน 2544 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดกรุงเทพมหานคร.

วิจัยโภชนาการ, สถาบัน. 2541. มหัศจรรย์ผัก 108. กรุงเทพมหานคร: คบไฟ.

เศรษฐกิจการพาณิชย์, กรม. 2543. อุตสาหกรรมการแปรรูปผัก-ผลไม้ของไทย. อ้างถึงใน ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ. 2544. แนวทางการวิจัยและพัฒนาเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของอุตสาหกรรมอาหาร. ในการประชุมระดมความคิด. 20 เมษายน 2544 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดกรุงเทพมหานคร.

สุคนธ์ชื่น ศรีงาม. 2543. กระบวนการทำแห้งอาหาร. ใน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, หน้า 164-172. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ส่งเสริมการเกษตร, กรม. 2543. สถิติการเพาะปลูกไม้ผลและไม้ยืนต้น ปีการเพาะปลูก 2542/2543. (ม.ป.ท.)

ส่งเสริมการเกษตร, กรม. 2544. พืชเศรษฐกิจที่สำคัญ [online] แหล่งที่มา : http://www.doae.go.th/plant/fruit.htm [22 ก.ย. 2544]

อรวินท์ โทรกี และ ประชา บุญญสิริกูล. 2522. อาหาร. กรุงเทพมหานคร: สมาคมคหเศรษฐศาสตร์แห่งประเทศไทย.

ภาษาอังกฤษ

Ahmed, J. ; Shivhare, U. S. ; and Sandhu, K. S. 2002. Thermal degradation kinetics of carotenoids and visual color of papaya puree. J. Food Sci.67(7):2692-2695.

Akpomedaye,D.E.; and Ejechi,B.O.1998. The hurdle effect of heat and two tropical spice extracts on the growth of three fungi in fruit juices. Food Res. Int. 31(5):339-341.

Alzamora, S. M. ; Tapia,M.S. ; Argaiz,A. ;and Welli,J. 1993. Application of combined methods technology in minimally processed fruits. Food Res. Int.26:125-130.

Alzamora, S. M. ; Cerrutti, P. ; Geurrero, S. ; and Lopez-Malo, A. 1995. Minimally processed fruits by combined methods. In Gustavo, V. B. ; and Jorge, W. (eds), Food preservation by moisture control fundamentals and application, pp. 463-492. Pennsylvania: Technomic Publishing.

Argaiz, A. 1988. Processing alternatives for tropical fruits. Proc. Natl. Symp. on Postharvest physiology and technology of horticultural crops in Mexico. Yahia, E. M. and Higuera, I. (ed.) Mexico: Noriega-Limusa. Cited in Lopez-Malo,A. ; Palou,E. , Welti,J. ; Corte,P. ;and Argaiz,A. 1994 . Shelf-stable high moisture papaya minimally processed by combined methods. Food Res. Int. 27:545-553.

Arthey, D. ; and Ashurst, P. R. 1996. Fruit processing. 1st ed. London:Blackie Acedamic and Professional.

Arthey, D. ; and Ashurst, P. R. 2001. Fruit processing. 2nd ed. MA:Aspen Publishers.

Beausire, R. L. W. and Earle, M. D. 1985. Optimum location profile: A profile technique used in product development design. A paper presented at the food conference "FOODANZA'85" Christchurch, New Zealand, May 1985. อ้างถึงใน ณรงค์ นิยมวิทย์. 2537. การชิมอาหาร:ทฤษฎีและวิธีการปฏิบัติ. หน้า 460 - 466. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Camara, M. ; Diez, C. ; and Torija, E. 1995. Chemical characterization of pineapple juices and nectars. Principle components analysis. Food Chem. 54:93 -100.

Cerrutti,P. ; Alzamora,S.M. ;and Chirife,J. 1990 . A multi-parameter approach to control the growth of *Saccharomyces cerevisiae* in laboratory media . J. Food Sci. 55(3):837-840.

Cohran, W. G. and Cox, G. M. 1992. Experimental design. 2nd ed. New York : John Wiley and Sons.

Ejechi,B. O. ; Souzey,J. A. ;and Akpomedaye,D.E. 1998 . Microbial stability of mango (*Mangifera indica L.*)juice preserved by combined application of mild heat and extracts of two tropical spices. J. Food Protect. 61(6):725-727.

Friedman, M. ;Henika, P. R. and Mandrell, R. E. 2002. Bactericidal activities of plant essential oils and some of their isolated constituents against Campylobacter jejuni, Escherichia coli, Listeria monocytogenes, and Salmonella enterica. J. Food Protect. 65(10):1545-1560.

Gould, G. W. and Jones, M. V. 1989. Combination and synergistic effects. In Mechanism of action of food preservation procedures. Gould, G.W.(ed.) London: Elsevier Applied Science. Cited in Monsalve-Gonzalez,A. ; Barbosa-Canovas,G.V. ;and Cavalieri,R.P. 1993 . Mass transfer and textural changes during processing of apples by combined methods. J. Food. Sci. 58 (5):1118-1124.

International Commission on Microbiological Specifications for Food (ICMSF). 1982. Microorganisms in foods. 2nded. New York: Academic Press.

Leistner,L. 1994.Further developments in the utilization of hurdle technology for food preservation. J. Food Engineering. 22:421-432.

Leistner, L. 1996. Food protection by hurdle technology. Bull. Jpn. Soc. Res. Food Prot. 2(2). Cited in Leistner,L.1999. Combined methods for food preservation . In Handbook of food preservation, Shafiur Rhaman,M. (Ed.) Marcel Dekker , New York , pp. 457-485.

Leistner,L. 1999. Combined methods for food preservation . In Handbook of food preservation, Shafiur Rhaman,M. (Ed.) Marcel Dekker , New York , pp. 457-485.

Leistner,L. 2000. Basic aspects of food preservation by hurdle technology. Int. J. Food Micro. 55:181-186.

Leistner, L. ;and Rodel, W. 1978. Microbiology of intermediate moisture foods. Proc. Int. Meet. on Food Microbiology and Technology. Jarvis, B. ; Christian, J. H. B. ;and Michener , H. D. Parma: Medicina Viva Servizo Congressi. (ed.) Cited in Lopez-Malo,A. ; Palou,E. , Welti,J. ; Corte,P. ;and Argaiz,A. 1994 . Shelf-stable high moisture papaya minimally processed by combined methods. Food Res. Int. 27:545-553.

Lopez-Malo,A. ; Palou,E. , Welti,J. ; Corte,P. ;and Argaiz,A. 1994 . Shelf-stable high moisture papaya minimally processed by combined methods. Food Res. Int. 27:545-553.

Monsalve-Gonzalez,A. ; Barbosa-Canovas,G.V. ;and Cavalieri,R.P. 1993 . Mass transfer and textural changes during processing of apples by combined methods. J. Food. Sci. 58 (5):1118-1124.

Ranganna , S. 1977. Manual of analysis of fruit and vegetable product. New Delhi : Tata McGraw- Hill.

Reyes,V.G. 1996 . Improved preservation systems for minimally processed vegetables. Food Australia. 4(2):87 -90.

Smith-Palmer , A. ; Stewart , J. ;and Fyfe , L. 1998 . Antimicrobial properties of plant essential oils and essences against five important food- borne pathogens. Lett Appl Microbiol. 26(2) : 118-122.

Tapia de Daza,M.S. ;Aguilar,C.E. ;Roa,V. ;and Daiz de Tablante,R.V. 1995 . Combined stress effects on growth of *Zygosaccharomyces rouxii* from an intermediate moisture papaya product. J. Food Sci. 60 (2):356-359.

Torreggiani, D. ; Forni, E. ;and Rizzolo, A. 1987. Osmotic dehydration of fruit . Part2: Influence of the osmosis time on the stability of processed cherries. J. Food Processing Preservation. 12. 27-44. Cited in Lopez-Malo,A. ; Palou,E. , Welti,J. ; Corte,P. ;and Argaiz,A. 1994 . Shelf-stable high moisture papaya minimally processed by combined methods. Food Res. Int. 27:545-553.

Wenck, D. O. ; Baren, M. and Dewan, S. P. 1980. Nutrition. Virginia: Reston Publishing.

Woodroof, J. G. and Luh, B. S. 1986. Commercial fruit processing. 2nd ed. Connecticut : AVI Publishing.

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

ก.1 การวัดสี

เครื่องมือ

Minlota Chroma Meter , CR 300 Series

วิธีการวัด

วัดสีของตัวอย่างเดียวกัน 3 จุด จากนั้นเฉลี่ยเป็น 1 ค่า ในแต่ละซ้ำใช้ ตัวอย่าง 3 ชิ้น ค่าที่ได้จากเครื่องคือค่า L, a และ b โดยที่

ค่า L แทนค่าความสว่าง

ค่า a (+)แทนค่าสีแดง (-) แทนค่าสีเขียว

ค่า b (+)แทนค่าสีเหลือง (-) แทนค่าสีน้ำเงิน

ก.2 การวัดเนื้อสัมผัส

เครื่องมือ

Texture Analyzer รุ่น TA.XT2

2 mm cylinder probe (P/2)

วิธีการวัด

1. ติดตั้ง PC Computer เข้ากับเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส
2. ติดตั้งหัววัดรูปทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร เข้ากับเครื่อง
3. calibrate force และ probe ก่อนการวัดทุกครั้ง
4. เลือกรูปแบบการวัดเป็น

Mode	:	Measure Force in Compression
Option	:	Return to Start
Force Unit	:	N
Test Speed	:	1.5 mm/s
Distance	:	5 mm
Graph Type	:	Force-time

5. วางชิ้นฝรั่งบนแท่นวัดครั้งละ 1 ชิ้น วัดค่าสูงสุดของ peak แสดงเป็นค่าความแน่นเนื้อ (N) วัด 3 ครั้งต่อซ้ำ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ก.3 การวิเคราะห์อัตราส่วนการดูดน้ำกลับ (ดัดแปลงวิธีของ Ranganna ,1977)

อุปกรณ์

1. กระดาษกรอง Whatman No. 4
2. บีกเกอร์ ขนาด 50 mL
3. Buchner funnel

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างประมาณ 5 กรัม ใส่ลงในบีกเกอร์ซึ่งมีน้ำอยู่ 25 mL
2. แช่ตัวอย่างทิ้งไว้ 1 คืน ในตู้เย็น
3. นำตัวอย่างขึ้นมาใส่ใน Buchner funnel ซึ่งมีกระดาษกรองWhatman No. 4 รองอยู่ เปิดเครื่องดูดอากาศโดยใช้แรงดูดต่ำ ทิ้งไว้จนกระทั่งไม่มีน้ำหยด (ประมาณ 1 นาที)
4. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างหลังการดูดน้ำกลับ
5. คำนวณอัตราส่วนการดูดน้ำกลับ

การคำนวณ

อัตราส่วนการดูดน้ำกลับ (rehydration ratio) = $\frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังการดูดน้ำกลับ (กรัม)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น (กรัม)}}$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข.

เตรียมตัวอย่างโดยการบดด้วยเครื่องบดไฟฟ้า แล้วผสมให้เข้ากันดี

ข.1 การวัดค่า water activity

<u>อุปกรณ์</u>

- เครื่องวัดค่า water activity (A_w Sprint, Novasina TH-500) ที่มีช่วงควบคุมอุณหภูมิการวัด 0 ถึง 50 $^{\circ}$C (การทดลองนี้ใช้อุณหภูมิ 25°C)
- ตลับพลาสติกสำหรับใส่ตัวอย่าง (sample bowl)

<u>สารเคมี</u>

สารละลายเกลืออิ่มตัว มีดังนี้

1. ลิเธียมคลอไรด์ (LiCl)
2. แมกนีเซียมคลอไรด์ ($MgCl_2$)
3. แมกนีเซียมไนเตรต ($Mg(NO_3)_2$)
4. โซเดียมคลอไรด์ (NaCl)
5. แบเรียมคลอไรด์ ($BaCl_2$)
6. โปแตสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$)

สารละลายเกลืออิ่มตัวบรรจุอยู่ในตลับพลาสติก สำหรับใช้ในการปรับแต่ง (calibration) เครื่องก่อนวัดค่า water activity ของตัวอย่าง โดยสารละลายเกลืออิ่มตัวเหล่านี้มีค่าความชื้นสัมพัทธ์ดังแสดงในตารางที่ ข.1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.1 ค่าความชื้นสัมพัทธ์ของสารเคมีที่เป็นแหล่งให้ความชื้นที่อุณหภูมิต่างๆ

Control tablets type	Sensor check type	Satura-ted salt solution	Toxi-colo gy	Control Colour Salt	% Relative humidity in dependence of the temperature				Reference
					15°C	20°C	25°C	30°C	
SAL T/11	SC-11	LiCl	2	White	11.3	11.3	11.3	11.3	Greenspan (1977)
SAL T/33	SC-33	$MgCl_2$	4	Blue	33.3	33.1	32.8	32.4	Greenspan (1977)
SAL T-53	SC-53	$Mg(NO_3)_2$	3	Green	55.9	54.4	52.9	51.4	Greenspan (1977)
SAL T-75	SC-75	NaCl	5	Violet	75.6	75.5	75.3	75.1	Robinson (1959)
SAL T-90	SC-90	$BaCl_2$	2	White	90.9	90.5	90.1	89.9	Wexler (1975)
SAL T-90	SC-90	$K_2Cr_2O_7$	3	Orange	-	98.2	98.0	98.0	Robinson (1959)

1+2 : Poisonous 3+4 : Injurious to health 5 : Nonpoisonous

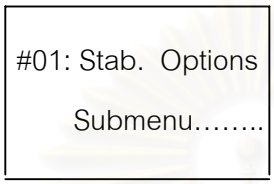
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>วิธีวิเคราะห์</u>

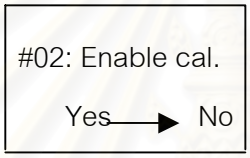
1. การปรับแต่ง (Calibration)

1.1 เริ่มต้นเมื่อเครื่องอยู่ในลักษณะ standby mode ซึ่งจะแสดงผลของอุณหภูมิและค่า water activity ของถ้วยภาชนะสแตนเลสที่ใส่ตลับตัวอย่างอาหาร (Measuring chamber)

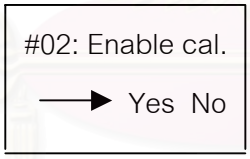
1.2 บนหน้าจอของเครื่องจะมีปุ่มเมนูอยู่ 4 ปุ่ม ให้กดปุ่มซ้ายมือสุดเพื่อเริ่มต้นเข้าสู่เมนูสำหรับการปฏิบัติการ เมนูจะแสดงหน้าจอดังนี้



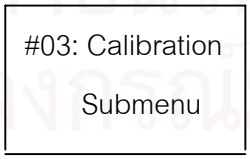
1.3 กดปุ่มที่ 2 (หรือปุ่มที่3) จากซ้ายมือให้แสดงผลดังนี้



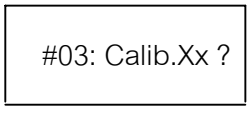
1.4 กดปุ่มขวามือสุด (start key) เพื่อให้คำว่า “Set” ปรากฏขึ้นบนจอ จากนั้นกดปุ่ม “Start key” อีกครั้งเพื่อให้ลูกศรไปปรากฏคำว่า “Yes”



1.5 กดปุ่มที่2 จากซ้ายมือเพื่อเลื่อนเมนูมาอยู่ที่ เมนู 3 โดยหน้าจอจะแสดงภาพดังนี้



1.6 กดปุ่ม “Start key” เพื่อให้เครื่องทำการ Calibrate จากนั้นเครื่องจะแสดงคำถามว่าต้องการให้ Calibrate ค่าตามมาตรฐานนั้นหรือไม่ โดยจะแสดงหน้าจอดังนี้



(Xx คือ ค่า water activity มาตรฐานนั้นๆที่ต้องการ Calibrate)

1.7 กดปุ่ม “Start key” อีกครั้ง เครื่องจะทำการ calibrate โดยอัตโนมัติ

1.8 เมื่อทำการ Calibrate เสร็จแล้ว จะปรากฏคำว่า “Done”

2. วิธีการวัดค่า water activity ในตัวอย่างอาหาร

2.1 ใส่ตัวอย่างอาหารในตลับพลาสติก (sample bowl) ในปริมาณ 80 % ของตลับใส่ตัวอย่าง แล้วเกลี่ยตัวอย่างให้อยู่ในแนวราบทั่วถึงกัน โดยไม่มีลักษณะการโค้งนูนขึ้น

2.2 ปิดฝาเครื่องให้เรียบร้อย แล้วกดปุ่ม “Start key” ค้างไว้ประมาณ 3 วินาที จนกระทั่งสัญญาณไฟสีแดงกระพริบ

2.3 เครื่องจะทำการวิเคราะห์หาค่า water activity และจะเสร็จสิ้นเมื่อเข้าสู่สภาวะสมดุล (Equilibrium state) ระหว่างตัวอย่างอาหาร กับ water activity sensor โดยสัญญาณไฟกระพริบจะดับ แต่จะมีสัญญาณไฟสีเขียวสว่างขึ้น แสดงว่าการวัดได้สิ้นสุด

2.4 บันทึกผลการวัดค่า water activity และอุณหภูมิ ที่ปรากฏบนจอแสดงผล

ข.2 การวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง

<u>อุปกรณ์</u>

เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH meter) (Schott-Gerate, CG-840)

<u>สารเคมี</u>

สารละลายบัฟเฟอร์ pH 4.00, 7.00 และ 10.00

<u>วิธีวิเคราะห์</u>

1. ต่อหัววัด (Electrode) เข้ากับเครื่อง และตรวจสอบว่าหัววัดอยู่ในสภาพสมบูรณ์พร้อมที่จะใช้งาน

2. ทำการ Calibrate โดยปรับอุณหภูมิของสารละลายบัฟเฟอร์ให้ได้ 25°C จุ่ม electrode ลงในสารละลายบัฟเฟอร์ pH 4.00, 7.00 และ 10.00 ทีละครั้ง แล้วปรับค่า pHของเครื่องให้ตรงกับสารละลายบัฟเฟอร์

3. วัด pH ของตัวอย่างโดยจุ่ม electrode ลงในตัวอย่าง ทิ้งไว้จนกระทั่งpH คงที่

4. บันทึกผลการวัด

ข.3 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (ดัดแปลงวิธีของ A.O.A.C. , 1995)

อุปกรณ์

ตู้อบลมร้อน (hot air oven)

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างที่ทราบน้ำหนักแน่นอนประมาณ 5 กรัม ใส่ใน aluminium dish (ซึ่งอบแห้งที่ 100° C แล้วทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น (desiccator) จนน้ำหนักคงที่)
2. นำตัวอย่างไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 100-105 ° C นานประมาณ 24 ชั่วโมง หรือจนกระทั่งน้ำหนักคงที่
3. นำออกจากตู้อบ และทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนัก
4. คำนวณปริมาณความชื้นที่หายไป

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณความชื้น (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ (กรัม) – น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ (กรัม)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)}} \times 100$$

ข.4 การวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมด (titratable acidity) (A.O.A.C. ,1995)

อุปกรณ์

1. บิวเรต ขนาด 25 mL
2. ขวดรูปชมพู่ ขนาด 50 mL
3. ปิเปต ขนาด 10 mL
4. ขวดวัดปริมาตร ขนาด 50 mL

สารเคมี

1. ฟีนอล์ฟทาลีน (phenolphthalein)
2. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide) 0.1 N

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่าง 10 กรัม เติมน้ำเล็กน้อย ต้มให้เดือด 2-3 นาที
2. ทำให้เย็น ถ่ายใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 50 mL ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นแล้วกรอง
3. ปิเปตส่วนที่กรองได้ 10 mL ใส่ในขวดรูปชมพู่ ขนาด 50 mL
4. เติมฟินอล์ฟทาลีน 2 หยด
5. ไตเตรทกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 N จนกระทั่งถึงจุดยุติ ซึ่งมีสีชมพูอ่อน บันทึกปริมาตรของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไตเตรท นำมาคำนวณค่าความเป็นกรดในรูปของกรดซิตริก

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณกรดทั้งหมด (\%)} = \frac{\text{Normality of NaOH} \times \text{vol. of NaOH} \times \text{milliequivalent of citric acid} \times 100 \times 50}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)} \times 10}$$

โดย milliequivalent of citric acid = 0.07

ข.5 การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า (A.O.A.C. ,1995)

อุปกรณ์

1. เตาเผา
2. crucible
3. hot plate

วิธีวิเคราะห์

1. นำ crucible ไปเผาที่อุณหภูมิ 550° C จนได้น้ำหนักคงที่ ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักที่แน่นอน
2. ชั่งตัวอย่างที่ทราบน้ำหนักแน่นอนจำนวน 5 กรัม ใส่ใน crucible แล้วนำไปเผาด้วย hot plate จนกระทั่งตัวอย่างไม่มีควัน
3. นำตัวอย่างไปเผาต่อในเตาเผาที่อุณหภูมิ 500-550° C นาน 4 ชั่วโมง หรือจนกระทั่งได้เถ้าสีขาว ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักเถ้าที่ได้ เพื่อคำนวณหาปริมาณเถ้า

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณเถ้า (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักเถ้าหลังเผา (กรัม)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนเผา (กรัม)}} \times 100$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค.

ค.1 การวิเคราะห์หาจำนวนแบคทีเรีย (Total plate count) (ICMSF, 1982)

อาหารเลี้ยงเชื้อ

- plate count agar (PCA)

เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ โดยละลายPCAในน้ำกลั่น บรรจุในขวดรูปชมพู่ ปิดปากด้วยจุกสำลี จากนั้นนำมาฆ่าเชื้อใน autoclave ที่ 121° C (ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) นาน 15 นาที ทำให้เย็นจนมีอุณหภูมิ 45- 50° C อาหารเลี้ยงเชื้อควรมี pH 6.8 $\pm$ 0.2

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างหนัก 10 กรัม เติมน้ำเกลือความเข้มข้น 10 % (w/w) ปริมาตร 90 มิลลิลิตร
2. ตีตัวอย่างให้เข้ากันด้วยเครื่อง stomacher สารละลายนี้ถือเป็น dilution 10^{-1}
3. ปิเปตสารละลายมา 1 มิลลิลิตร ใส่ในจานเพาะเชื้อที่ฆ่าเชื้อแล้ว ตัวอย่างละ 2 plate เทอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีอุณหภูมิประมาณ45-50° C ลงในจานเพาะเชื้อประมาณจานละ 15-20 มิลลิลิตร หมุนจานไปมาเพื่อให้สารละลายตัวอย่างและอาหารเลี้ยงเชื้อผสมกัน ทิ้งให้แข็งตัว
4. นำจานเพาะเชื้อไปบ่มที่ 35-37° C เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง ตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์ที่เจริญในจานเพาะเชื้อที่มีจำนวนเชื้อ 30-300 โคโลนี
5. คำนวณผลออกมาเป็น จำนวนโคโลนีต่อกรัมของตัวอย่าง

ค.2 การวิเคราะห์จำนวนยีสต์และรา (ICMSF, 1982)

อาหารเลี้ยงเชื้อ

- potato dextrose agar (PDA)

สารเคมี

- สารละลายกรดทาร์ทาริก 10 %

เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อโดยละลาย PDA ในน้ำกลั่น จากนั้นนำมาฆ่าเชื้อใน autoclave ที่ 121° C (ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) นาน 15 นาที ทำให้เย็นจนมีอุณหภูมิ 45-50° C ปรับ pH ด้วยกรดทาร์ทาริก จนกระทั่งได้อาหารเลี้ยงเชื้อที่มี pH 5.6

<u>วิธีวิเคราะห์</u>

ทำวิธีเดียวกับการวิเคราะห์จำนวนแบคทีเรีย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง.

ง.1 แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส เพื่อศึกษาวิธีการและสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งฝรั่ง

<u>แบบทดสอบ</u>

<u>ตัวอย่างฝรั่งอบแห้งหลังผ่านการดูดน้ำกลับ</u>

ชื่อผู้ทดสอบ _____ อายุ _____ เพศ _____ วันที่ _____

โปรดพิจารณาประเมินคุณภาพตัวอย่างฝรั่งอบแห้งหลังผ่านการดูดน้ำกลับ โดยชิมตัวอย่างตามลำดับรหัสที่ให้ไว้ แล้วให้คะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนด

ลักษณะที่ประเมิน	คะแนน			
1. ลักษณะทั่วไป - ผิวเหี่ยวย่นมาก (1- 10) - ผิวเหี่ยวย่นเล็กน้อยแต่ไม่ทำให้ลักษณะของฝรั่งเสียไป (11-20) - มีลักษณะใกล้เคียงกับฝรั่งสด (21-30) 2. เนื้อสัมผัส - นิ่ม เหนียวมาก (1-10) - นิ่ม เหนียว เล็กน้อย แต่ยังมีความกรอบอยู่บ้าง (11-20) - กรอบใกล้เคียงกับฝรั่งสด (21-30) 4. กลิ่นรส - ไม่มีกลิ่น หรือมีกลิ่นแปลกปลอม (1-5) - มีกลิ่นฝรั่งเล็กน้อย ไม่เด่นชัด (6-10) - มีกลิ่นหอมเหมือนฝรั่งสด (11-15)				

ข้อเสนอแนะ:

_____

_____

ขอบคุณค่ะ

ง.2 แบบทดสอบเพื่อศึกษาชนิดของเนื้อผลไม้ตีป่น

<u>แบบทดสอบ</u>
<u>ตัวอย่างฝรั่งอบแห้งแช่ในเนื้อผลไม้ตีป่น</u>

ชื่อผู้ทดสอบ _____ อายุ _____ เพศ _____ วันที่ _____

โปรดทำการทดสอบโดยชิมตัวอย่างฝรั่งอบแห้งในเนื้อผลไม้ตีป่น และน้ำผลไม้เข้มข้นต่อไปนี้ คือ เนื้อสับปะรดตีป่น เนื้อมะละกอตีป่น และน้ำเสาวรสเข้มข้น แล้วพิจารณาให้คะแนนความชอบต่อลักษณะต่างๆของผลิตภัณฑ์ ตามรายละเอียดด้านล่าง ที่ตรงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด

ระดับคะแนน	1	หมายความว่า	ไม่ชอบมาก
	2		ไม่ชอบปานกลาง
	3		ไม่ชอบเล็กน้อย
	4		เฉยๆ
	5		ชอบเล็กน้อย
	6		ชอบปานกลาง
	7		ชอบมาก

ตัวอย่าง	ระดับคะแนน				
	สี	ลักษณะเนื้อสัมผัส	ความเปรี้ยว	ความหวาน	ความชอบโดยรวม
ฝรั่งอบแห้งในเนื้อสับปะรดตีป่น					
ฝรั่งอบแห้งในเนื้อมะละกอตีป่น					
ฝรั่งอบแห้งในน้ำเสาวรสเข้มข้น					

ข้อเสนอแนะ :

_____

_____

ขอบคุณค่ะ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ง.3 แบบทดสอบเพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของฝรั่งอบแห้งต่อเนื้อผลไม้ตีป่น

<u>แบบทดสอบ</u>

ชื่อผู้ทดสอบ _____ อายุ _____ เพศ _____ วันที่ _____

กรุณาทดสอบตัวอย่างผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อมะละกอตีป่น โดยพิจารณาลักษณะทั่วไปจากตัวอย่างที่ตั้งแสดง แล้วเขียนรหัสตัวอย่างเรียงตามลำดับความชอบจากมากไปน้อย

ลักษณะทั่วไป _____ _____ _____ _____

กรุณาชิมตัวอย่างที่จัดให้ในถาด โดยรับประทานฝรั่งพร้อมกับเนื้อมะละกอตีป่น แล้วให้คะแนนลักษณะต่างๆที่ประเมินตามเกณฑ์ที่กำหนด

ลักษณะที่ประเมิน	ระดับคะแนน	รหัสตัวอย่าง			
1. กลิ่นรส					
- กลิ่นรสของฝรั่งและมะละกอเหมาะสมกัน	9-7				
- กลิ่นรสมะละกอมากเกินไป	6-4				
- กลิ่นรสฝรั่งมากเกินไป	3-1				
2. ลักษณะเนื้อสัมผัสของฝรั่ง					
- เหี่ยวย่น และเหนียวเล็กน้อย แต่ยังมีลักษณะใกล้เคียงของสด	9-7				
- ค่อนข้างเหี่ยวย่นและเหนียว	6-4				
- เหี่ยวย่นและเหนียวมาก	3-1				
3. ความชอบรวม					
- ชอบมากที่สุด	9				
- ชอบมาก	8				
- ชอบปานกลาง	7				
- ชอบเล็กน้อย	6				
- เฉยๆ	5				
- ไม่ชอบเล็กน้อย	4				
- ไม่ชอบปานกลาง	3				
- ไม่ชอบมาก	2				
- ไม่ชอบมากที่สุด	1				

ข้อเสนอแนะ:

_____

ง.4 แบบทดสอบเพื่อศึกษาชนิดของ essential oil จากเครื่องเทศที่ใช้เติมลงในผลิตภัณฑ์

<u>แบบทดสอบ</u>

ชื่อผู้ทดสอบ _____ อายุ _____ เพศ _____ วันที่ _____

กรุณาชิมตัวอย่างผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อมะละกอตีป่น ซึ่งมีการเติมเครื่องเทศชนิดต่างๆลงไป โดยรับประทานเนื้อฝรั่งกับเนื้อมะละกอไปพร้อมกัน แล้วเขียนรหัสตัวอย่างเรียงตามลำดับความชอบจากมากไปน้อย

_____ _____ _____ _____

กรุณาชิมตัวอย่างผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อสับปะรดตีป่น ซึ่งมีการเติมเครื่องเทศชนิดต่างๆลงไป โดยรับประทานเนื้อฝรั่งกับเนื้อสับปะรดไปพร้อมกัน แล้วเขียนรหัสตัวอย่างเรียงตามลำดับความชอบจากมากไปน้อย

_____ _____ _____ _____

ข้อเสนอแนะ :

_____

_____

ขอบคุณค่ะ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

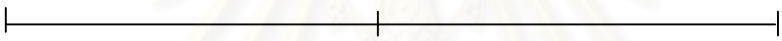
ง.5 แบบทดสอบเพื่อศึกษาความเข้มข้นของessential oil จากเครื่องเทศที่ใช้เติมลงในผลิตภัณฑ์

<u>แบบทดสอบ</u>

ชื่อผู้ทดสอบ _____ อายุ _____ เพศ _____ วันที่ _____

กรุณาชิมผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อมะละกอตีป่น ซึ่งมีการเติมขิงลงไป โดยชิมตัวอย่างรหัส 615 554 712 และ729 เรียงตามลำดับ แล้วระบุสมบัติด้านสี กลิ่นขิง และความชอบรวม โดยลากเส้นตั้งฉากบนสเกลเพื่อแสดงการประเมินของท่าน เขียนหมายเลขรหัสตัวอย่างกำกับเส้นตั้งฉากนั้นๆด้วย พร้อมทั้งระบุ ideal โดยใช้สัญลักษณ์ I

1. สี

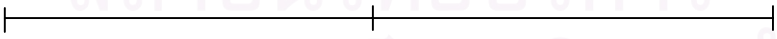


สีแตกต่างจากผลไม้ตามธรรมชาติ — สีใกล้เคียงผลไม้ตามธรรมชาติ

2. กลิ่นขิง

ไม่มีกลิ่นขิง — กลิ่นขิงแรงมาก

3. ความชอบรวม



ไม่ชอบมาก — ชอบมาก

ข้อเสนอแนะ :

_____

_____

ขอบคุณค่ะ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ง.6 แบบทดสอบเพื่อศึกษาผลร่วมของความร้อนและ essential oil จากเครื่องเทศ

<u>แบบทดสอบ</u>

ชื่อผู้ทดสอบ _____ อายุ _____ เพศ _____ วันที่ _____

กรุณาชิมผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อมะละกอตีป่น แล้วพิจารณาการยอมรับคุณสมบัติด้านต่างๆของผลิตภัณฑ์ โดยใส่เครื่องหมาย / ลงในช่องว่าง

รหัสตัวอย่าง	คุณสมบัติที่ประเมิน							
	ลักษณะทั่วไป		สี		กลิ่นรส		การยอมรับรวม	
	ยอมรับ	ไม่ยอมรับ	ยอมรับ	ไม่ยอมรับ	ยอมรับ	ไม่ยอมรับ	ยอมรับ	ไม่ยอมรับ

ข้อเสนอแนะ:

_____

_____

ขอบคุณค่ะ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

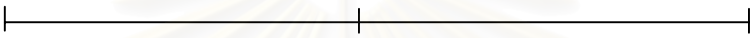
ง. 7 แบบทดสอบเพื่อศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์

<u>แบบทดสอบ</u>

ชื่อผู้ทดสอบ _____ อายุ _____ เพศ _____ วันที่ _____

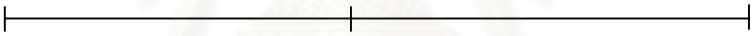
กรุณาชิมตัวอย่างผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อสับปะรดตีป่น แล้วระบุสมบัติด้านต่างๆโดยลากเส้นตั้งฉากบนสเกลเพื่อแสดงการประเมินของท่าน เขียนหมายเลขรหัสตัวอย่างกำกับเส้นตั้งฉากนั้นๆ ด้วย

1. สีของเนื้อสับปะรดตีป่น



สีแตกต่างไปจากตัวอย่างควบคุม — สีใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุม

2. ลักษณะเนื้อสัมผัสของฝรั่งอบแห้ง

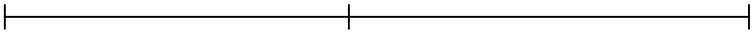


เนื้อสัมผัสแตกต่างจากอย่างควบคุม — เนื้อสัมผัสใกล้เคียงตัวกับตัวอย่างควบคุม

3. กลิ่นรสของผลิตภัณฑ์

กลิ่นรสผิดปกติแตกต่างจากตัวอย่างควบคุม — กลิ่นรสใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุม

4. การยอมรับรวม



ไม่ยอมรับ — ยอมรับ

<u>ข้อเสนอแนะ</u>

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ง. 8 ตารางการแปลงอันดับเป็นคะแนน (scores for ranked data)

The mean deviations of the 1st, 2nd, 3rd ... largest members of samples of different sizes; zero and negative values omitted.

Ordinal number	Size of Sample									
	—	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		0.56	0.85	1.03	1.16	1.27	1.35	1.42	1.49	1.54
2				0.30	0.50	0.64	0.76	0.85	0.93	1.00
3						0.20	0.35	0.47	0.57	0.66
4								0.15	0.27	0.38
5										0.12
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	1.53	1.63	1.67	1.70	1.74	1.76	1.79	1.82	1.84	1.87
2	1.06	1.12	1.16	1.21	1.25	1.28	1.32	1.35	1.38	1.41
3	0.73	0.79	0.85	0.90	0.95	0.99	1.03	1.07	1.10	1.13
4	0.46	0.54	0.60	0.66	0.71	0.76	0.81	0.85	0.89	0.92
5	0.22	0.31	0.39	0.46	0.52	0.57	0.62	0.67	0.71	0.75
6		0.10	0.19	0.27	0.34	0.39	0.45	0.50	0.55	0.59
7				0.09	0.17	0.23	0.30	0.35	0.40	0.45
8						0.08	0.15	0.21	0.26	0.31
9								0.07	0.13	0.19
10										0.06
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	1.89	1.91	1.93	1.95	1.97	1.98	2.00	2.01	2.03	2.04
2	1.43	1.46	1.48	1.50	1.52	1.54	1.56	1.58	1.60	1.62
3	1.16	1.19	1.21	1.24	1.26	1.29	1.31	1.33	1.35	1.36
4	0.95	0.98	1.01	1.04	1.07	1.09	1.11	1.14	1.16	1.18
5	0.78	0.82	0.85	0.88	0.91	0.93	0.96	0.98	1.00	1.03
6	0.63	0.67	0.70	0.73	0.76	0.79	0.82	0.85	0.87	0.89
7	0.49	0.53	0.57	0.60	0.64	0.67	0.70	0.73	0.75	0.78
8	0.36	0.41	0.45	0.48	0.52	0.55	0.58	0.61	0.64	0.67
9	0.24	0.29	0.33	0.37	0.41	0.44	0.48	0.51	0.54	0.57
10	0.12	0.17	0.22	0.26	0.30	0.34	0.38	0.41	0.44	0.47
11		0.06	0.11	0.16	0.20	0.24	0.28	0.32	0.35	0.38
12				0.05	0.10	0.14	0.19	0.22	0.26	0.29
13						0.05	0.09	0.13	0.17	0.21
14								0.04	0.09	0.12
15										0.04

Tests of psychological preference and some other experimental data suffice to place a series of magnitudes in order of preference, without supplying metrical values. Analyses of variance, correlations, etc., can be carried out on such data by using the normal scores, appropriate to each position in order, in a sample of the size observed. Ties may be scored with the means of the ordinal values involved, but in such cases the sums of squares given will require correction.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก จ.
ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ

ตารางที่ จ.1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติค่าความชื้น อัตราส่วนการดูดน้ำกลับ ค่าสี (L* , a* , b*) และความแน่นเนื้อของฝรั่งอบแห้งที่สภาวะต่างกัน

SOV	df	MS					
		ความชื้น	อัตราส่วนการดูดน้ำกลับ	L* value	a* value	b* value	ความแน่นเนื้อ
method (A)	1	392.747*	0.466*	91.777*	0.010	0.009	1.606*
temperature (B)	2	1962.679*	3.663*	103.826*	0.683*	6.111*	71.215*
time (C)	5	4028.319*	4.760*	28.507*	0.505*	52.978*	6.784*
AB	2	16.885*	0.154*	12.040	0.878*	0.543*	9.166*
AC	5	229.559*	0.568*	2.186	0.138*	2.459*	0.003
BC	10	266.561*	0.433*	2.894	0.003	2.279*	0.521*
ABC	10	16.036*	0.007*	1.201	0.004*	2.132*	0.364*
error	35	1.113	0.01	6.216	0.02	0.110	0.07

*หมายถึงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ.2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของฝรั่งอบแห้งที่สภาวะต่างกัน หลังผ่านการดูดน้ำกลับ

SOV	df	MS		
		ลักษณะทั่วไป	ลักษณะเนื้อสัมผัส	กลิ่นรส
method (A)	1	4107.378*	2819.601*	258.403*
temperature (B)	2	6397.786*	2371.926*	525.734*
time (C)	5	4947.031*	3616.522*	649.739*
block (D)	19	184.829*	257.423*	48.012*
error	1412	88.916	50.213	14.318

*หมายถึงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ จ.3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อศึกษาชนิดของเนื้อผลไม้ตีป่น

SOV	df	MS				
		สี	ลักษณะเนื้อสัมผัส	ความเปรี้ยว	ความหวาน	ความชอบโดยรวม
puree	2	4.758*	2.508	9.858*	3.033	6.008*
block	19	4.271*	4.349*	3.770*	3.063*	2.875*
error	97	0.651	0.848	1.011	1.252	1.083

*หมายถึงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ จ.4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติค่า a_w ของผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อสับปะรดตีป่นและฝรั่งอบแห้งในเนื้อมะละกอตีป่น

SOV	df	MS	
		ผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อสับปะรดตีป่น	ผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อมะละกอตีป่น
ratio	3	0.0001 ^{ns}	0.0002 ^{ns}
error	4	0.000075	0.000025

ns หมายถึง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ($p>0.05$)

ตารางที่ จ.5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส เพื่อศึกษาอัตราส่วนของเนื้อสับปะรดตีป่น

SOV	df	MS			
		ลักษณะทั่วไป	กลิ่นรส	ลักษณะเนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
ratio	3	25.735*	54.075*	1.490	2.558*
block	19	0.010*	3.646*	7.401*	4.988*
error	136	0.115*	0.928	0.753	0.880

*หมายถึงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ จ.6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส เพื่อศึกษาอัตราส่วนของเนื้อมะละกอตีป่น

SOV	df	MS			
		ลักษณะทั่วไป	กลิ่นรส	ลักษณะเนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
ratio	3	18.426*	48.373*	2.758	5.223*
block	19	0.002	4.112*	6.257*	5.030
error	136	0.267	1.449	1.141	0.894

*หมายถึงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ.7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อศึกษาชนิดของessential oil จากเครื่องเทศที่เติมในผลิตภัณฑ์

SOV	df	MS	
		ฝรั่งอบแห้งแช่ในเนื้อสับปะรดตีป่น	ฝรั่งอบแห้งแช่ในเนื้อมะละกอตีป่น
spice	3	10.096*	4.589*
block	19	0.002	0.004
error	136	0.454	0.574

*หมายถึงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ จ.8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อศึกษาความเข้มข้นของessential oil จากเครื่องเทศที่เติมในผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อสับปะรดตีป่น

SOV	df	MS		
		สี	กลิ่นรส	ความชอบรวม
concentration	4	57.269*	36.391*	46.111*
block	19	6.880*	17.161*	1.735*
error	175	1.034	1.492	0.575

*หมายถึงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ.9 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อศึกษาความเข้มข้นของessential oil จากเครื่องเทศที่เติมในผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อมะละกอตีป่น

SOV	df	MS		
		สี	กลิ่นรส	ความชอบรวม
concentration	4	122.153*	93.076*	104.457*
block	19	6.886*	3.666*	3.568*
error	175	1.306	1.344	1.259

*หมายถึงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ จ.10 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อศึกษาผลร่วมของความร้อนและ essential oil จากขิง ในผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อสับปะรดตีป่น

SOV	df	MS			
		ลักษณะทั่วไป	สี	กลิ่นรส	การยอมรับรวม
heat treatment	8	0.649*	0.590*	0.844*	0.612*
block	19	0.008	0.008	0.105	0.138*
error	331	0.008	0.008	0.008	0.008

*หมายถึงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ.11 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อศึกษาผลร่วมของความร้อนและ essential oil จากขิง ในผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อมะละกอตีป่น

SOV	df	MS			
		ลักษณะทั่วไป	สี	กลิ่นรส	การยอมรับรวม
heat treatment	8	0.378*	0.562*	0.774*	0.626*
block	19	0.116	0.007	0.005	0.004
error	331	0.008	0.009	0.009	0.009

*หมายถึงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ จ.12 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อสับปะรดตีป่นเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

SOV	df	MS			
		สี	เนื้อสัมผัส	กลิ่นรส	การยอมรับรวม
storage time	2	2.476	3.517*	32.671*	122.034
block	19	1.915*	2.386*	2.751*	52.477
error	97	0.844	1.021	0.813	48.141

*หมายถึงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ.13 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อสับปะรดตีป่นเก็บรักษาในตู้เย็น

SOV	df	MS			
		สี	เนื้อสัมผัส	กลิ่นรส	การยอมรับรวม
storage time	5	2.617*	10.161*	11.593*	13.873*
block	19	1.397*	2.672*	2.431*	1.138*
error	214	0.522	0.390	0.370	0.441

*หมายถึงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ จ.14 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติค่าความแน่นเนื้อและค่าสี (L*, a*, b*) ของฝรั่งอบแห้งที่แช่ในเนื้อสับปะรดตีป่น เพื่อศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อสับปะรดตีป่นเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

SOV	df	MS			
		ความแน่นเนื้อ	ค่าสี		
			L*	a*	b*
storage time	3	12.361*	3.894	1.375	0.375
error	4	0.105	1.606	3.808	0.578

*หมายถึงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ.15 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติค่าความแน่นเนื้อและค่าสี (L*, a*, b*) ของฝรั่งอบแห้งที่แช่ในเนื้อสับปะรดตีป่น เพื่อศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อสับปะรดตีป่นเก็บรักษาในตู้เย็น

SOV	df	MS			
		ความแน่นเนื้อ	ค่าสี		
			L	a	b
storage time	6	5.078*	7.781*	0.110*	5.120*
error	7	1.059	1.035	0.002	0.320

*หมายถึงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p≤0.05)

ตารางที่ จ.16 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อมะละกอตีป่นเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

SOV	df	MS			
		สี	เนื้อสัมผัส	กลิ่นรส	การยอมรับรวม
storage time	1	2.964	5.995	3.737	9.045*
block	19	2.431	2.060	2.836	2.031
error	58	1.791	1.562	1.953	1.405

*หมายถึงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p≤0.05)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ.17 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อมะละกอตีป่นเก็บรักษาในตู้เย็น

SOV	df	MS			
		สี	เนื้อสัมผัส	กลิ่นรส	การยอมรับรวม
storage time	5	9.708*	3.466*	4.324*	2.038*
block	19	2.799*	2.166*	1.219	1.277*
error	214	0.670	0.763	0.817	0.774

*หมายถึงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ จ.18 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติค่าความแน่นเนื้อและค่าสี (L*, a*, b*) ของฝรั่งอบแห้งที่แช่ในเนื้อมะละกอตีป่น เพื่อศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อมะละกอตีป่นเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

SOV	df	MS			
		ความแน่นเนื้อ	ค่าสี		
			L*	a*	b*
storage time	2	10.999*	0.275	0.293	0.514
error	3	0.484	0.199	0.173	0.131

*หมายถึงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ.19 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติค่าความแน่นเนื้อและค่าสี (L*, a*, b*) ของฝรั่งอบแห้งที่แช่ในเนื้อมะละกอตีป่น เพื่อศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งในเนื้อมะละกอตีป่นเก็บรักษาในตู้เย็น

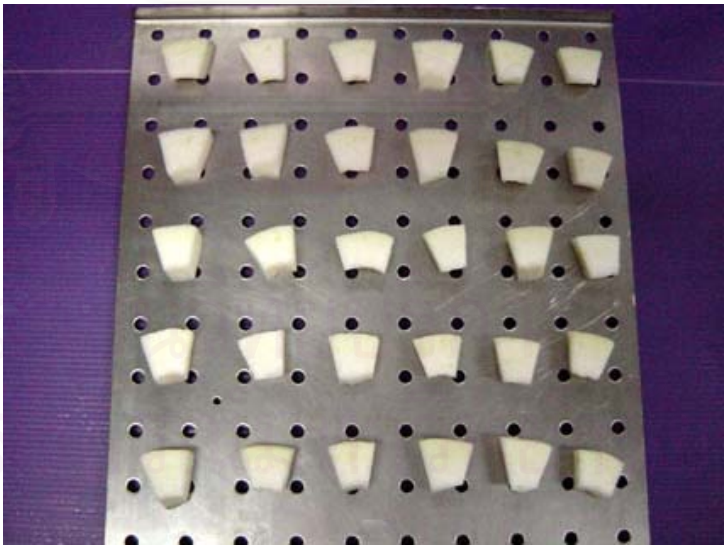
SOV	df	MS			
		ความแน่นเนื้อ	ค่าสี		
			L*	a*	b*
storage time	6	6.482*	3.540*	0.244	0.003
error	7	1.211	0.141	0.105	0.007

*หมายถึงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

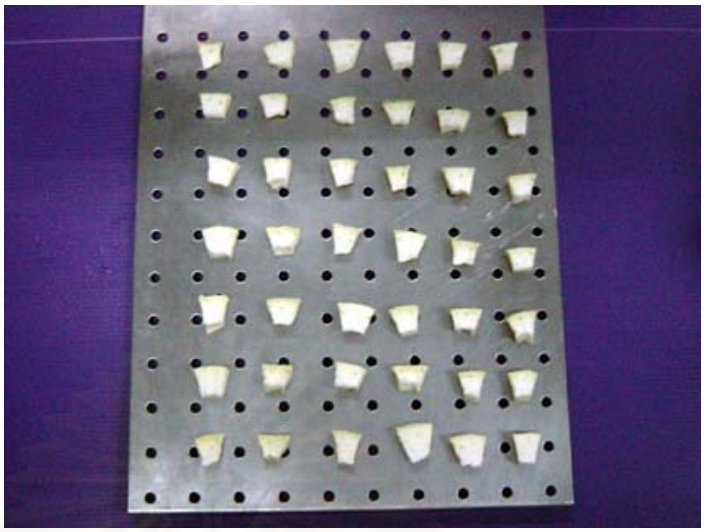
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ฉ.

รูปที่ ฉ.1 ลักษณะทั่วไปของฝรั่งพันธุ์แป้นสีทอง



รูปที่ ฉ.2 ลักษณะชิ้นฝรั่งก่อนการอบแห้ง



รูปที่ ฉ.3 ลักษณะทั่วไปของฝรั่งหลังผ่านการอบแห้งด้วยวิธี vacuum dry อุณหภูมิ 70 °C 5 ชั่วโมง

(1) (2)

(3)

รูปที่ ฉ.4 ลักษณะทั่วไปของ (1) เนื้อสับปะรดตีป่น (2) เนื้อมะละกอตีป่น (3) น้ำเสาวรสเข้มข้น

รูปที่ ฉ.5 ลักษณะทั่วไปของ (1) ผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งแช่ในเนื้อสับปะรดตีป่น
(2) ผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งแช่ในเนื้อมะละกอตีป่น
(3) ผลิตภัณฑ์ฝรั่งอบแห้งแช่ในน้ำเสาวรส

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียน

นางสาวเกตินันท์ กิตติพงศ์พิทยา เกิดวันที่ 25 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2522 ที่จังหวัดปราจีนบุรี สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต จากภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2542 และเข้าศึกษาต่อระดับปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2543

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย