



## รายงานการวิจัย

การแปรรูปผลิตภัณฑ์ลูกจากแช่อีมอบแห้งแบบออสโมซิส  
Production of Osmotic Dehydrated Nipa Palm

จันวิภา สุปะกิง

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนจากงบประมาณแผ่นดิน  
มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี  
ที่ได้รับการเห็นชอบจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ  
2559

การแปรรูปผลิตภัณฑ์ลูกจากแช่อิ่มอบแห้งแบบออสโมซิส  
 จันวิภา สุปะกิง  
 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี  
 2559

งานวิจัยนี้มีเป้าหมายในการแปรรูปผลิตภัณฑ์ลูกจากแช่อิ่มอบแห้งแบบออสโมซิส โดยขั้นตอนแรกศึกษาลักษณะทางกายภาพ คุณภาพและองค์ประกอบทางเคมีของลูกจากสด พบว่า ลูกจากสดมีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ  $11.72 \pm 2.61$  กรัม มีค่า  $L^*$   $a^*$  และ  $b^*$  เท่ากับ  $49.19 \pm 0.74$   $0.18 \pm 0.04$  และ  $1.98 \pm 0.15$  ตามลำดับ มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดและปริมาณน้ำอิสระ (water activity,  $a_w$ ) เท่ากับ 6°Brix และ  $0.97 \pm 0.01$  ตามลำดับ มีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เถ้า และใยอาหาร เท่ากับ  $88.82 \pm 0.01\%$   $0.92 \pm 0.04\%$   $0.02 \pm 0.00\%$   $9.47 \pm 0.03\%$   $0.78 \pm 0.01$  และ  $4.33 \pm 0.01\%$  ตามลำดับ จากนั้นศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการแปรรูปผลิตภัณฑ์ลูกจากแช่อิ่มอบแห้งแบบออสโมซิส โดยแปรอัตราส่วนระหว่างลูกจากต่อสารละลายน้ำตาลที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 1:1 1:2 1:3 และ 1:4 พบว่า อัตราส่วนระหว่างลูกจากต่อสารละลายน้ำตาลเพิ่มขึ้นส่งผลต่อการลดปริมาณน้ำ (water loss, WL) และการเพิ่มปริมาณของแข็ง (solid gain, SG) เพิ่มขึ้น โดยสภาวะที่เหมาะสม คือ อัตราส่วน เท่ากับ 1:3 ที่ผ่านการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่อุณหภูมิ  $60^\circ\text{C}$  เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ได้คะแนนการยอมรับด้านความชอบโดยรวมสูงสุด ( $p \leq 0.05$ ) อยู่ในระดับชอบปานกลาง ( $6.77 \pm 1.41$ ) จึงเลือกใช้อัตราส่วนนี้ในการประยุกต์ใช้สีจากธรรมชาติมาเป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ โดยเลือกใช้สีน้ำเงินอมม่วงจากดอกอัญชัน สีเหลืองและสีส้มแดงจากฝาง และสีดั้งเดิมของผลิตภัณฑ์ ได้ผลิตภัณฑ์ทั้งหมด 4 สี และจากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและทำนายอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ ณ สภาวะเร่ง พบว่า ค่า  $L^*$  มีค่าลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น ในขณะที่ปริมาณความชื้น และค่า  $a_w$  มีแนวโน้มคงที่ และสามารถทำนายอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ลูกจากแช่อิ่มอบแห้งแบบออสโมซิสสีดั้งเดิม สีเหลือง สีส้มแดง และสีน้ำเงินอมม่วง มีเท่ากับ 96 92 113 และ 99 วัน ตามลำดับ ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เรื่อง ผลไม้แห้ง (มผช 136/2550) ในส่วนของการถ่ายทอดเทคโนโลยีการแปรรูปผลิตภัณฑ์ลูกจากแช่อิ่มอบแห้งแบบออสโมซิส ให้แก่กลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านนาเกลือ ตำบลแหลมฟ้าผ่า อำเภอพระสมุทรเจดีย์ จังหวัดสมุทรปราการ พบว่า ผู้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยีมีความพึงพอใจโดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{x} = 4.53$ )

**คำสำคัญ:** ลูกจาก การแปรรูปอาหารด้วยวิธีออสโมซิส การอบแห้ง

## Production of Osmotic Dehydrated Nipa Palm

Janwipa Supaking

Faculty of Science and Technology, Dhonburi Rajabhat University

2016

The research aimed to production of osmotic dehydrated Nipa palm. The first step the physical characteristics, proximate composition and chemical properties of fresh nipa endosperm were studied. The average weight of halved fresh nipa endosperm was  $11.77 \pm 2.61$ ,  $L^*$   $a^*$  and  $b^*$  were  $49.19 \pm 0.74$   $0.18 \pm 0.04$  and  $1.98 \pm 0.15$ , respectively. The results showed that the fresh nipa endosperm contained 6°Brix TSS, and  $0.97 \pm 0.01$  water activity ( $a_w$ ). The proximate composition indicated the moisture content, crude protein, total fat, carbohydrate, ash and dietary fiber percentage (%) were  $88.82 \pm 0.01$ ,  $0.92 \pm 0.04$ ,  $0.02 \pm 0.00$ ,  $9.47 \pm 0.03$ ,  $0.78 \pm 0.01$  and  $4.33 \pm 0.01$ , respectively. A study of different ratio between nipa endosperm and sucrose solution were 1:1, 1:2, 1:3 and 1:4. The result indicated that high ratio caused the increase of WL and SG in the product. The appropriate condition for osmosis was at 1:3 after drying at 60°C for 6 hr by solar drying cabinet which had the highest overall acceptable sensory score ( $p \leq 0.05$ ) and was moderately liking ( $6.77 \pm 1.41$ ). Therefore, this solution ratio was selected to use in the application of natural food color; blue-purple from Butterfly pea flowers, yellow, and orange-red from Sappan and the original color of products. Altogether, resulted in four different osmo-dried nipa endosperm color products. The quality changes and predicting kinetic shelf life of products were investigated. The results indicated that  $L^*$  was increased, while moisture content and  $a_w$  were stable as storage time was increased. The predicted shelf life of the products; the original, yellow, orange-red and blue-purple color of products were 96 92 113 และ 99 days, respectively. The quality of finished product passed all requirements of Thai Community Product Standard of dried fruit (TCPS 136-2550). The training of osmotic dehydrated Nipa palm production to the community enterprise in Laemphapa sub-district, Phrasamutchedi, Samutprakarn, achieved the highest satisfaction ( $\bar{x} = 4.53$ ).

**Keywords:** Nipa Palm, osmotic dehydration, Drying

## กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยเรื่อง “การแปรรูปผลิตภัณฑ์ลูกจากแช่อิ่มอบแห้งแบบออสโมซิส” ฉบับนี้ เสร็จสมบูรณ์ได้ โดยได้รับความกรุณาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ยุกต์กมล เวชวิทยาลัง อธิการบดี และคณะผู้บริหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี ที่อนุญาติงบประมาณให้ทุนสนับสนุนงานวิจัย ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. วิไล ตั้งจิตสมคิด รองอธิการบดี และ ดร. พรศิริ กองนวล ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา ที่มีส่วนสำคัญในการผลักดันให้เกิดการดำเนินงานวิจัยเรื่องนี้ขึ้น และขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิที่ช่วยตรวจสอบ ให้คำแนะนำในการดำเนินการวิจัย และแก้ไข ปรุงเล่มรายงานการวิจัย

ขอขอบพระคุณ คุณช่อนกลีน บุญเข้ม ประธานวิสาหกิจชุมชนบ้านนาเกลือ ที่คอยให้ความช่วยเหลือในการจัดหาวัตถุดิบ ตลอดจนการให้ข้อมูลและการอำนวยความสะดวกต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินงานวิจัยเป็นอย่างมาก ขอขอบพระคุณคุณยุพา พาเจริญ เจ้าหน้าที่ธุรการ สำนักงานเกษตรอำเภอพระสมุทรเจดีย์ จังหวัดสมุทรปราการ ที่ช่วยติดต่อประสานงานกับชุมชน

ขอขอบคุณ อาจารย์ ดร. นวระหง เทพวิวัฒน์จิต และเจ้าหน้าที่ของสถาบันวิจัยและพัฒนา ที่คอยช่วยเหลือ ให้คำแนะนำและเป็นกำลังใจที่สำคัญเสมอมา รวมถึงนักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยี การอาหารทุกท่านที่ช่วยเหลือในการดำเนินการวิจัยในห้องปฏิบัติการ และช่วยเหลือในการจัดอบรม เชิงปฏิบัติการเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน

สุดท้ายนี้ ขอขอบคุณ คุณวรรณศักดิ์ สุปะกิ้ง และน้องต้นแก้ว รวมถึงทุกคนในครอบครัวที่ คอยช่วยเหลือ เคียงข้างและเป็นกำลังใจที่ดีเสมอมา

จันวิภา สุปะกิ้ง

## สารบัญ

|  | หน้า |
|--|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย                        | ก    |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ                     | ข    |
| กิตติกรรมประกาศ                        | ค    |
| สารบัญ                                 | ง    |
| สารบัญตาราง                            | ฉ    |
| สารบัญภาพ                              | ช    |
| บทที่ 1 บทนำ                           |      |
| ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา         | 1    |
| วัตถุประสงค์ของการวิจัย                | 2    |
| ขอบเขตของการวิจัย                      | 3    |
| นิยามคำศัพท์                           | 4    |
| ประโยชน์ที่ได้รับ                      | 4    |
| บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรม               |      |
| ลักษณะทั่วไปเกี่ยวกับต้นจากและลูกจาก   | 5    |
| การแปรรูปฝักและผลไม้ด้วยวิธีออสโมซิส   | 10   |
| การอบแห้งอาหารด้วยลมร้อน               | 18   |
| งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง                  | 21   |
| บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย             |      |
| วัสดุและอุปกรณ์                        | 24   |
| วิธีดำเนินการวิจัย                     | 25   |
| บทที่ 4 ผลการวิจัย                     |      |
| ผลการวิจัย                             | 26   |
| บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ |      |
| สรุปผลการวิจัย                         | 56   |
| อภิปรายผล                              | 57   |
| ข้อเสนอแนะ                             | 59   |
| บรรณานุกรม                             | 60   |

## สารบัญ (ต่อ)

|  | หน้า |
|--|------|
| ภาคผนวก  |      |
| ภาคผนวก ก แบบประเมินความชอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์             | 66   |
| ภาคผนวก ข วิธีการวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพ เคมี และทางจุลินทรีย์ | 68   |
| ภาคผนวก ค ประมวลภาพบรรยายภาคการถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน            | 72   |
| ภาคผนวก ง แบบประเมินความพึงพอใจของผู้เข้ารับการอบรม                | 74   |
| ภาคผนวก จ มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผลไม้แห้ง                           | 62   |
| ประวัติการศึกษาและการทำงาน   | 83   |

## สารบัญตาราง

| ตารางที่  | หน้า |
|---|------|
| 1 องค์ประกอบทางเคมีของลูกจาก  | 10   |
| 2 ชนิดและปริมาณแร่ธาตุที่พบในเนื้อลูกจาก  | 10   |
| 3 ลักษณะทางกายภาพของลูกจากสด  | 32   |
| 4 คุณภาพและองค์ประกอบทางเคมีของลูกจากสด   | 33   |
| 5 ค่า WL และ SG ของลูกจากแช่เย็นทั้ง 4 ทรีตเมนต์  | 34   |
| 6 ค่าสีของของผลิตภัณฑ์ภายหลังการอบแห้ง  | 36   |
| 7 คะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลูกจากแช่เย็นแบบออสโมซิส ทั้ง 4 ทรีตเมนต์   | 37   |
| 8 ผลการศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ลูกจากแช่เย็นแบบออสโมซิสเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เรื่อง ผลไม้แห้ง (มผช 136 /2550)                            | 38   |
| 9 ปริมาณความชื้นและค่า $a_w$ ของผลิตภัณฑ์สดดั้งเดิมระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 40 และ 50°C  | 43   |
| 10 ปริมาณความชื้นและค่า $a_w$ ของผลิตภัณฑ์สีเหลืองระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 40 และ 50°C   | 44   |
| 11 ปริมาณความชื้นและค่า $a_w$ ของผลิตภัณฑ์สีส้มแดงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 40 และ 50°C   | 45   |
| 12 ปริมาณความชื้นและค่า $a_w$ ของผลิตภัณฑ์สีน้ำเงินอมม่วงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 40 และ 50°C  | 46   |
| 13 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และปริมาณ <i>E. coli</i> และ Coliforms ของผลิตภัณฑ์สดดั้งเดิมระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 40 และ 50°C      | 47   |
| 14 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และปริมาณ <i>E. coli</i> และ Coliforms ของผลิตภัณฑ์สีเหลืองระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 40 และ 50°C        | 48   |
| 15 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และปริมาณ <i>E. coli</i> และ Coliforms ของผลิตภัณฑ์สีส้มแดงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 40 และ 50°C        | 49   |
| 16 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และปริมาณ <i>E. coli</i> และ Coliforms ของผลิตภัณฑ์สีน้ำเงินอมม่วงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 40 และ 50°C | 50   |
| 17 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ( $R^2$ ) ของปฏิกิริยาอันดับที่ 1 ของผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 สี  | 52   |
| 18 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม   | 54   |
| 19 คะแนนความพึงพอใจเฉลี่ยในการเข้าร่วมโครงการอบรมเชิงปฏิบัติการ เรื่อง การแปรรูปผลิตภัณฑ์ลูกจากแช่เย็นอบแห้งแบบออสโมซิส                               | 55   |

## สารบัญภาพ

| ภาพที่ |   | หน้า |
|--------|---|------|
| 1      | ป่าจากบริเวณริมคลองในชุมชนของอำพระสมุทรเจดีย์ จังหวัดสมุทรปราการ                                    | 6    |
| 2      | ลักษณะของโหม่งจากและผลจาก   | 7    |
| 3      | ลักษณะเนื้อลูกจาก   | 7    |
| 4      | การใช้ประโยชน์จากใบจาก  | 8    |
| 5      | การใช้ประโยชน์จากลูกจาก   | 9    |
| 6      | การถ่ายโอนมวลสารระหว่างการออสโมซิส  | 12   |
| 7      | การเคลื่อนที่ในช่องว่างระหว่างเซลล์โดยกลไก HDM  | 14   |
| 8      | ปรากฏการณ์ Electroporation หรือ Pore formation  | 15   |
| 9      | การถ่ายโอนความชื้นระหว่างการทำแห้ง  | 20   |
| 10     | ขั้นตอนการแปรรูปลูกจากแช่อิ่มอบแห้งแบบออสโมซิส  | 27   |
| 11     | การวัดขนาดของลูกจาก   | 32   |
| 12     | ปริมาณความชื้นของลูกจากแช่อิ่มภายหลังการอบแห้ง  | 35   |
| 13     | ค่า $a_w$ ของลูกจากแช่อิ่มภายหลังการอบแห้ง  | 35   |
| 14     | สีของผลิตภัณฑ์หลังจากการอบแห้ง  | 36   |
| 15     | ผลิตภัณฑ์ลูกจากแช่อิ่มแบบออสโมซิสที่มีการประยุกต์ใช้สีธรรมชาติมาเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์              | 38   |
| 16     | การยอมรับของผู้บริโภคด้านสีและความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 สี                                    | 39   |
| 17     | ค่า $L^*$ ของผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 สี   | 40   |
| 18     | ค่า $a^*$ ของผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 สี   | 40   |
| 19     | ค่า $b^*$ ของผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 สี   | 41   |
| 20     | ค่า $L^*$ ของผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 สี ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 40 และ 50°C                       | 42   |
| 21     | ปฏิกิริยาอันดับ 1 ของผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 สี ที่อุณหภูมิในการเก็บรักษา 30 40 และ 50°C                    | 51   |
| 22     | สมการอาร์เรเนียสที่ใช้ในการทำนายอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ลูกจากแช่อิ่มอบแห้งแบบออสโมซิสทั้ง 4 สี | 53   |



## บทที่ 1

### บทนำ

#### ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ป่าชายเลนก่อให้เกิดความหลากหลายทางชีวภาพทั้งของสัตว์น้ำชายฝั่งและพืชท้องถิ่น โดยหนึ่งในความหลากหลายทางชีวภาพของพื้นที่ป่าชายเลนที่พบเห็นได้ คือ ป่าจาก ซึ่งจากเป็นปาล์มเพียงชนิดเดียวที่เป็นพืชในป่าชายเลน เป็นพืชเก่าแก่มาชนิดหนึ่งมีอายุหลายสิบล้าน มักขึ้นเป็นดงขนาดใหญ่ในดินโคลน หรือบริเวณริมคลองที่มีน้ำท่วมขังอยู่ด้วย มักอยู่ในบริเวณที่มีน้ำจืดและน้ำกร่อยปนกัน แต่บนบกที่น้ำท่วมถึงก็พบป่าจากได้บ้าง โดยป่าจากเป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำ ช่วยป้องกันการพังทลายของตลิ่ง ช่วยรักษาระบบนิเวศและสมดุลธรรมชาติ

อำเภอพระสมุทรเจดีย์ จังหวัดสมุทรปราการ เป็นท้องถิ่นที่มีต้นจากเจริญเติบโตอยู่ได้เองตามธรรมชาติบริเวณลำคลอง ทั้งที่เป็นกลุ่มกระจัดกระจายและหนาแน่นในพื้นที่หลายแห่ง ซึ่งสามารถพบเห็นได้โดยทั่วไป ผลของจากสุกอายุประมาณ 5-7 เดือน จะมีเนื้อในเมล็ดเป็นเยื่อสีขาวใส นุ่ม มีรสหวาน มีสารอาหารที่สำคัญ ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต ใยอาหาร แร่ธาตุและวิตามินเอ ในปริมาณสูง (Osabor *et al.*, 2008) นิยมรับประทานเป็นของหวาน (นิดดา หงส์วิวัฒน์ และทวีทอง หงส์วิวัฒน์, 2550) เช่น ลูกจากลอยแก้ว และลูกจากในน้ำเชื่อม เป็นต้น ลูกจากสดจัดเป็นอาหารที่มีความขึ้นสูงจึงมีอายุการเก็บรักษาสั้น สามารถเก็บที่อุณหภูมิห้องได้เพียง 2-3 ชั่วโมงเท่านั้น แต่หากนำมาแช่เย็นที่อุณหภูมิประมาณ 4-8°C จะเก็บได้ประมาณ 5 วัน (ช่อนกลิ่น บุญเข้ม, 2558, สัมภาษณ์) ทั้งนี้เพราะอาหารที่มีความขึ้นสูงหากไม่มีการเก็บรักษาที่เหมาะสมจะเกิดเสื่อมเสียได้อย่างรวดเร็ว (นิธิยา รัตนานนท์, 2553)

จากการศึกษาข้อมูลการใช้ประโยชน์จากต้นจากในชุมชนอำเภอพระสมุทรเจดีย์ จังหวัดสมุทรปราการ พบว่า มีการนำต้นจากไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ทั้งทางตรงและทางอ้อม ได้แก่ การนำไปจากไปใช้จักสานเพื่อประดิษฐ์เป็นของใช้ เช่น หมวก กระเป๋า ที่รองจาน การเย็บใบจากเพื่อมุงหลังคา ทำเป็นฝาผนัง และองค์ประกอบซุ้มจากใบจาก การนำผลจากมารับประทานสดและนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น ขนมเปียะใส่ลูกจาก ขนมวันกรอบลูกจาก ขนมเกสรดอกจำเริญจากลูกจากลูกจากลอยแก้ว และน้ำลูกจาก (ช่อนกลิ่น บุญเข้ม, 2558, สัมภาษณ์) แต่ยังไม่มีการนำลูกจากมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ทั้งในลักษณะลูกจากแช่อิ่มและลูกจากแช่อิ่มอบแห้งเพื่อจำหน่ายเป็นรายได้เสริม

เพื่อก่อให้เกิดการสร้างได้และพัฒนาเศรษฐกิจให้แก่ชุมชน ในงานวิจัยนี้จึงศึกษาการใช้ประโยชน์จากลูกจาก โดยนำลูกจากในท้องถิ่นอำเภอพระสมุทรเจดีย์ จังหวัดสมุทรปราการ มาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ลูกจากแช่อิ่มอบแห้งแบบออสโมซิส ซึ่งการออสโมซิส (Osmotic dehydration) เป็นการแปรรูปอาหารที่สามารถลดปริมาณน้ำในอาหารลงได้ ทำได้โดยการแช่วัตถุดิบในสารละลายที่มีความเข้มข้นสูง ได้แก่ สารละลายน้ำตาล โดยไม่จำเป็นต้องใช้ความร้อนสูง เป็นวิธีลดปริมาณน้ำในวัตถุดิบที่ไม่รุนแรง จึงไม่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียคุณภาพไปจากของสดมากนัก (Raoult-Walk, 1994) แต่การออสโมซิสสามารถลดปริมาณน้ำลงได้เพียง 50% ของน้ำหนักเริ่มต้นเท่านั้น ดังนั้นจึงมีการประยุกต์ใช้การอบแห้งร่วมด้วย เพื่อลดปริมาณน้ำให้ต่ำลงจนถึงระดับที่จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญได้ โดยนำวัตถุดิบที่ผ่านการแช่อิ่มมาอบแห้งอีกขั้นตอนหนึ่ง เพื่อป้องกันการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ โดยใช้อุณหภูมิในการอบแห้งไม่สูงมากนัก นอกจากนี้ ยังมีการประยุกต์ใช้พืชให้สีมาเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ลูกจากแช่อิ่มอบแห้งที่มีสีสันสวยงามเป็นที่ดึงดูดใจผู้บริโภค และมีอายุการเก็บรักษานานขึ้น ทั้งนี้ผลิตภัณฑ์ที่ได้สามารถนำมาเป็นส่วนผสมในขนมอบ รับประทานเป็นอาหารว่าง หรือเป็นของฝาก ซึ่งถือได้ว่าเป็นการใช้ประโยชน์จากวัตถุดิบในท้องถิ่นมาเพิ่มมูลค่าเพิ่มโอกาสในการสร้างรายได้ให้แก่ชุมชน อำเภอพระสมุทรเจดีย์ จังหวัดสมุทรปราการ และเป็นการสร้างทางเลือกให้แก่ผู้บริโภค

#### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของลูกจากสด
2. เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการแปรรูปผลิตภัณฑ์ลูกจากแช่อิ่มอบแห้งแบบออสโมซิส
3. เพื่อประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลูกจากแช่อิ่มอบแห้งแบบออสโมซิส
4. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและทำนายอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ลูกจากแช่อิ่มอบแห้งแบบออสโมซิส ณ สภาวะเร่ง
5. เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีการแปรรูปผลิตภัณฑ์ลูกจากแช่อิ่มอบแห้งแบบออสโมซิสให้แก่วิสาหกิจชุมชนในเขตอำเภอพระสมุทรเจดีย์ จังหวัดสมุทรปราการ

## ขอบเขตของการวิจัย

### 1. ขอบเขตด้านเนื้อหา

การศึกษาครั้งนี้ เป็นการศึกษากระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์ลูกจากแช่อิ่มอบแห้งแบบออสโมซิสโดยศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการแปรรูปผลิตภัณฑ์ แล้วนำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาศึกษาความชอบของผู้บริโภค จากนั้นศึกษาคุณภาพและทำนายอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ โดยใช้เกณฑ์การวิเคราะห์คุณภาพตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนที่ 136/2550 เรื่อง ผลไม้แห้ง

### 2. ขอบเขตด้านประชากร

ประชากรที่ใช้ในการสำรวจข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์จากลูกจากในการนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารตามภูมิปัญญาชาวบ้าน โดยเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบไม่ใช้ความน่าจะเป็น ด้วยวิธีการเลือกแบบเจาะจง (purposive sampling) จำนวน 10 คน การศึกษาความชอบของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ลูกจากแช่อิ่มอบแห้งแบบออสโมซิส โดยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ใช้ผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 100 คน ในส่วนการทำนายอายุการเก็บรักษาทางจุลนาศาสตร์ของผลิตภัณฑ์ สภาวะเร่ง มีการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ใช้ผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 30 คน และในการถ่ายทอดเทคโนโลยีการแปรรูปผลิตภัณฑ์ลูกจากแช่อิ่มอบแห้งแบบออสโมซิส มีผู้รับการถ่ายทอด ได้แก่ กลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านนาเกลือ อำเภอพระสมุทรเจดีย์ จังหวัดสมุทรปราการ จำนวน 30 คน ซึ่งเป็นกลุ่มวิสาหกิจชุมชนที่มีการนำลูกจากมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร

### 3. ขอบเขตด้านพื้นที่

สถานที่ทำการทดลอง ได้แก่ ห้องปฏิบัติการสาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร อาคาร 1 ชั้น 4 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี และสถานที่ถ่ายทอดเทคโนโลยี ได้แก่ ที่ทำการกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านนาเกลือ อำเภอพระสมุทรเจดีย์ จังหวัดสมุทรปราการ

### 4. ขอบเขตด้านระยะเวลา

ระยะเวลาในการทำการวิจัย 1 ปี

## นิยามศัพท์

1. ลูกจาก (Nipa endosperm) หมายถึง ผลจากเมล็ดอ่อน ช่วงอายุของลูกจากที่เหมาะสมต่อการบริโภคจะมีอายุประมาณ 5-7 เดือน โดยเนื้อจะสีขาว ใส นุ่ม และมีรสชาติหวานคล้ายกับลูกตาลสด หากเนื้อลูกจากที่มีอายุแก่กว่านี้จะแข็งมากและมีรสชาติจืดจึงไม่นิยมนำมาบริโภค แต่หากจะนำมาบริโภคต้องนำมาต้มให้นิ่มลงเสียก่อน

2. การแปรรูปอาหารด้วยวิธีออสโมซิส (Osmotic dehydration) หมายถึง วิธีการที่ใช้ในการลดปริมาณน้ำในอาหาร โดยส่วนใหญ่มักใช้กับผักและผลไม้ ทำได้โดยการแช่ผักและผลไม้ในสารละลายที่มีความเข้มข้นสูง ได้แก่ สารละลายน้ำตาล โดยน้ำตาลที่อยู่ในรูปของน้ำเชื่อมค่อยๆ ซึมเข้าไปในเนื้อเยื่อของผลไม้ โดยไม่จำเป็นต้องใช้ความร้อนสูง เป็นวิธีลดปริมาณน้ำในวัตถุดิบที่ไม่รุนแรงมีข้อดี คือ สามารถลดการเสื่อมเสียคุณภาพด้านต่างๆ เช่น สี เนื้อสัมผัส กลิ่นรส ของผลิตภัณฑ์ได้

3. การอบแห้ง (Drying) หมายถึง วิธีการถนอมอาหารโดยการลดความชื้นของอาหารด้วยการระเหยน้ำออก จนถึงระดับที่สามารถระงับการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ หรือชะลอการเกิดปฏิกิริยาต่างๆ ทั้งทางเคมีและทางชีวเคมีซึ่งมีน้ำเป็นส่วนร่วมและเป็นสาเหตุให้อาหารเสื่อมเสีย ทำให้สามารถเก็บรักษาอาหารไว้ได้นานขึ้น

## ประโยชน์ที่ได้รับ

1. ชุมชนของอำเภอพระสมุทรเจดีย์ จังหวัดสมุทรปราการ ได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยีการแปรรูปผลิตภัณฑ์ลูกจากแช่อิ่มอบแห้งแบบออสโมซิสที่มีมูลค่าเพิ่มและมีอายุการเก็บรักษานานขึ้น

2. อาจารย์ และนักศึกษาได้มีโอกาสในการพัฒนาความรู้และประสบการณ์ด้านการวิจัย

3. มีการสร้างความร่วมมือระหว่างมหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรีกับชุมชนและองค์กรภาครัฐ

## บทที่ 2

### การทบทวนวรรณกรรม

การวิจัยเรื่อง การแปรรูปผลิตภัณฑ์ลูกจากแช่อิ่มอบแห้งแบบออสโมซิสเป็นการวิจัยประเภทการพัฒนาทดลอง (experimental development) ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้ารายละเอียด ข้อมูล ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจากเอกสาร ตำรา วารสารทางวิชาการและข้อมูลทางอินเทอร์เน็ต โดยนำเสนอด้วยข้อต่อไปนี้

1. ลักษณะทั่วไปเกี่ยวกับต้นจากและลูกจาก
2. การแปรรูปผักและผลไม้ด้วยวิธีออสโมซิส
3. การอบแห้งอาหารด้วยลมร้อน
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 1. ลักษณะทั่วไปของต้นจากและลูกจาก

จาก (Nipa Palm) มีชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Nypa fruticans* Wurmb. และมีชื่อเรียกทั่วไป คือ Attap Palm (สิงคโปร์) Nipa Palm (ฟิลิปปินส์) Mangrove Palm (อินโดนีเซียและมาเลเซีย) DừaNuóc (เวียดนาม) และ GolPata (บังคลาเทศ) เป็นปาล์มเพียงชนิดเดียวที่เป็นพืชในป่าชายเลน เป็นพืชเก่าแก่มาชนิดหนึ่งซึ่งมีอายุหลายสิบล้านปี มีลักษณะพิเศษ คือ เป็นพืชที่มีดอกตัวผู้และดอกตัวเมียแยกกันอยู่บนต้นเดียวกัน (Monoecious palm) ลักษณะของผลจะคล้ายกับมะพร้าวและปาล์มน้ำมัน แต่จะมีความแตกต่างจากปาล์มชนิดอื่น คือ เป็นพืชที่มีลำต้นอยู่ใต้ดิน งวงและช่อดอกจะสูงจากพื้นดินประมาณ 1 เมตร (Pramila et al., 2011) ต้นจากจะแตกกอจาก ลำต้นใต้ดินหรือลำต้นที่เลื้อยไปบนดินโดยแผ่ก้านใบและตัวใบขึ้นมาอยู่เหนือดิน ลำต้นจะแตกแขนงอยู่ใต้ดินทำให้ต้นจากขึ้นเป็นกอๆ มีความสูงประมาณ 3 เมตร เจริญเติบโตได้ดีในดินเหนียวที่มีอินทรีย์สูง และมีน้ำท่วมขัง ชอบแดดจัด ลักษณะของใบจากจะเป็นใบประกอบแบบขนนกเรียงตรงข้ามกัน มีความกว้างประมาณ 5-6 เซนติเมตร และยาวประมาณ 90-120 เซนติเมตร แผ่ใบลักษณะคล้ายใบมะพร้าว กาบใบใหญ่ห่อโคนต้น ก้านใบที่แตกใหม่จะเป็นสีม่วงแดง (ภาพที่ 1) กาบใบนี้บางครั้งจะเรียก “พอนใบ” ส่วนช่อดอกที่แทงออกมาเรียกว่า “นกจาก” ดอกจากมีสีเหลือง ออกดอกเป็นช่อแบบกระจุกแน่นระหว่างกาบใบ ดอกเป็นรูปกลม ช่อดอกจะชูตั้งขึ้นและโค้งลง มีความยาวประมาณ 25-65 เซนติเมตร ออกดอกได้ตลอดทั้งปี (สำนักงานเกษตรอำเภอพระสมุทรเจดีย์. ม.ป.ป.)

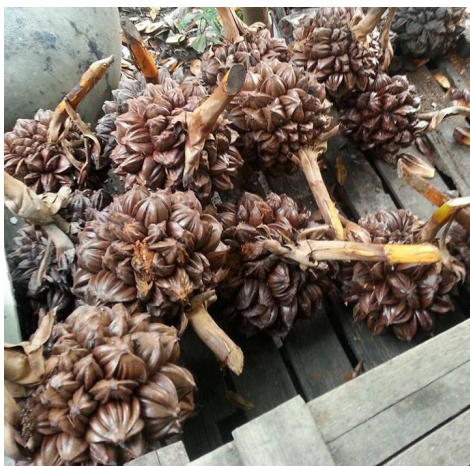
ป่าจากมักขึ้นเป็นดงขนาดใหญ่ในดินโคลน หรือบริเวณริมคลองที่มีไม่ให้ร่มเงาปะปนอยู่ด้วย มักอยู่ในบริเวณที่มีน้ำจืดและน้ำกร่อยปนกัน ทนต่อความเค็มของดิน น้ำ และแสงแดดได้ดี บนบกที่น้ำท่วมถึงก็พบจากได้บ้างเช่นกัน ป่าจากพบได้ทั่วไปในแถบทวีปเอเชียใต้ และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ รวมถึงประเทศไทยป่าจากพบมากบริเวณป่าชายเลนลุ่มแม่น้ำและแกวชายฝั่งทะเลของประเทศ ไทย ป่าจากเป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำ ช่วยป้องกันการพังทลายของตลิ่ง ช่วยรักษาระบบนิเวศและ สมดุลธรรมชาติโดยนับว่าเป็นส่วนหนึ่งของระบบนิเวศน้ำกร่อย



**ภาพที่ 1** ป่าจากบริเวณริมคลองในชุมชนของอำพระสมุทรเจดีย์ จังหวัดสมุทรปราการ

ลูกจาก (Nipa endosperm) หมายถึง ผลของเมล็ดอ่อน จะออกผลเป็นช่อ แต่ละช่อมีผลจำนวนมาก ช่อผลห้อยลง ผลอัดแน่นเป็นรูปทรงกลม เส้นผ่าศูนย์กลาง 30 เซนติเมตร ผลเป็นเหลี่ยมรูปทรงรี ยาว 7 – 10 เซนติเมตร ผลอ่อนสีเขียว และเป็นสีดำเมื่อแก่ ผลแห้งติดอยู่บนต้นก่อนที่จะร่วงหล่น เปลือกของผลเป็นเส้นใยอัดกันแน่น เมล็ดรูปไข่สีขาวแข็ง ยาว 3 – 5 เซนติเมตร เนื้อเยื่อของผลเป็นเส้นใยคล้ายมะพร้าว มีช่องอากาศมาก ทำให้ลอยน้ำได้ ใน 1 โหม่งของจากมีผลจำนวน 50 – 100 ผล และมีน้ำหนัก 10 – 20 ผล ต่อกิโลกรัม เมล็ดในของคล้ายมะพร้าว มีเนื้อ (endosperm) คล้ายมะพร้าวเช่นกัน ผลจากสามารถรับประทานได้ (ปรัชญาณี ธีญญาดี, 2546) ลักษณะของโหม่งจาก ผลจาก และเนื้อลูกจาก แสดงดังภาพที่ 2 และภาพที่ 3

ลูกจากจัดเป็นผลไม้ตามฤดูกาล ผลผลิตจะมีมากในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์ ช่วงอายุของลูกจากที่เหมาะสมต่อการบริโภคจะมีอายุประมาณ 5-7 เดือน โดยเนื้อจะสีขาว ใส นุ่ม และมีรสชาติดหวานคล้ายกับลูกตาลสด หากเนื้อลูกจากที่มีอายุแก่กว่านี้จะแข็งมากและมีรสชาติจัดจึงไม่นิยมนำมาบริโภค แต่หากจะนำมาบริโภคต้องนำมาต้มให้นิ่มลงเสียก่อน



(ก) โหม่งจาก



(ข) ผลจาก

ภาพที่ 2 ลักษณะของโหม่งจาก (ก) และผลจาก (ข)



(ก) ลักษณะเนื้อลูกจากในผลจาก



(ข) เนื้อลูกจาก

ภาพที่ 3 ลักษณะเนื้อลูกจากในผลจาก (ก) และเนื้อลูกจากหลังใช้ช้อนตักออกจากผลจาก (ข)



จากการศึกษาข้อมูลการใช้ประโยชน์จากต้นจากในชุมชนของอำเภอพระสมุทรเจดีย์จังหวัดสมุทรปราการ พบว่า มีการนำต้นจากไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ได้แก่ การนำใบจากไปใช้จักสานเพื่อประดิษฐ์เป็นของใช้ เช่น หมวก กระเป๋า ที่รองจาน การเย็บใบจากเพื่อมุงหลังคา ทำเป็นฝาผนัง และองค์ประกอบซุ้มจากใบจาก (ภาพที่ 4) ส่วนการใช้ประโยชน์จากลูกจาก โดยทั่วไปชาวบ้านนิยมนำเนื้อลูกจากมาบริโภคทั้งสดและนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ เช่น นำมาแกง แกงบวช บริโภคเป็นของหวานใส่น้ำกะทิ น้ำแข็งใส แปรรูปเป็นลูกจากลอยแก้ว ลูกจากเชื่อม ขนมยาลูกจาก และขนมปังใส่ลูก (ภาพที่ 5) (ช่อนกลิ่น บุญแซม, 2558, สัมภาษณ์; สำนักงานเกษตรอำเภอพระสมุทรเจดีย์. ม.ป.ป.)



(ก) หมวกจากใบจาก



(ข) ซุ้มจากใบจาก



(ค) หลังคาจากใบจาก



(ง) ตับจาก

**ภาพที่ 4** การใช้ประโยชน์จากใบจาก  
ที่มา: สำนักงานเกษตรอำเภอพระสมุทรเจดีย์. (ม.ป.ป.)





(ก) ลูกจากลอยแก้ว



(ข) ขนмы่างลูกจาก



(ข) วุ้นแก้วลูกจาก



(ค) น้ำลูกจาก

### ภาพที่ 5 การใช้ประโยชน์จากลูกจาก

ที่มา: สำนักงานเกษตรอำเภอพระสมุทรเจดีย์. (ม.ป.ป.)

Osabor และคณะ (2008) ได้ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของลูกจาก พบว่า ลูกจากมีสารอาหารที่สำคัญ ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน และแร่ธาตุหลายชนิด รวมทั้งมีวิตามินเอในปริมาณสูง (Osaboret *al.*, 2008) องค์ประกอบทางเคมี แร่ธาตุและปริมาณวิตามินเอของลูกจากแสดงดังตารางที่ 1 และตารางที่ 2

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของลูกจาก

| องค์ประกอบทางเคมี | ปริมาณ (% โดยน้ำหนักแห้ง) |
|-------------------|---------------------------|
| ความชื้น          | 41.96±0.28                |
| โปรตีน            | 2.27±0.01                 |
| ไขมัน             | 0.94±0.01                 |
| เถ้า              | 2.70±0.11                 |
| ใยอาหาร           | 2.50±0.19                 |
| คาร์โบไฮเดรต      | 51.08±1.71                |

ที่มา: ดัดแปลงจาก Osabor และคณะ (2008)

ตารางที่ 2 ชนิดและปริมาณแร่ธาตุที่พบในเนื้อลูกจาก

| แร่ธาตุและวิตามินเอ | ปริมาณ (มิลลิกรัม / 100 กรัมเนื้อน้ำหนักแห้ง) |
|---------------------|---|
| แร่ธาตุ             |   |
| - โซเดียม           | 11.60±0.13                                    |
| - โพแทสเซียม        | 128.52±0.64                                   |
| - แคลเซียม          | 5.00±0.40                                     |
| - แมกนีเซียม        | 11.32±0.11                                    |
| - เหล็ก             | 10.60±0.08                                    |
| - ทองแดง            | 0.60±0.08                                     |
| - สังกะสี           | 7.67±0.05                                     |
| ปริมาณวิตามินเอ     | 30.50±0.64                                    |

ที่มา: ดัดแปลงจาก Osabor และคณะ (2008)

## 2. การแปรรูปผักและผลไม้ด้วยวิธีออสโมซิส

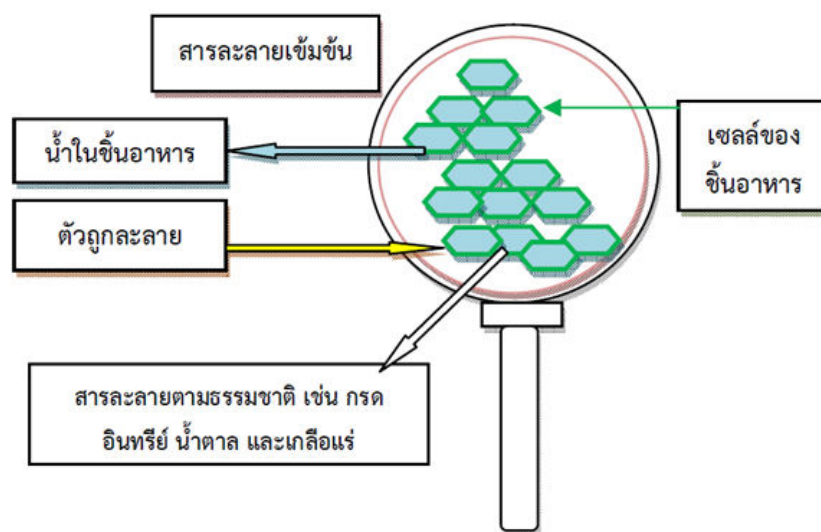
การดึงน้ำออกด้วยวิธีออสโมซิส (Osmotic dehydration) เป็นกระบวนการที่สามารถลดปริมาณน้ำในอาหารลงได้ โดยส่วนใหญ่มักใช้กับผักและผลไม้ เนื่องจากผักและผลไม้เป็นวัตถุดิบที่มีปริมาณน้ำมาก (perishable) หากไม่มีการเก็บรักษาที่เหมาะสมจะเกิดเสื่อมเสียได้อย่างรวดเร็วจากการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสีย (microbial spoilage) และจุลินทรีย์ให้เกิดโรค

(pathogen) (นิธิยา รัตนูปนันท, 2553) วิธีการออสโมซิสยังเหมาะกับผักและผลไม้ที่มีความไวต่อความร้อน หรือผักและผลไม้ที่มีเนื้ออ่อนนุ่ม (soft fruit) (วนิดา สระทองคำ, 2543)

การแปรรูปผักและผลไม้ด้วยวิธีออสโมซิสทำได้โดยการแช่ผักและผลไม้ในสารละลายที่มีความเข้มข้นสูงและมีปริมาณน้ำอิสระ (water activity,  $a_w$ ) ต่ำกว่าเมื่อเทียบกับสารละลายในผักและผลไม้ เรียกว่า สารละลายออสโมติก เช่น สารละลายน้ำตาล สารละลายเกลือ และสารละลายผสมระหว่างน้ำตาลและเกลือ เป็นต้น การแช่ผักและผลไม้ในสารละลายออสโมติกทำให้เกิดความแตกต่างของแรงดันออสโมติก (osmotic pressure) อาศัยหลักการเคลื่อนย้ายน้ำบางส่วนจากเนื้อเยื่ออาหารซึ่งเกิดจากความแตกต่างของแรงดันออสโมติกระหว่างภายในเซลล์ของอาหารและสารละลายออสโมติกเกิดเป็นแรงขับ (driving force) ทำให้มีการถ่ายโอนมวลสารระหว่างเซลล์ของอาหารและสารละลายออสโมติกในลักษณะสวนทางกัน ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ซึ่งทำหน้าที่เป็นเยื่อเลือกผ่าน (Semi-permeable membrane) (ภาพที่ 6) สำหรับผักและผลไม้ผนังเซลล์สามารถยืดขยายตัวได้ เมื่อมีแรงดันเกิดขึ้นภายในเซลล์เยื่อหุ้มเซลล์จะทำหน้าที่เป็นเยื่อเลือกผ่านโดยยอมให้น้ำแพร่ผ่านได้มากกว่าตัวถูกละลายของสารละลายออสโมติก โดยการถ่ายโอนมวลสารที่เกิดขึ้นระหว่างการออสโมซิส ได้แก่ 1) น้ำภายในเซลล์ของผักผลไม้จะแพร่ออกจากเซลล์สู่สารละลายออสโมติก 2) ตัวถูกละลายของสารละลายออสโมติก เช่น น้ำตาลหรือเกลือจะแพร่เข้าสู่ภายในเซลล์ผักผลไม้ และ 3) สารบางอย่างที่มีอยู่ภายในเซลล์ผักผลไม้ตามธรรมชาติเช่นกรดอินทรีย์และเกลือแร่จะแพร่ออกจากเซลล์สู่สารละลายออสโมติก ทั้งนี้การถ่ายโอนมวลสารหลักที่เกิดขึ้นคือการเคลื่อนย้ายของน้ำภายในเซลล์ของผักผลไม้ที่เกิดสวนทางกับการเคลื่อนย้ายของตัวถูกละลายของสารละลายออสโมติก โดยการถ่ายโอนมวลสารนี้จะเกิดขึ้นจนเข้าสู่สมดุลของสารละลายภายในและภายนอกเซลล์ ส่วนการเคลื่อนย้ายของสารที่มีอยู่ตามธรรมชาติในเซลล์ผักผลไม้จะเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ดังนั้นการดึงน้ำออกด้วยวิธีออสโมซิสจะทำให้ปริมาณน้ำในผักผลไม้ลดลงปริมาณของแข็งเพิ่มขึ้นและทำให้น้ำหนักสุทธิลดลงได้ รวมถึงทำให้ค่า  $a_w$  ของผักผลไม้ลดลงด้วย (Torreeggiani, 1993; Raoult-Wack, 1994 อ้างถึงใน วิษณีย์ ยืนยงพุทธกาล. 2556)

การแปรรูปผักและผลไม้ด้วยวิธีออสโมซิสถือว่าเป็นกระบวนการที่สามารถลดปริมาณน้ำในวัตถุดิบลงได้โดยไม่ต้องใช้ความร้อนสูง ใช้พลังงานต่ำ ทำได้โดยให้น้ำตาลที่อยู่ในรูปของน้ำเชื่อมค่อยๆ ซึมเข้าไปในเนื้อเยื่อของผลไม้ โดยความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วง 30-70% แตกต่างกันไปตามชนิดของผลไม้ (นันทวัน เทอดไท, 2551) ซึ่งเป็นวิธีลดปริมาณน้ำในผักและผลไม้ที่ไม่รุนแรง จึงไม่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียคุณภาพไปจากของสดมากนัก โดยสามารถลดการเสื่อมเสียคุณภาพด้านต่างๆ เช่น สี เนื้อสัมผัส และกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมมาประยุกต์ใช้ในกระบวนการผลิตอาหาร (วิษณีย์ ยืนยงพุทธกาล. 2556) ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้ยังคงคุณค่าของสารอาหารเป็นการปรับปรุงกลิ่นรสและลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ลดการเปลี่ยนแปลง

ลักษณะทางด้านสีของผลไม้เนื่องจากการทำงานของ Enzymatic oxidative browning (Torreggiani, 1993 อ้างถึงใน วิษณณิ ยินยงพุทธกาล, 2557) กระบวนการออสโมซิสเป็น กระบวนการที่ และสามารถลดปริมาณน้ำลงได้ 50% ของปริมาณน้ำหรือความชื้นเริ่มต้น ได้มีการใช้ ชื่อเรียกอื่นแทนการดึงน้ำออกด้วยวิธีออสโมซิส ได้แก่ กระบวนการดึงน้ำออกและการจุ่มแช่ (Dewatering and impregnation soaking process, DIS process) (Raoult-Wack, 1994) หรือ วิธีการแช่ที่คนไทยคุ้นเคยนั่นเอง



ภาพที่ 6 การถ่ายโอนมวลสารระหว่างการออสโมซิส

ที่มา: ดัดแปลงจาก Torreggiani (1993) อ้างถึงในวิษณณิ ยินยงพุทธกาล (2556)

## 2.1 วิธีการแช่

ผลไม้แช่ หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำผลไม้สดหรือผลไม้ดองมาตัดแต่ง ได้แก่ การปอกเปลือก คว้านเมล็ด ล้างยาง ผ่าเป็นชิ้น อาจนำไปแช่ปูนใสหรือสารช่วยให้กรอบ อาจ ต้มก่อนนำไปแช่ในน้ำเชื่อมด้วยการรวมวิธีการแช่แบบช้าหรือแบบเร็วจนอิมตัว อาจผสม ส่วนประกอบอื่น เช่น เกลือ กรดซิตริกลงในน้ำเชื่อมก็ได้ (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2550) ทั้งนี้ การแช่ผลไม้มีอยู่ 2 วิธี คือ

**2.1.1 การทำผลไม้แช่แบบเร็ว** ทำได้โดยแช่ผลไม้ในน้ำเชื่อมอย่างเข้มข้น ประมาณ 30-40% ที่อุณหภูมิสูงจนกระทั่งน้ำเชื่อมมีความเข้มข้น 60-70% แล้วผึ่งแดดให้แห้ง ถ้า อุณหภูมิของน้ำเชื่อมสูงขึ้น จะช่วยทำให้น้ำซึมออกจากเซลล์และน้ำตาลแพร่เข้าไปในเซลล์ได้เร็วขึ้น

การแช่ในสารละลายน้ำตาลมีความเข้มข้นสูงๆ มักจะมีปัญหาของการตกผลึกของน้ำตาลได้ แต่สามารถป้องกันปัญหานี้ได้โดยการเติมกรดซิตริกความเข้มข้นประมาณ 0.1% วิธีนี้ใช้เวลาสั้นทำให้ผลไม้หัดตัวมากจนมีลักษณะเหี่ยวยุบและมีรสหวานไม่สม่ำเสมอ มีสีน้ำตาลเข้ม เนื้อสัมผัสเหนียวและแข็งเพราะน้ำเชื่อมมีความเข้มข้นสูง (จินตนา ศรีสุข, 2546) วิธีนี้ไม่เหมาะกับผลไม้ที่มีนิ่มและเลาะง่าย ผลไม้ที่นิยมใช้วิธีการแช่อิ่มแบบเร็ว ได้แก่ กล้วยน้ำว้าห่าม และอาจมีการใช้เทคโนโลยีการเคี้ยวผลไม้ในระบบสุญญากาศ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีสีสวยงามและเนื้อผลไม้ไม่เละเกินไป (อภิญญา เจริญกุล, 2556)

**2.1.2 การทำผลไม้แช่อิ่มแบบช้า** ทำได้โดยแช่ผลไม้ในน้ำเชื่อมอย่างเข้มข้น ประมาณ 30-40% นาน 24 ชั่วโมง แล้วปรับความเข้มข้นของน้ำเชื่อมให้เพิ่มขึ้นอีก 10% ทุกๆ 24 ชั่วโมง ทำซ้ำเช่นนี้เป็นเวลา 6-7 วัน จนกระทั่งความเข้มข้นของน้ำเชื่อมไม่น้อยกว่า 65% เมื่อผลไม้แช่อิ่มด้วยน้ำตาลแล้วน้ำขึ้นผลไม้ออกไปผึ่งแดดหรืออบแห้ง วิธีนี้จะได้ผลิตภัณฑ์แช่อิ่มที่ดีกว่าวิธีแรก โดยผลไม้ยังคงรูปไม่หัดตัวมาก มีความหวานสม่ำเสมอ สีไม่คล้ำ แต่มีข้อเสียคือ ต้องใช้เวลานานในการแช่ซึ่งอาจทำให้สารละลายน้ำตาลเกิดกลิ่นเน่าเสียซึ่งเกิดจากการหมักของจุลินทรีย์ ดังนั้น ควรมีการควบคุมการผลิตที่ดีเพื่อป้องกันการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์แช่อิ่ม (จินตนา ศรีสุข, 2546) โดยการต้มน้ำเชื่อมให้เดือดทุกวันและอุปกรณ์ต้องสะอาด แต่หากน้ำเชื่อมขุ่นหรือเปรี้ยว หรือมีราเกิดขึ้น ให้เตรียมน้ำเชื่อมใหม่ให้มีความเข้มข้นเท่ากับน้ำเชื่อมที่ทิ้งไป (อภิญญา เจริญกุล, 2556)

## 2.2 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการออสโมซิส

### 2.2.1. ลักษณะของผักและผลไม้

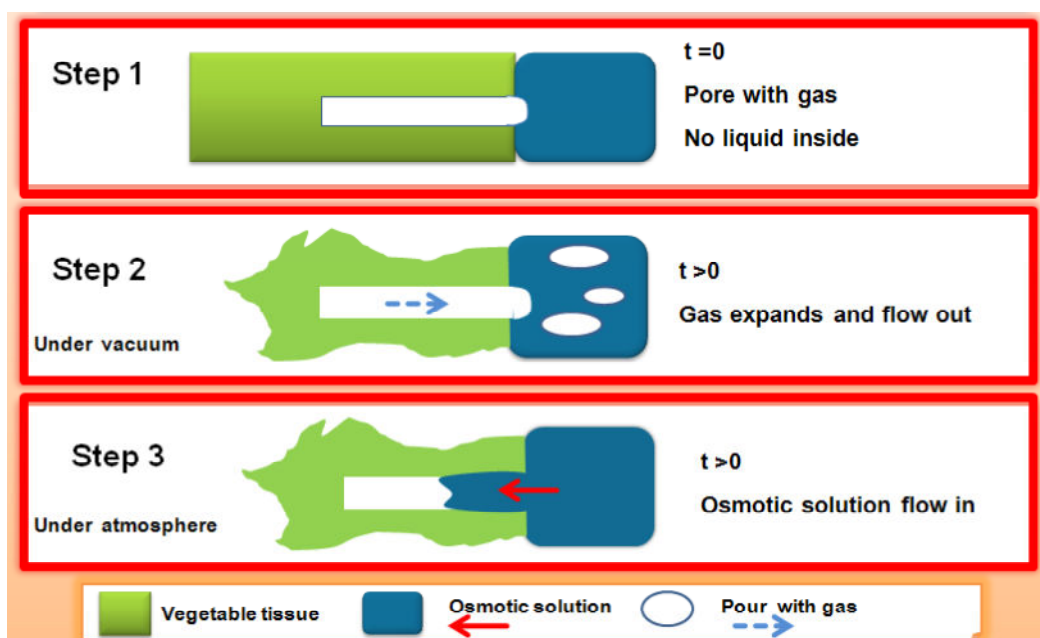
**2.2.1.1 ชนิด พันธุ์ และความสุก** องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบผักผลไม้ และลักษณะทางกายภาพ เช่น ความเป็นรู การเรียงตัวและโครงสร้างของเซลล์ ลักษณะเส้นใยและผิว สัดส่วนของโปรโตพลาสต์ต่อเพคตินที่ละลายได้ ช่องว่างภายในเซลล์และการยึดติดกันของเซลล์ เป็นต้น มีความแตกต่างกันเมื่อชนิด พันธุ์ และความสุกต่างกัน ซึ่งมีผลต่อประสิทธิภาพการถ่ายโอนมวลสารระหว่างเซลล์ผักผลไม้กับสารละลายออสโมติกและมีผลโดยตรงต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์หลังการออสโมซิสและความสามารถในการถ่ายโอนมวลสารระหว่างการออสโมซิส

**2.2.1.2 รูปร่างและขนาดของชิ้นอาหาร** มีผลต่อพฤติกรรมการเคลื่อนที่ระหว่างการถ่ายโอนมวลสารขณะออสโมซิส ซึ่งเป็นผลจากระยะการเคลื่อนที่ของน้ำออกจากชิ้นผักผลไม้และการเคลื่อนที่ของตัวถูกละลายจากสารละลายออสโมติก และมีผลต่อสัดส่วนระหว่างพื้นที่ผิวสัมผัสกับสารละลายออสโมติก ถ้ามีพื้นที่ผิวสัมผัสมาก เช่น รูปร่างเป็นวงแหวนและขนาดชิ้นเล็ก น้ำจะมีโอกาสแพร่ออกมาได้มากกว่าการมีพื้นที่ผิวสัมผัสน้อย เช่น รูปร่างเป็นแว่นและขนาดชิ้นใหญ่

## 2.2.2 การเตรียมขั้นต้น

**2.2.2.1 การลวก** สามารถทำได้โดยลวกในน้ำร้อนหรือลวกโดยใช้ไอน้ำร้อน การลวกจะทำให้เยื่อหุ้มเซลล์ของผักผลไม้อ่อนตัวลง เพิ่มความสามารถในการเป็นเยื่อเลือกผ่านของเยื่อหุ้มเซลล์ให้มากขึ้น เพิ่มโอกาสการแพร่ของน้ำออกจากเซลล์และทำให้ตัวถูกละลายจากสารละลายออสโมติก สามารถแพร่เข้าไปในเซลล์ได้มากขึ้น โดยพบว่าการลวกให้ผลดีกับผักผลไม้ที่มีเนื้อแข็ง

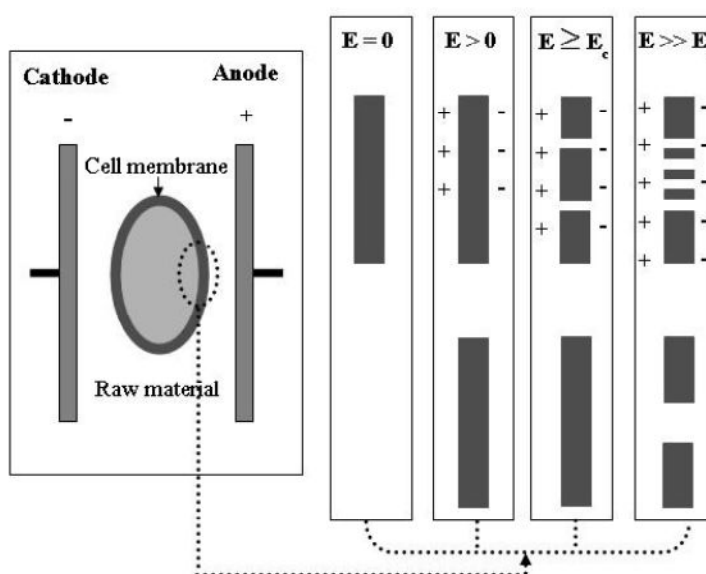
**2.2.2.2 การใช้ภาวะสุญญากาศ** ทำได้โดยการลดความดันอากาศลง จนทำให้เกิดสภาวะความดันสุญญากาศในภาชนะปิดเมื่อเริ่มต้นกระบวนการออสโมซิสเป็นระยะเวลาหนึ่ง หลังจากนั้นจะปล่อยให้กลับคืนสู่ความดันบรรยากาศ เป็นการเพิ่มแรงขับเคลื่อนในการแพร่ของน้ำจากเนื้อเยื่อของชิ้นผักผลไม้ไปสู่สารละลายออสโมติก โดยเกิดกลไก Hydrodynamic (HDM) (ภาพที่ 7) ขั้นที่ 1 เมื่อเริ่มแช่ชิ้นผักผลไม้ ( $t = 0$ ) ที่สภาวะบรรยากาศสารละลายภายนอกยังไม่มี การเคลื่อนที่เข้ามาภายในช่องว่างระหว่างเซลล์ ขั้นที่ 2 หลังจากแช่ผักผลไม้ที่สภาวะสุญญากาศ ( $t > 0$ ) ก๊าซที่อยู่ในช่องว่างระหว่างเซลล์จะถูกดูดออกมาพร้อมกับการดูดอากาศ และขั้นที่ 3 เมื่อหยุดการใช้สภาวะสุญญากาศและแช่ชิ้นผลไม้ต่อที่สภาวะบรรยากาศเป็นระยะเวลาหนึ่ง ( $t > 0$ ) สารละลายแพร่ผ่านเข้ามาในช่องว่างระหว่างเซลล์ โดยเข้ามาแทนที่ก๊าซที่ถูกดูดออกไปโดยการแพร่ผ่านรูขนาดเล็ก (Capillary action) และเป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงความดันบรรยากาศ (Pressure gradients) (Chiralt และ Fito, 2003 อ้างถึงใน วิษมณี ยืนยงพุทธกาล, 2557)



ภาพที่ 7 การเคลื่อนที่ในช่องว่างระหว่างเซลล์โดยกลไก HDM

ที่มา: ดัดแปลงจาก Chiralt และ Fito (2003) อ้างถึงใน วิษมณี ยืนยงพุทธกาล (2557)

**2.2.2.3 การใช้สนามไฟฟ้าแรงสูงแบบเป็นจังหวะ (Pulsed Electric Fields ; PEF)** โดยให้สนามไฟฟ้า ( $E$ ) ผ่านขั้วอิเล็กโทรดที่สัมผัสกับอาหารจนเกิดการเหนี่ยวนำให้เกิดประจุไฟฟ้าที่เยื่อหุ้มเซลล์ เมื่อมีการสะสมประจุไฟฟ้าที่เยื่อหุ้มเซลล์จนทำให้มีค่าความเข้มสนามไฟฟ้ามากกว่า ค่าความเข้มสนามไฟฟ้าวิกฤตที่จะทำให้เกิดการแตกของเยื่อหุ้มเซลล์ ( $E_c$ ) ซึ่งจะใช้เวลาสั้นมาก (ภาพที่ 8) เพื่อให้เยื่อหุ้มเซลล์เกิดรูขนาดเล็ก ซึ่งมีผลต่อการเพิ่มอัตราการถ่ายโอนมวลสารเข้าออกผ่านเยื่อหุ้มเซลล์เท่านั้น โดยเซลล์ไม่ถูกทำลายมากนัก สามารถประยุกต์ใช้กับการเตรียมชิ้นต้นก่อนการดองน้ำออกแบบออสโมซิสได้ (Von *et al.*, 2006 อ้างถึงในวิชมนิ ยืนยงพุทธิกาล, 2556)



ภาพที่ 8 ปรากฏการณ์ Electroporation หรือ Pore formation

ที่มา: ดัดแปลงจาก Mertens & Knorr (1992) อ้างถึงใน วิชมนิ ยืนยงพุทธิกาล (2556)

**2.2.2.4 การใช้คลื่นอัลตราโซนิก** หากนำมาประยุกต์ใช้ในการเตรียมชิ้นต้นก่อนการออสโมซิสผักผลไม้จะช่วยให้ น้ำที่ยึดติดกับเนื้อเยื่อผักผลไม้สามารถแพร่ออกมาได้ง่ายขึ้น มีผลทำให้เกิดรูขนาดเล็กขึ้นในชิ้นผักผลไม้ได้ ซึ่งเป็นการช่วยเพิ่มโอกาสให้สารละลายออสโมติกสัมผัสกับเนื้อเยื่อได้มากขึ้น จึงมีโอกาสเกิดการถ่ายโอนมวลสารได้มากขึ้นนั่นเอง มีส่วนช่วยให้การแพร่ออกของน้ำง่ายขึ้นและใช้เวลาในการทำแห้งลดลงได้ (Fernandes *et al.*, 2009 อ้างถึงใน วิชมนิ ยืนยงพุทธิกาล, 2556)

### 2.2.3 ลักษณะของสารละลายออสโมติก

**2.2.3.1 ชนิดของสารละลายออสโมติก** สารละลายออสโมติกที่นิยมใช้ คือ น้ำเชื่อมจากน้ำตาล และนิยมเติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ปริมาณเล็กน้อยลงไปในสารละลายออสโมติกด้วย ซึ่งนอกจากจะช่วยเพิ่มแรงขับแล้วยังช่วยลดค่า  $a_w$  ของผลิตภัณฑ์ป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ด้วย การใช้น้ำคั้นจากผลไม้มาเตรียมเป็นสารละลายออสโมติกก็สามารถช่วยลดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์หลังการออสโมซิสได้ เนื่องจากสามารถเกิดการถ่ายเทสารธรรมชาติที่มีในน้ำคั้นเหล่านั้นกลับคืนมาได้ ในผลิตภัณฑ์ได้ นอกจากนี้อาจเติมสารอื่นลงไปด้วย เช่น เติมน้ำตาลเพื่อช่วยให้ผลิตภัณฑ์คงรูปร่าง เนื้อสัมผัสไม่แข็งกระด้าง เป็นต้น

**2.2.3.2 ความเข้มข้นของสารละลายออสโมติก** ในการออสโมซิสต้องใช้สารละลายออสโมติกที่มีความเข้มข้นสูงกว่าความเข้มข้นภายในชิ้นผักผลไม้เพื่อให้เกิดความแตกต่างของแรงดันเกิดเป็นแรงขับให้มีการถ่ายโอนมวลสาร โดยมีแนวโน้มคือเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายออสโมติกส่งผลให้อัตราการถ่ายโอนมวลสารของน้ำและตัวถูกละลายมีค่าเพิ่มขึ้น และมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีค่า  $a_w$  ต่ำลง อย่างไรก็ตามการใช้สารละลายออสโมติกที่เข้มข้นมากเกินไปก็สามารถทำให้เกิดการถ่ายโอนมวลสารลดลงได้ เนื่องจากหากสารละลายมีความเข้มข้นมากมกมีความหนืดมากและอาจเกิดชั้นบางๆ ที่ผิวของชิ้นวัตถุดิบซึ่งจะขัดขวางการเคลื่อนที่ของน้ำและตัวถูกละลายระหว่างการออสโมซิสได้ (Sankat, *et al.*, 1996 อ้างถึงใน วิษมณี ยืนยงพุทธกาล, 2556)

### 2.2.4 อุณหภูมิและเวลาการออสโมซิส

เมื่ออุณหภูมิที่ใช้สูงขึ้นจะทำให้โครงสร้างบางส่วนของผักผลไม้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพไป คือ เยื่อหุ้มเซลล์อ่อนตัวลงจึงทำให้การแพร่ผ่านของน้ำและตัวถูกละลายเป็นไปได้ง่ายกว่าการใช้อุณหภูมิต่ำ และในกรณีการออสโมซิสโดยใช้น้ำเชื่อมการเพิ่มอุณหภูมิในการออสโมซิส มีผลให้ความหนืดของน้ำเชื่อมลดลงทำให้การเคลื่อนที่ของน้ำและน้ำตาลสะดวกขึ้น เป็นผลให้อัตราการออสโมซิสสูงขึ้นด้วย ส่วนเวลาที่ใช้ในการแช่ผักผลไม้ในสารละลายออสโมติกนาน มีโอกาสให้วัตถุดิบสัมผัสกับสารละลายออสโมติกมากขึ้น น้ำในวัตถุดิบสามารถแพร่ออกมาในอัตราสูง โดยเฉพาะในช่วงแรก แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเวลาผ่านไปช่วงหนึ่งน้ำจะแพร่ออกมาในอัตราที่ลดลง เมื่อเวลาในการออสโมซิสนานขึ้นจะเกิดการสะสมของน้ำที่แพร่ออกจากผักผลไม้มากขึ้น สารละลายออสโมติกจึงมีความเข้มข้นลดลงกว่าช่วงแรก จึงทำให้แรงดันออสโมติกมีค่าน้อยลงมีผลให้เกิดแรงขับที่จะถ่ายโอนมวลน้อยและช้าลง

### 2.2.5 ปัจจัยอื่นๆ

นอกจากปัจจัยต่างๆ ที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว ยังมีปัจจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับการดึงน้ำออกด้วยวิธีออสโมซิสในผักผลไม้ เช่น การคนหรือกวนสารละลายออสโมติก เป็นการทำให้สารละลายออสโมติกมีการเคลื่อนที่ ซึ่งจะช่วยให้เกิดการกระจายความเข้มข้นของสารละลายออสโม



ดิกให้มีความสม่ำเสมอมากขึ้นได้ ทำให้ประสิทธิภาพการออสโมซิสสูงขึ้นด้วย รวมทั้งอัตราส่วนระหว่างสารละลายออสโมติกกับผักผลไม้ก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการออสโมซิสโดยถ้าอัตราส่วนนี้เพิ่มขึ้นจะทำให้ น้ำแพร่เร็วขึ้น

## 2.3 ข้อดีข้อเสียของแปรรูปผัก ผลไม้ด้วยวิธีออสโมซิส (วิชมณี ยืนยงพุทธกาล, 2557)

### 2.3.1 ข้อดี

- วัตถุดิบที่อบแห้งไม่ต้องผ่านการใช้อุณหภูมิสูง
- ช่วยรักษากลิ่นรสของวัตถุดิบได้ดีกว่าการทำแห้งโดยใช้ลมร้อน
- การใช้ความเข้มข้นของสารละลายสูง จะสามารถป้องกันการเกิดสีน้ำตาลได้ ดังนั้นผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีสีสวยงาม
- การซึมผ่านของน้ำตาลจะทำให้รสชาติของผลิตภัณฑ์ดีขึ้นเหมาะสำหรับเป็นอาหารขบเคี้ยว หรืออาหารว่าง
- ช่วยลดพลังงานในการทำแห้งลง เนื่องจากการดึงน้ำออกจากชิ้นอาหารก่อนการทำแห้งบางส่วน

### 2.3.2 ข้อเสีย

- ทำให้กรดที่มีอยู่ในผลไม้ลดปริมาณลง ดังนั้นควรมีการเติมกรดผสมลงในสารละลายที่ใช้ในการออสโมติก
- น้ำตาลทำให้เกิดปัญหาเป็นฟิล์มบางบริเวณผิวหน้าผลิตภัณฑ์ สามารถแก้ไขได้โดยการล้างในน้ำอย่างรวดเร็ว ภายหลังการดึงน้ำออกด้วยวิธีออสโมซิส
- ผลของน้ำตาลที่ใช้อาจทำให้เกิดกลิ่นอับหรือกลิ่นหืนได้เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง กระบวนการนี้มีค่าใช้จ่ายสูงกว่าการทำแห้งโดยใช้ลมร้อนหรือการทำแห้งโดยใช้สุญญากาศ แต่จะมีราคาถูกกว่าการทำแห้งโดยวิธีแช่เยือกแข็ง
- การจัดการสารละลายออสโมติกที่ใช้แล้วโดยนำสารละลายไปปรับความเข้มข้นแล้วนำกลับมาใช้ใหม่แต่มีข้อจำกัด คือ เสียค่าใช้จ่ายในการติดตั้งกระบวนการสูงและการนำสารละลายกลับมาใช้ใหม่อย่างต่อเนื่องมีข้อจำกัด คือ ทำให้สารละลายเกิดการเจือจางและการปนเปื้อนของจุลินทรีย์หรืออาจนำมาใช้เป็นวัตถุเจือปนในอาหารเช่น สารให้สี สารให้กลิ่นรสให้กับอาหารได้

แม้ว่าการแปรรูปผักและผลไม้ด้วยวิธีออสโมซิส สามารถลดปริมาณน้ำจากเนื้อเยื่อผลไม้ได้ แต่สามารถลดปริมาณน้ำลงได้เพียงประมาณ 50% ของน้ำหนักเริ่มต้นเท่านั้น ซึ่งจุลินทรีย์ยังสามารถเจริญได้ (จุฑามาศ นิวัฒน์, 2542) ดังนั้นจึงมีการประยุกต์ใช้การอบแห้งร่วมด้วย โดยนำผลไม้ที่ผ่านการแช่อิมมersionอบแห้งอีกขั้นตอนหนึ่ง เพื่อลดปริมาณน้ำในวัตถุดิบและป้องกันการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ โดยใช้อุณหภูมิในการอบแห้งไม่สูงมากนักซึ่งอยู่ในช่วง 55-70°C เนื่องจากการใช้อุณหภูมิในการอบแห้งสูงเกินไปอาจทำให้เกิดผลึกน้ำตาลที่ผิวของผลิตภัณฑ์ได้ การผลิตผลไม้แช่อิมมersionอบแห้งยังสามารถพัฒนาเป็นอุตสาหกรรมระดับท้องถิ่นและระดับประเทศเพื่อการส่งออกผลไม้แปรรูปผลไม้แช่อิมมersionหรือผลไม้แช่อิมมersionอบแห้ง (ไพโรจน์ วิริยะจารี, 2539) ทั้งนี้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ได้ต้องมีความชื้นไม่เกิน 18% และมีค่า  $a_w$  ไม่เกิน 0.75 ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผลไม้แห้ง (มผช. 136/2550)

### 3. การอบแห้งอาหาร

การอบแห้ง (Drying) เป็นวิธีการถนอมอาหาร โดยการให้ความร้อนแก่อาหารระดับหนึ่งเพื่อลดความชื้นของอาหารด้วยการระเหยน้ำออก จนถึงระดับที่สามารถระงับการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ หรือชะลอการเกิดปฏิกิริยาต่างๆ ทั้งทางเคมีและทางชีวเคมีซึ่งมีน้ำเป็นส่วนร่วมและเป็นสาเหตุให้อาหารเสื่อมเสีย ทำให้สามารถเก็บรักษาอาหารไว้ได้นานขึ้น อย่างไรก็ตาม การทำแห้งทำให้เกิดการสูญเสียทั้งคุณภาพการบริโภคและคุณค่าทางโภชนาการของอาหาร ดังนั้น จึงมีการออกแบบเครื่องอบแห้ง โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการทำแห้งอาหารแต่ละชนิด โดยให้มีการสูญเสียคุณภาพการบริโภคและคุณค่าทางโภชนาการน้อยที่สุด

ประโยชน์ของการทำแห้ง (สุคนธ์สิน ศรีงาม, 2546)

1. ป้องกันการเสื่อมเสียของอาหารเนื่องจากจุลินทรีย์ ปฏิกิริยาทางเคมีและเอนไซม์
2. ทำให้มีอาหารไว้บริโภคในยามขาดแคลน นอกฤดูปลูก หรือในแหล่งห่างไกล
3. สามารถยืดอายุการเก็บรักษาของอาหารได้นานขึ้นโดยไม่ต้องแช่เย็น ซึ่งจะช่วยลดพลังงานและค่าใช้จ่าย
4. ทำให้อาหารมีน้ำหนักลดลง ช่วยให้สะดวกต่อการบรรจุ การขนส่งและการเก็บรักษา
5. ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ใหม่ เช่น ลูกเกด ซึ่งได้จากการทำแห้งองุ่น
6. ช่วยให้ง่ายต่อการใช้งาน เช่น กาแฟผงสำเร็จรูป

### 3.1 การถ่ายโอนความร้อนและมวลสาร (สุคนธ์ชื่น ศรีงาม, 2546)

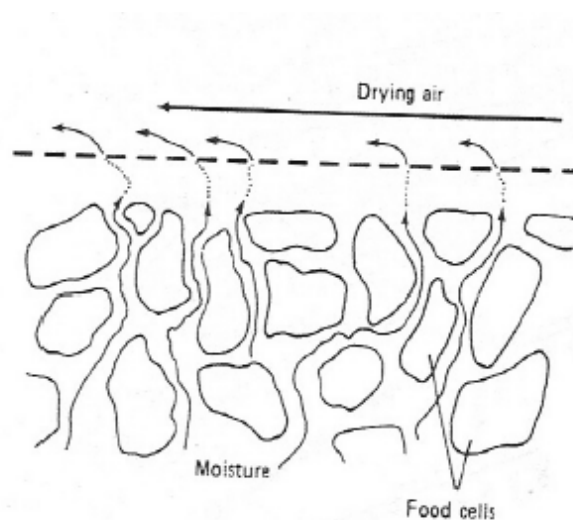
ในการทำแห้งจะต้องมีการให้พลังงานแก่อาหาร ทำให้น้ำในอาหารเปลี่ยนสถานะเป็นไอ แล้วเคลื่อนออกจากอาหาร แสงอาทิตย์เป็นพลังงานความร้อนจากธรรมชาติและกระแสลมที่พัดผ่านอาหารทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายไอน้ำ เนื่องจากพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ให้อุณหภูมิไม่สูงมากนักและกระแสลมในธรรมชาติไม่สูงพอ ทำให้การตากแห้งต้องใช้เวลาช้านาน ดังนั้นจึงได้มีการพัฒนาเครื่องอบแห้ง ที่มีการให้พลังงานความร้อนในปริมาณที่ควบคุมได้ รวมถึงมีอุปกรณ์ที่ช่วยในการกระจายความร้อนและไอน้ำออกจากผิวหน้าของอาหารได้อย่างสม่ำเสมอ การถ่ายเทความร้อนและมวลสารเกิดได้เร็ว อาหารจะแห้งเร็ว การถ่ายเทความร้อนและมวลสารระหว่างการอบแห้งทำได้หลายวิธี คือ

1. การให้กระแสลมร้อนเคลื่อนที่ผ่านอาหาร กระแสลมร้อนทำหน้าที่ให้ความร้อนและเคลื่อนย้ายไอน้ำ การถ่ายเทความร้อนแบบนี้ เป็นการพาความร้อน (convection)
2. การแผ่อาหารเป็นชั้นบางๆ บนพื้นผิวที่ให้ความร้อน อาหารได้รับความร้อนแบบการนำความร้อน (conduction) ทำให้น้ำกระจายตัวไปสู่บรรยากาศเหนืออาหาร อาหารที่ร้อนจัดทำให้น้ำกระจายตัวได้ดี อาหารจึงแห้งได้โดยใช้เวลาน้อยๆ อาจมีระบบดูดอากาศออกจากผิวอาหาร ซึ่งสามารถทำให้ลดความชื้นได้ต่ำลงอีก หรือไม่จำเป็นต้องทำให้อาหารมีอุณหภูมิสูงมากนัก
3. การให้ความร้อนแก่อาหารในเครื่องอบแห้งด้วยการนำความร้อนหรือการแผ่รังสีร่วมกับการดูดอากาศที่มีไอน้ำออกไปควบแน่นข้างนอก
4. การปรับสภาพความดันและอุณหภูมิให้น้ำในอาหารเป็นของแข็งที่ระดับต่ำกว่าจุดรวม 3 สถานะ (triple point) แล้วให้พลังงานความร้อนหรือลดความดันลงอีก ทำให้เกิดการระเหิด น้ำเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นไอโดยตรง วิธีนี้ เรียกว่า การทำแห้งโดยการแช่เยือกแข็ง (freeze drying)

### 3.2 การอบแห้งอาหารด้วยอากาศร้อน

เมื่ออากาศร้อนสัมผัสกับอาหาร ความร้อนจากอากาศจะถูกถ่ายเทไปยังผิวของอาหาร และทำให้น้ำเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอ ไอน้ำนี้จะแพร่ผ่านชั้นของอากาศรอบๆ ชิ้นอาหารและถูกพาไปพร้อมกับการเคลื่อนที่ของอากาศร้อน (ภาพที่ 9) ทำให้ความดันของอากาศที่ผิวของอาหารลดลง เกิดความแตกต่างของดันไอน้ำของความชื้นในอาหารกับในอากาศร้อน ความแตกต่างนี้จะเป็นแรงผลักดันให้น้ำจากอาหารระเหยออกมา โดยน้ำจะเคลื่อนที่จากด้านในชิ้นอาหารออกมาสู่ผิวของอาหารด้วยวิธีการดังนี้ (สุคนธ์ชื่น ศรีงาม, 2546)

1. การเคลื่อนที่ด้วยแรงผ่านช่องแคบ (Capillary force) เป็นการเคลื่อนที่ในอาหารที่มีเซลล์โปรง มีช่องว่างระหว่างเซลล์ต่อเนื่องกันเป็นทางแคบเกิดแรงดันของน้ำขึ้นมาตามท่อ การเคลื่อนที่ที่เกิดขึ้นได้สะดวกรวดเร็ว แต่จะหยุดเมื่อน้ำในทางแคบๆ นั้น ขาดตอนลง
2. การเคลื่อนที่ด้วยการแพร่ (Diffusion) เป็นการเคลื่อนที่ของน้ำในอาหารเนื่องจากแต่ละส่วนของชิ้นอาหารมีความเข้มข้นต่างกัน
3. การแพร่ของของเหลวซึ่งถูกดูดซับที่ผิวขององค์ประกอบที่เป็นของแข็งในอาหาร
4. การแพร่ของไอน้ำในโพรงอากาศในชิ้นอาหารเนื่องจากความแตกต่างของความดันไอ



ภาพที่ 9 การถ่ายโอนความชื้นระหว่างการทำแห้ง  
ที่มา: วิไล รังสาดทอง (2546)

อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบแห้งผลไม้ขึ้นอยู่กัชนิด ขนาด รูปร่างและปริมาณน้ำที่มีอยู่ในผลไม้ในระหว่างการอบแห้งต้องพยายามควบคุมสี กลิ่นรส ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลไม้เปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด เนื่องจากในระหว่างการอบแห้งมีการเปลี่ยนแปลงทั้งทางกายภาพและทางเคมี มักปรากฏให้เห็นในรูปของการเกิดสีน้ำตาล เพราะในระหว่างการอบแห้งนั้นน้ำที่อยู่ภายในเคลื่อนที่ออกมาที่ผิวหน้าและระเหยออกไป และพาของแข็งที่ละลายน้ำได้ออกมาที่ผิวด้วย เช่น น้ำตาล และกรดอะมิโน เป็นต้น ทำให้ความเข้มข้นของสารดังกล่าวเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จึงเกิดปฏิกิริยาระหว่างน้ำตาลและกรดอะมิโนที่ทำให้อาหารเกิดสีน้ำตาลอย่างรวดเร็ว ดังนั้น การอบแห้งผลไม้หลังการแช่เย็นทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีเข้มขึ้น (Phisut และคณะ, 2013) ซึ่งการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในระหว่างการอบแห้งนี้สามารถทำได้โดยการเติมโซเดียมหรือโพแทสเซียมเมตาซัลไฟท์ ความเข้มข้น 0.05 % ลงในสารละลายน้ำตาลก่อน หรือขณะทำการดองน้ำออกด้วยวิธีออสโมซิส หรือแช่ผลไม้ที่ผ่านการดองน้ำออกด้วยวิธีออสโมซิสแล้วลงในสารละลายโซเดียมหรือโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟท์ 0.05 % (วรรณรัตน์ ลิสุขสวัสดิ์, 2554)

#### 4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วนิดา สระทองคำ (2543) ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งด้วยออสโมซิส โดยศึกษาอัตราส่วนระหว่างฟักทองต่อกลูโคสไซรัปที่เหมาะสมต่อการลดปริมาณน้ำ (water loss, WL) และการเพิ่มปริมาณของของแข็ง (solid gain, SG) โดยแปรอัตราส่วนระหว่างฟักทองต่อกลูโคสไซรัปที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 1:2 1:3 1:4 และ 1:5 ผลการศึกษา พบว่า อัตราส่วนระหว่างฟักทองต่อกลูโคสไซรัปที่เหมาะสมที่สุดในการออสโมซิส คือ 1:3 และจากการศึกษาผลของความเข้มข้นของกลูโคสไซรัป (50 และ 70°Brix) อุณหภูมิ (50 และ 70°C) และเวลาที่ใช้ในการออสโมซิส (3 และ 5 ชั่วโมง) ต่อค่า WL และ ค่า SG พบว่า ที่สภาวะในการออสโมซิส 70°Brix อุณหภูมิ 70°C และเวลา 5 ชั่วโมง ให้ค่า WL และ ค่า SG สูงที่สุด ( $p \leq 0.05$ ) โดยสภาวะในการออสโมซิส 50°Brix อุณหภูมิ 70°C และเวลา 5 ชั่วโมง และทำแห้งที่อุณหภูมิ 60°C ใช้เวลา 8 ชั่วโมง 15 นาที มีคะแนนการยอมรับโดยรวมสูงที่สุด

ปณิดา บรรจงสินศิริ และคณะ (2550) พัฒนาผลไม้แช่อิ่มอบแห้งที่ให้พลังงานต่ำ โดยขั้นแรกเป็นการพัฒนาสัดส่วนของน้ำเชื่อมที่เหมาะสมสำหรับการผลิตมะละกอแช่อิ่มอบแห้ง (แช่อิ่มแบบปกติ) โดยใช้อัตราส่วนของน้ำตาลทรีฮาโลสที่ระดับ 10% และ 20% ร่วมกับสารเพิ่มมวลโพลีเด็กซ์โทรสและมอลโตเด็กซ์ทรินที่ระดับ 10% และ 20% ตามลำดับ พบว่า สูตรที่เหมาะสมที่สามารถลดค่าพลังงานของมะละกอแช่อิ่ม ประกอบด้วย น้ำตาลทรีฮาโลสที่ระดับ 10% โพลีเด็กซ์โทรสที่ระดับ 20% และน้ำตาลซูโครส ที่ระดับ 17.5% ขั้นที่สองเป็นการศึกษาการลดระยะเวลาในการแช่อิ่มมะละกอโดยใช้เทคนิคการแช่อิ่มภายใต้สุญญากาศ 2 ระบบ คือ ระบบต่อเนื่องและระบบกระตุ้นที่ระดับความดัน 600 และ 700 มิลลิเมตรปรอท เป็นเวลา 60 นาที จากนั้นเลือกความดันที่เหมาะสมมาใช้ในการแช่อิ่มมะละกอภายใต้ระบบสุญญากาศเป็นเวลา 40 60 และ 80 นาที พบว่าการแช่อิ่มมะละกอภายใต้ระบบสุญญากาศระบบกระตุ้น ที่ระดับความดัน 700 มิลลิเมตรปรอท เวลา 40-60 นาที ช่วยลดระยะเวลาในการแช่อิ่มแบบปกติของขั้นตอนการแช่น้ำเชื่อมแต่ละความเข้มข้นจากปกติใช้เวลา 21-22 ชั่วโมง เหลือเพียง 5-6 ชั่วโมง โดยที่ผลิตภัณฑ์ได้รับการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสสูงกว่าการแช่อิ่มแบบปกติ ( $p \leq 0.05$ )

ดวงสุดา เตโชติรส จุฑา พีรพัชระ และวรลักษณ์ ปัญญาธิพิงศ์ (2552) พัฒนาผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์อาหารจากสับปะรด สำหรับกลุ่มสหกรณ์การเกษตรหุบกะพง จำกัด โดยศึกษาความเข้มข้นของน้ำเชื่อมเริ่มต้นในการแช่สับปะรดที่ระดับต่างๆ (20% 30% และ 40%) และเพิ่มความเข้มข้นของน้ำเชื่อมเพิ่มขึ้นวันละ 10% จนมีความเข้มข้นสุดท้าย 60% แล้วนำไปอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 65 °C จนมีความชื้นคงที่ (14-15%) จากนั้นนำผลิตภัณฑ์มาตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสและทางจุลินทรีย์ พบว่า ความเข้มข้นของน้ำเชื่อมมีผลต่อการสูญเสียน้ำและการเพิ่มขึ้นของน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ โดยความเข้มข้นของน้ำเชื่อมเริ่มต้น 30% จะให้ลักษณะของสับปะรดแช่อิ่มและคะแนนความชอบจากผู้ทดสอบชิมสูงที่สุด

คณิตา พัฒนาภา (2553) ศึกษาการพัฒนากระบวนการผลิตส้มสายน้ำผึ้งแช่อิ่มอบแห้ง โดยนำส้มสายน้ำผึ้งที่ปอกเปลือกแล้วมาแช่ในสารละลายผสมระหว่างสารละลายซูโครสและสารละลายกลีเซอรอลในอัตราส่วน 9:1 8:2 7:3 และ 6:4 ที่อุณหภูมิ  $57 \pm 3^{\circ}\text{C}$  โดยอัตราส่วนระหว่างสัมผัสสารละลายออสโมติกเป็น 1:5 ส้มสายน้ำผึ้งหลังการแช่อิ่มนำมาอบแห้งที่อุณหภูมิ  $70^{\circ}\text{C}$  เป็นเวลา 360 นาที ผลการศึกษา พบว่า การใช้สารละลายซูโครสและสารละลายกลีเซอรอลในอัตราส่วน 9:1 ให้ค่า  $L^*$  สูงที่สุด เมื่อเพิ่มอัตราส่วนของกลีเซอรอลส่งผลให้ค่า  $a^*$  ค่า  $a_w$  ค่าความแข็ง และปริมาณความชื้นมีค่าลดลง ( $p \leq 0.05$ ) จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่า ส้มสายน้ำผึ้งแช่อิ่มอบแห้งที่ใช้สารละลายซูโครสและสารละลายกลีเซอรอลในอัตราส่วน 7:3 มีคะแนนความชอบในด้านลักษณะปรากฏ สี ความหวาน รสชาติโดยรวมและความชอบโดยรวมสูงที่สุด และจากการศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถึงลามิเนตชนิด OPP30/Adhesive/LLDPE65 พบว่าค่าสี  $L^*$   $a^*$  และ  $b^*$  มีค่าลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น และจากการทำนายอายุการเก็บรักษาโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ พบว่า ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษา 68 24 และ 8 วัน สำหรับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ  $25^{\circ}\text{C}$   $35^{\circ}\text{C}$  และ  $45^{\circ}\text{C}$  ตามลำดับ

ลดาวัลย์ ช่างชุบ และเสาวณีย์เลิศวรสิริกุล (2554) ศึกษาการพัฒนากรรมวิธีการผลิตเปลือกมะนาวแช่อิ่มอบแห้งแบบออสโมซิส โดยศึกษากระบวนการออสโมซิส และกระบวนการอบแห้งเปลือกมะนาวที่เหมาะสมในระหว่างการทำออสโมซิสเปลือกมะนาวในสารละลายซูโครสความเข้มข้น 70% พบว่า เมื่อเวลาการแช่อิ่มนานขึ้น ความชื้นจะลดลงจนถึงจุดสมดุล ปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้นและการสูญเสียน้ำเพิ่มขึ้นตามเวลาการแช่อิ่ม แบบจำลองในการทำนายของแข็งที่เพิ่มขึ้น (SG) ตามเวลาในการแช่อิ่ม (t) คือ  $SG = 48.79 \exp(0.01525t) - 48.79 \exp(-1.277t)$  จากแบบจำลองที่ได้ นำมาหาเวลาในการแช่อิ่มเปลือกมะนาวให้ได้ของแข็งที่เพิ่มขึ้นเป็น 60% 65% และ 70% ตามลำดับ แล้วนำไปอบแห้งในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 และ  $70^{\circ}\text{C}$  เป็นเวลา 360 นาที เมื่อ

ประเมินคุณภาพของเปลือกมะนาวแช่อิ่มอบแห้ง พบว่าต้องใช้เวลาในการอบแห้ง 90-150 นาที เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีความชื้นไม่เกิน 18% และมีค่า aw ไม่เกิน 0.75 การทดสอบความชอบโดยใช้ 9 - point hedonic ของผลิตภัณฑ์ พบว่า เปลือกมะนาวแช่อิ่มอบแห้งที่มีของแข็งที่เพิ่มขึ้น 70% และอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 นาที มีคะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะสูงที่สุด

Phisut, Rattanawedee และ Aekkasak (2013) ศึกษาผลของกระบวนการออสโมซิสต่อคุณภาพกายภาพ เคมีและทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้ง โดยใช้กระบวนการออสโมซิส 2 วิธี คือการออสโมซิสแบบช้าและแบบเร็ว ในขั้นแรกศึกษาผลของการใช้สารกลุ่มเกลือแคลเซียม ได้แก่ แคลเซียมคลอไรด์และแคลเซียมแลคเตตต่อค่าความแข็งของชิ้นแคนตาลูปในช่วง pretreatment ก่อนเข้าสู่กระบวนการออสโมซิส ผลการศึกษาพบว่า การใช้สารละลายแคลเซียมแลคเตตที่ความเข้มข้น 2 % โดยแช่ไว้ 3 ชั่วโมง มีความเหมาะสมมากที่สุด เนื่องจากมีค่าความแข็งเฉลี่ยและคะแนนการประเมินทางประสาทสัมผัสสูงที่สุด ในการศึกษาผลของกระบวนการออสโมซิสแบบช้าและแบบเร็วต่อคุณภาพกายภาพ เคมีและทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้ง พบว่า ค่าสี (ค่า  $L^*$   $b^*$  และ  $a^*$ ) และค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้ง ที่ผ่านกระบวนการออสโมซิสทั้ง 2 วิธี ไม่มีความแตกต่างกัน แต่กระบวนการออสโมซิสแบบช้าจะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งคงรูปร่างและมีเนื้อสัมผัสที่อ่อนนุ่มกว่ากระบวนการออสโมซิสแบบเร็ว

Haj Najafi และคณะ (2014) ศึกษาผลของกระบวนการออสโมซิสด้วยสารละลายน้ำตาลต่อการถ่ายโอนมวลและคุณภาพของแก้วมังกรเนื้อสีแดง (*Hylocereus polyrhizus*) โดยนำแก้วมังกรเนื้อสีแดงมาหั่นเป็นลูกเต๋าด้านขนาด  $2.0 \pm 0.1$  เซนติเมตร มาแช่ในของสารละลายน้ำตาลที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 40 50 and 60% w/w ที่อุณหภูมิ  $35^\circ\text{C}$  ผลการศึกษา พบว่า ความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลที่เพิ่มขึ้นส่งผลต่อการถ่ายโอนน้ำหนักระหว่างกระบวนการออสโมซิส ได้แก่ ค่าน้ำหนักที่ลดลง (weight reduction, WR) ปริมาณน้ำที่ลดลง (water loss, WL) และการเพิ่มปริมาณของของแข็ง (solid gain, SG) เพิ่มขึ้น ( $p \leq 0.05$ ) เมื่อความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลเพิ่มขึ้นส่งผลให้ ค่า  $b^*$  เพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่า  $L^*$  และ  $a^*$  ลดลง และเมื่อเปรียบเทียบเนื้อสัมผัส พบว่า แก้วมังกรที่ผ่านกระบวนการออสโมซิสก่อนนำไปอบแห้งจะมีเนื้อสัมผัสนุ่มกว่าแก้วมังกรที่ไม่ผ่านการออสโมซิส

### บทที่ 3

#### วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การแปรรูปผลิตภัณฑ์ลูกจากแช่อิ่มอบแห้งแบบออสโมซิส เป็นการวิจัยประเภทการพัฒนาทดลอง (experimental development) โดยใช้วัตถุดิบ คือ ลูกจากของชุมชนในเขตอำเภอพระสมุทรเจดีย์ จังหวัดสมุทรปราการ โดยทำการศึกษาค้นคว้าประกอบทางเคมีของลูกจากสด วิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ลูกจากแช่อิ่มอบแห้งแบบออสโมซิสที่ได้ และการประยุกต์ใช้สีจากธรรมชาติมาเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ รวมทั้งดำเนินการถ่ายทอดเทคโนโลยีการแปรรูปผลิตภัณฑ์ลูกจากแช่อิ่มอบแห้งแบบออสโมซิสแก่วิสาหกิจชุมชนในเขตอำเภอพระสมุทรเจดีย์ จังหวัดสมุทรปราการ ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยโดยใช้วัสดุ สารเคมี อุปกรณ์ และวิธีการ ดังต่อไปนี้

#### วัสดุ

1. ลูกจากสด อายุประมาณ 5-7 เดือนของชุมชนในเขตอำเภอพระสมุทรเจดีย์ จังหวัดสมุทรปราการ
2. น้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์ (บริษัทมิตรผล จำกัด)
3. กรดซิตริก (citric acid)
4. โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ (potassium metabisulfite)

#### อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 2 ตำแหน่ง SCALTECT รุ่น SPO 51
2. เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 4 ตำแหน่ง Sartorius รุ่น BA 211S
3. ตู้อบลมร้อน (Hot air oven) Mermert รุ่น Amfield
4. เครื่องมือวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (hand refractometer)
5. เครื่องวัดค่าสี (Colorimeter) Lovibond รุ่น RT 100 Reflectance Tintometer
6. เครื่องวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี ( $a_w$ ) Novasina รุ่น AW SPRINTTH 500
7. เครื่องอบแห้งจากพลังงานแสงอาทิตย์
8. หม้อนึ่งความดันไอน้ำ (autoclave)
9. ตู้บ่มเชื้อ (incubator)
10. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบประสาทสัมผัส
11. อุปกรณ์งานครัว
12. อุปกรณ์เครื่องมือและชุดทดสอบสำเร็จรูป Compact Dry สำหรับการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์



## วิธีดำเนินการวิจัย

### 1. การศึกษาภูมิปัญญาชาวบ้านในการถนอมลูกจาก

ในขั้นต้น ผู้วิจัยทำการติดต่อประสานงานกับเจ้าหน้าที่ของสำนักงานเกษตรอำเภอพระสมุทรเจดีย์ จังหวัดสมุทรปราการ เพื่อสอบถามข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับพื้นที่ที่มีการเจริญเติบโตของต้นจาก และการใช้ประโยชน์จากต้นจากของคนในชุมชน โดยจัดทำหนังสือราชการขอความอนุเคราะห์ข้อมูล จากนั้นจึงลงพื้นที่เพื่อศึกษาสภาพการเจริญเติบโตของต้นจาก ระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการเก็บเกี่ยวลูกจาก วิธีการเก็บเกี่ยวลูกจาก และพูดคุยกับสมาชิกของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนในอำเภอพระสมุทรเจดีย์ จังหวัดสมุทรปราการ ที่มีการนำลูกจากไปใช้ประโยชน์ในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร เพื่อศึกษาภูมิปัญญาชาวบ้านในการถนอมลูกจาก โดยเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบไม่ใช้ความน่าจะเป็นด้วยวิธีการเลือกแบบเจาะจง (purposive sampling) จำนวน 10 คน เก็บรวบรวมข้อมูลจากการสังเกต และการสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการ (informal interview) วิเคราะห์ข้อมูลโดยการตีความ (interpretation) จากการสังเกตและการสัมภาษณ์ที่ได้จดบันทึกไว้ รวมทั้งจากการบันทึกภาพถ่าย

### 2. การศึกษาลักษณะทางกายภาพของลูกจากสด

ลูกจากสดได้จากการนำผลจากมาผ่าครึ่ง แล้วใช้ช้อนในการแกะเนื้อลูกจากออกมา ลูกจากที่ได้แต่ละชิ้นจึงมีลักษณะครึ่งซีก นำมาศึกษาลักษณะทางกายภาพ ดังนี้

- น้ำหนักของชิ้นตัวอย่าง โดยสุ่มชั่งน้ำหนักตัวอย่างลูกจากสดจำนวน 50 ชิ้น แล้วหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน คัดแปลงจากวิธีของ Owolarafe, Olabige และ Faborode, (2007)

- ขนาดของชิ้นตัวอย่าง ได้แก่ ความกว้าง ความยาว และความหนา โดยสุ่มวัดขนาดตัวอย่างลูกจากสดจำนวน 50 ชิ้น แล้วหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน คัดแปลงจากวิธีของ Owolarafe และคณะ (2007)

- การวัดค่าสี โดยใช้เครื่องวัดสี Lovibond รุ่น RT 100 Reflectance Tintometer (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ข.1.1)

### 3. การศึกษาองค์ประกอบและคุณภาพทางเคมีของลูกจากสด

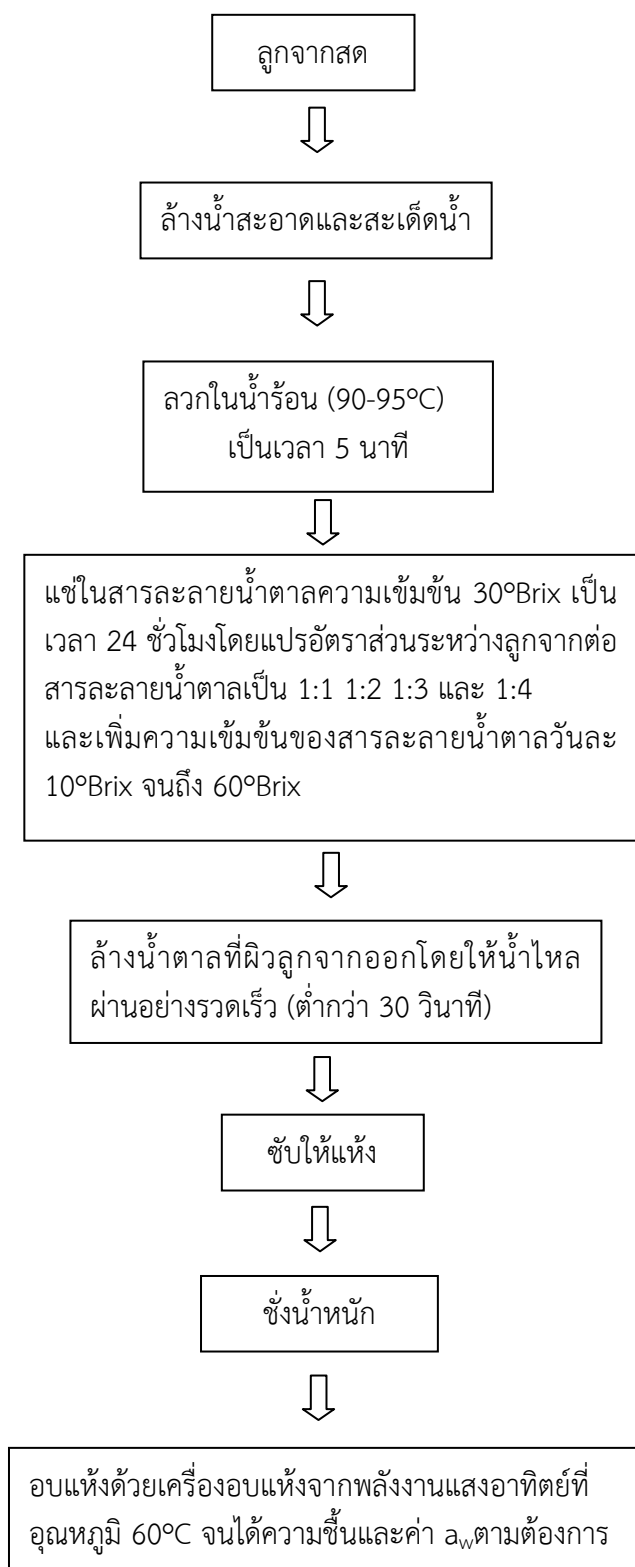
ศึกษาองค์ประกอบและคุณภาพทางเคมีของลูกจากสด ได้แก่

- ปริมาณความชื้น ปริมาณใยอาหาร ปริมาณคาร์โบไฮเดรต ปริมาณเถ้า ปริมาณโปรตีน และปริมาณไขมันทั้งหมดโดยส่งตัวอย่างไปตรวจวิเคราะห์ที่สถาบันอาหาร
- ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (Total soluble solid) โดยใช้เครื่อง hand refractometer
- ค่า  $a_w$  โดยใช้เครื่อง Novasina รุ่น AW SPRINT TH 500 (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ข.2.1)

### 4. การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการแปรรูปผลิตภัณฑ์ลูกจากแช่อิ่มอบแห้งแบบออสโมซิส

งานวิจัยนี้ต้องการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างลูกจากต่อสารละลายน้ำตาลซูโครส ในการแปรรูปผลิตภัณฑ์ลูกจากแช่อิ่มอบแห้งแบบออสโมซิส โดยพิจารณาจากค่าการสูญเสียน้ำหนัก (water loss, WL) และปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้น (solid gain, SG) เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการดื่มน้ำออกได้มาก สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายน้อยและผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพดี โดยแปรอัตราส่วนระหว่างลูกจากต่อสารละลายน้ำตาลที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 1:1 1:2 1:3 และ 1:4 ซึ่งมีขั้นตอนการแปรรูปและการวิเคราะห์คุณภาพ ดังนี้

(1) ขั้นตอนการแปรรูปผลิตภัณฑ์ลูกจากแช่อิ่มอบแห้งแบบออสโมซิสทำได้โดยนำลูกจากสดมาล้างน้ำสะอาดและลวกในน้ำร้อนเป็นเวลา 5 นาที ก่อนแช่ในสารละลายน้ำตาลโดยกำหนดความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลเริ่มต้น คือ 30°Brix และเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลวันละ 10°Brix จนได้ความเข้มข้นสุดท้ายเป็น 60°Brix (วัดความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลโดยใช้เครื่อง hand refractometer) ทำการทดลองในสภาวะบรรยากาศปกติที่อุณหภูมิห้อง ทั้งนี้ มีข้อควรระวัง คือ อุปกรณ์ที่ใช้จะต้องสะอาดและต้องต้มสารละลายน้ำตาลให้เดือดทุกวันเพื่อป้องกันการปนเปื้อน (อภิญญา เจริญกุล, 2556) เมื่อครบกำหนดจึงนำลูกจากแช่อิ่มมาอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่อุณหภูมิ 60°C จนได้ความชื้นและค่า  $a_w$  สุดท้าย ต่ำกว่า 18% และ 0.75 ตามลำดับ เพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เรื่อง ผลไม้แห้ง (มผช 136 /2550) ขั้นตอนการแปรรูปลูกจากแช่อิ่มอบแห้งแบบออสโมซิส แสดงดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 ขั้นตอนการแปรรูปลูกจากแช่อิมมersionแบบออสโมซิส

(2) การวิเคราะห์คุณภาพ ได้แก่

- ปริมาณความชื้น โดยวิธีการอบแห้งในตู้อบลมร้อน ตามวิธีของ AOAC (2000)

(รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ข.2.2)

- ค่า  $a_w$  โดยใช้เครื่อง Novasina รุ่น AW SPRINT TH 500 (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ข.2.1)

- ปริมาณน้ำที่สูญเสีย (Water loss; WL) (Kaymak-Ertekin and Sultanoglu, 2000) คำนวณได้จาก

$$WL (\%) = \frac{(W_i M_i - W_f M_f)}{W_i} \times 100$$

- ปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้น (Solid gain; SG) (Kaymak-Ertekin and Sultanoglu, 2000) คำนวณได้จาก

$$SG (\%) = \frac{[W_f (1 - X_f) - W_i (1 - X_i)]}{W_i} \times 100$$

เมื่อ  $W_i$  = น้ำหนักเริ่มต้นของตัวอย่าง (กรัม)

$W_f$  = น้ำหนักตัวอย่างที่เวลาใดๆ (กรัม)

$X_i$  = ปริมาณความชื้นเริ่มต้นของตัวอย่าง (กรัมของน้ำ/ กรัมของน้ำหนักเริ่มต้น)

$X_f$  = ปริมาณความชื้นของตัวอย่างที่เวลาใดๆ (กรัมของน้ำ/ กรัมของน้ำหนักเริ่มต้น)

- การวัดค่าสี โดยใช้เครื่องวัดสี Lovibond รุ่น RT 100 Reflectance Tintometer (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ข.1.1) วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Randomized Complete Randomized Design, CRD) วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเพื่อประเมินผลความแตกต่างระหว่างตัวอย่าง โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธีด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

## 5. การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลูกจากแช่อิ่มอบแห้งแบบออสโมซิส

ศึกษาความชอบของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ลูกจากแช่อิ่มอบแห้งแบบออสโมซิสทั้ง 4 ทรีตเมนต์ โดยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ใช้ผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 100 คน ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 – point hedonic scale) (9 หมายถึง ชอบมากที่สุด และ 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด) ในด้านลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัสรสชาติและความชอบโดยรวมวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD)

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเพื่อประเมินผลความแตกต่างระหว่างตัวอย่าง โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธีด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปจากนั้นเลือกทรีตเมนต์ที่ได้รับคะแนนความชอบมากที่สุดมาศึกษาการประยุกต์ใช้สีจากธรรมชาติเพื่อเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ซึ่งจะช่วยเพิ่มสีสันและความหลากหลายให้แก่ผลิตภัณฑ์ และทำนายอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ ณ สภาวะเร่ง

## 6. การศึกษาการประยุกต์ใช้สีจากธรรมชาติเพื่อเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์และคุณภาพของผลิตภัณฑ์

(1) การประยุกต์ใช้สีจากธรรมชาติ โดยเลือกใช้น้ำเงินอมม่วงจากดอกอัญชัน สีเหลืองและสีแดงอมส้มจากฝาง และสีดั้งเดิมของผลิตภัณฑ์ซึ่งจะได้ผลิตภัณฑ์ ทั้งหมด 4 สี โดยจะใช้ในขั้นตอนการเตรียมสารละลายน้ำตาลก่อนนำลูกจากมาแช่อิ่ม สามารถเตรียมได้ดังนี้

- สีนํ้าเงินอมม่วงจากดอกอัญชัน โดยการต้มดอกอัญชันแห้งปริมาณ 0.5 กรัม ต่อนํ้า 1 ลิตร ต้มจนเดือด จากนั้นกรองสารละลายที่ได้ด้วยผ้าขาวบาง โดยดัดแปลงจากวิธีของ สมชายวงศ์สุริยศักดิ์ และสุวิทย์ โชตินันท์ (2556)

- สีเหลืองจากฝางโดยการต้มสกัดสมุนไพรฝางปริมาณ 40 กรัม ต่อนํ้า 1 ลิตร ต้มจนเดือด จากนั้นกรองสารละลายที่ได้ด้วยผ้าขาวบาง โดยดัดแปลงจากวิธีของ จิรพร สวัสดิการ และสาวิณี แก้วเกตุ (2558)

- สีส้มอมแดงจากฝางโดยการต้มสกัดสมุนไพรฝางปริมาณ 40 กรัม ต่อนํ้า 1 ลิตร ต้มจนเดือด (แต่ไม่เติม KMS ในสารละลายน้ำตาลเนื่องจาก KMS จะทำปฏิกิริยากับฝางซึ่งจะไปเปลี่ยนสีของสารละลายจากสีแดงเป็นสีเหลือง) จากนั้นกรองสารละลายที่ได้ด้วยผ้าขาวบาง โดยดัดแปลงจากวิธีของ จิรพร สวัสดิการ และสาวิณี แก้วเกตุ (2558)

(2) การวิเคราะห์คุณภาพ ได้แก่

- ปริมาณความชื้น โดยวิธีการอบแห้งในตู้อบลมร้อน ตามวิธีของ AOAC (2000)

(รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ข.2.2)

- ค่า  $a_w$  โดยใช้เครื่อง Novasina รุ่น AW SPRINT TH 500 (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ข.2.1)

- ปริมาณจุลินทรีย์ ได้แก่ 1) ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด 2) กลุ่มยีสต์และรา และ 3) กลุ่ม Coliforms และ *E. coli* โดยใช้ชุดทดสอบสำเร็จรูป Compact Dry (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ข.3.1-ข.3.3)

## 7. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพและทำนายอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ ณ สภาวะเร่ง

(1) ดัชนีชี้วัดคุณภาพที่สิ้นสุดการเก็บรักษาการของผลิตภัณฑ์ โดยนำผลิตภัณฑ์มาบรรจุใส่ถุง OPP ขนาด 4.5 นิ้ว x 8 นิ้ว ถุงละ 100 กรัม เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 50°C ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีและความชอบโดยรวม ตามวิธีในข้อ 5 ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน โดยค่าคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่า 5 ถือว่าผู้ทดสอบไม่ให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ มาเป็นเกณฑ์ในการบ่งชี้การเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ (ดัดแปลงจากวิธีของ Polyderaet *al.*, 2004) และตรวจสอบค่าสี ได้แก่ ค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ค่าสีแดง ( $a^*$ ) ค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) ทำการตรวจสอบทุกๆ 3 วัน เป็นเวลา 15 วัน

(2) การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษา โดยนำผลิตภัณฑ์มาบรรจุใส่ถุง OPP ขนาด 4.5 นิ้ว x 8 นิ้ว ถุงละ 100 กรัม เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 40 และ 50°C ทำการสุ่มตัวอย่างตรวจสอบคุณภาพด้านกายภาพ ได้แก่ ค่า  $L^*$  ในทุกๆ 3 วัน ส่วนการวิเคราะห์คุณภาพด้านเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น และค่า  $a_w$  และการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ ได้แก่ 1) ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด 2) กลุ่มยีสต์และรา และ 3) กลุ่ม Coliforms และ *E. coli* จะวิเคราะห์ทุกๆ สัปดาห์ จนถึงสิ้นสุดการเก็บรักษา

(3) ทำนายอายุการเก็บรักษาทางจลนศาสตร์ของผลิตภัณฑ์ ณ สภาวะเร่ง โดยสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า  $L^*$  กับเวลาโดยใช้ปฏิกิริยาสมการอันดับ 1 ของอาร์เรเนียสในการคำนวณซึ่งผลิตภัณฑ์อาหารส่วนใหญ่นิยมใช้สมการนี้ตามวิธีของ ฌ็องวลินคล เศรษฐปราโมทย์ ขนารัตน์ หาญวัง และนุชจรินทร์ เครือวงศ์กำ (2558)

โดย ปฏิกิริยาสมการอันดับ 1 คือ  $-\ln(C_A / C_{A0}) = kt$

เมื่อ  $C_A$  คือ ค่าสี  $L^*$  ที่เกิดขึ้น ณ เวลาใดๆ ในระหว่างการเก็บรักษา

$C_{A0}$  คือ ค่าสี  $L^*$  ณ จุดเริ่มต้น

$k$  คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงค่า  $L^*$  (ต่อวัน)

$t$  คือ ระยะเวลาในการเก็บรักษา (วัน)

## 8. การถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน

ขั้นตอนนี้เป็นการจัดโครงการอบรมเชิงปฏิบัติการ เรื่อง การแปรรูปผลิตภัณฑ์ลูกจากแช่อิ่มอบแห้งแบบออสโมซิส ให้แก่กลุ่มวิสาหกิจชุมชนในอำเภอพระสมุทรเจดีย์ จังหวัดสมุทรปราการ โดยผู้เข้าร่วมอบรมเป็นสมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชน และผู้สนใจทั่วไปจำนวน 30 คน เมื่อเสร็จสิ้นโครงการทำการประเมินผลโดยใช้แบบสอบถามความพึงพอใจ (ภาคผนวก ง) เก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

## บทที่ 4

### ผลการวิจัย

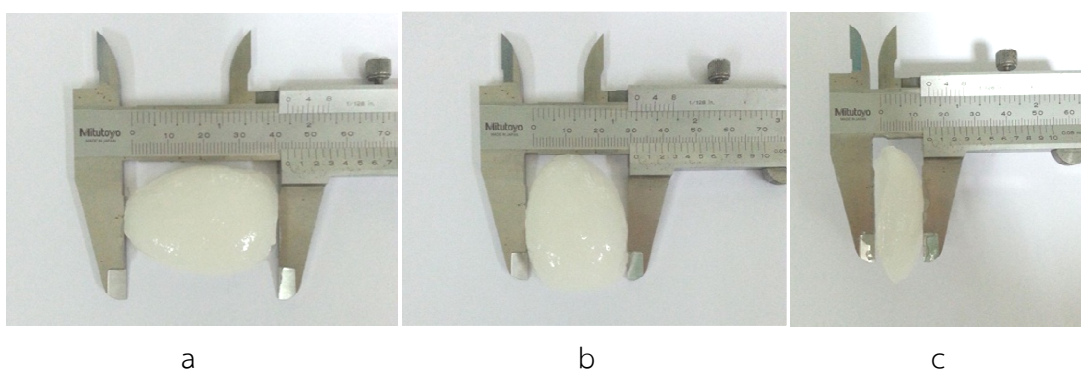
การวิจัยเรื่อง การแปรรูปผลิตภัณฑ์ลูกจากแช่อิ่มอบแห้งแบบออสโมซิส เป็นการศึกษาสถานะที่เหมาะสมในการแปรรูปผลิตภัณฑ์ลูกจากแช่อิ่มอบแห้งแบบออสโมซิสโดยใช้วัตถุดิบ คือ ลูกจากของชุมชนในเขตอำเภอพระสมุทรเจดีย์ จังหวัดสมุทรปราการ โดยทำการศึกษารายละเอียดประกอบทางเคมีของลูกจากสด และวิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เรื่อง ผลไม้แห้ง (มผช136 /2550) และได้มีการประยุกต์ใช้สืจากธรรมชาติมาเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ด้วยรวมทั้งดำเนินการถ่ายทอดเทคโนโลยีการแปรรูปผลิตภัณฑ์ลูกจากแช่อิ่มอบแห้งแบบออสโมซิสแก่วิสาหกิจชุมชนในเขตอำเภอพระสมุทรเจดีย์ จังหวัดสมุทรปราการ การวิจัยได้ผลการศึกษาดังนี้

#### 1. ผลการเก็บข้อมูลเบื้องต้น

จากการศึกษาภูมิปัญญาชาวบ้านในการถนอมลูกจากโดยการสังเกตและการสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการ (informal interview) พบว่า ลูกจากเป็นผลไม้ตามฤดูกาล ผลผลิตจะมีมากในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์ ช่วงอายุของลูกจากที่เหมาะสมต่อการบริโภคจะมีอายุประมาณ 5-7 เดือน โดยเนื้อจะสีขาว ใส นุ่ม และมีรสชาติหวานคล้ายกับลูกตาลสด หากเนื้อลูกจากที่มีอายุแก่กว่านี้จะแข็งมากและมีรสชาติจัดจึงไม่นิยมนำมาบริโภค แต่หากจะนำมาบริโภคต้องนำมาต้มให้นิ่มลงเสียก่อน จุดเด่นของลูกจากในอำเภอพระสมุทรเจดีย์จังหวัดสมุทรปราการ คือ มีกลิ่นหอมกว่าลูกจากแหล่งอื่น โดยทั่วไปชาวบ้านนิยมนำเนื้อลูกจากมาบริโภคทั้งสดและนำมาแปรรูป เช่น นำมาแกงแกงบวช บริโภคเป็นของหวานใส่น้ำกะทิ น้ำแข็งใส แปรรูปเป็นลูกจากลอยแก้ว ลูกจากเชื่อม ขนмыาลูกจาก ขนмыังไส้ลูกจาก ขนмыเปียะกุหลาบขาวไส้ลูกจาก ขนмыบ่าป็นลูกจาก ขนмыเกสรดอก ลำเจียกจากลูกจาก วนักรอบ รวมทั้งนำมาแปรรูปเป็นเครื่องดื่มจากลูกจากทั้งแบบไม่ผสมน้ำสมุนไพรและผสมน้ำสมุนไพร ทั้งนี้ ชาวบ้านได้มีการรวมกลุ่มจัดตั้งเป็นวิสาหกิจชุมชน ได้แก่ กลุ่มพัฒนาอาชีพบ้านนาเกลือ ตำบลนาเกลือ อำเภอพระสมุทรเจดีย์จังหวัดสมุทรปราการ โดยได้มีการนำลูกจากซึ่งเป็นวัตถุดิบในท้องถิ่นมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อขายเป็นรายได้เสริม และมีการจดทะเบียนอาหารกับสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา ได้แก่ 1) ขนмыังไส้ลูกจาก ตราร้านช่อนกลื่น เลขสารบบ คือ 11-2-02955-2-0001 2) ขนмыเปียะกุหลาบขาวไส้ลูกจาก ตราร้านช่อนกลื่น เลขสารบบ คือ 11-2-02955-2-0004 และ 3) ขนмыบ่าป็นลูกจาก ตราร้านช่อนกลื่น เลขสารบบ คือ 11-2-02955-2-0008

## 2. ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพของลูกจากสด

จากการศึกษาลักษณะทางกายภาพของลูกจากสดผ่าครึ่ง พบว่า ลูกจากสดมีเนื้อนุ่ม มีสีขาวนวล (ภาพที่ 11) มีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ  $11.72 \pm 2.61$  กรัม และขนาดเฉลี่ยด้านความกว้าง ความยาว และความหนา เท่ากับ  $41.77 \pm 2.57$  มิลลิเมตร  $27.41 \pm 1.03$  มิลลิเมตรและ  $12.35 \pm 1.14$  มิลลิเมตรตามลำดับ ค่า  $L^*$   $a^*$  และ  $b^*$  ของลูกจากสด พบว่า มีค่าเท่ากับ  $49.19 \pm 0.74$   $0.18 \pm 0.04$  และ  $1.98 \pm 0.15$  ตามลำดับ (ตารางที่ 3)



ภาพที่ 11 การวัดขนาดของลูกจากด้านความยาว (a) ความกว้าง (b) และความหนา (c)

ตารางที่ 3 ลักษณะทางกายภาพของลูกจากสด

| ลักษณะทางกายภาพ  | ข้อมูล           |
|------------------|------------------|
| น้ำหนัก (กรัม)   | $11.72 \pm 2.61$ |
| ขนาด (มิลลิเมตร) |                  |
| - ความยาว        | $41.77 \pm 2.57$ |
| - ความกว้าง      | $27.41 \pm 1.03$ |
| - ความหนา        | $12.35 \pm 1.14$ |
| ค่าสี            |                  |
| - $L^*$          | $49.19 \pm 0.74$ |
| - $a^*$          | $0.18 \pm 0.04$  |
| - $b^*$          | $1.98 \pm 0.15$  |



### 3. ผลการศึกษาคุณภาพและองค์ประกอบทางเคมีของลูกจากสด

จากการวิเคราะห์คุณภาพและองค์ประกอบทางเคมีของลูกจากสด พบว่า ลูกจากสดมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด เท่ากับ 6°Brix ค่า  $a_w$  เท่ากับ  $0.97 \pm 0.01$  ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เถ้า และใยอาหาร เท่ากับ  $88.82 \pm 0.01\%$   $0.92 \pm 0.04\%$   $0.02 \pm 0.00\%$   $9.47 \pm 0.03\%$   $0.78 \pm 0.01$  และ  $4.33 \pm 0.01\%$  ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 คุณภาพและองค์ประกอบทางเคมีของลูกจากสด

| คุณภาพและองค์ประกอบทางเคมี      | ข้อมูล           |
|---------------------------------|------------------|
| ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด | 6°Brix           |
| ค่า $a_w$                       | $0.97 \pm 0.01$  |
| องค์ประกอบทางเคมี (%)           |                  |
| - ความชื้น                      | $88.82 \pm 0.01$ |
| - โปรตีน                        | $0.92 \pm 0.04$  |
| - ไขมัน                         | $0.02 \pm 0.00$  |
| - คาร์โบไฮเดรต                  | $9.47 \pm 0.03$  |
| - เถ้า                          | $0.78 \pm 0.01$  |
| - ใยอาหาร                       | $4.33 \pm 0.01$  |

ค่าเฉลี่ย ( $\pm$  ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

### 4. ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการแปรรูปผลิตภัณฑ์ลูกจากแช่อิ่มอบแห้งแบบออสโมซิส

งานวิจัยนี้ต้องการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างลูกจากต่อสารละลายน้ำตาลซูโครสในการแปรรูปผลิตภัณฑ์ลูกจากแช่อิ่มอบแห้งแบบออสโมซิส โดยการถ่ายโอนมวลสารระหว่างกระบวนการออสโมซิส จะพิจารณาจากค่าการสูญเสียน้ำหนัก (water loss, WL) และปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้น (solid gain, SG) เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการดองน้ำออกได้มาก สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายน้อยและผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพดี โดยแปรอัตราส่วนระหว่างลูกจากต่อสารละลายน้ำตาลที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 1:1 1:2 1:3 และ 1:4 (ความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลเริ่มต้น 30°Brix และเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลวันละ 10°Brix จนได้ความเข้มข้นสุดท้ายเป็น 60°Brix) ผลการศึกษาแสดงดังตารางที่ 5

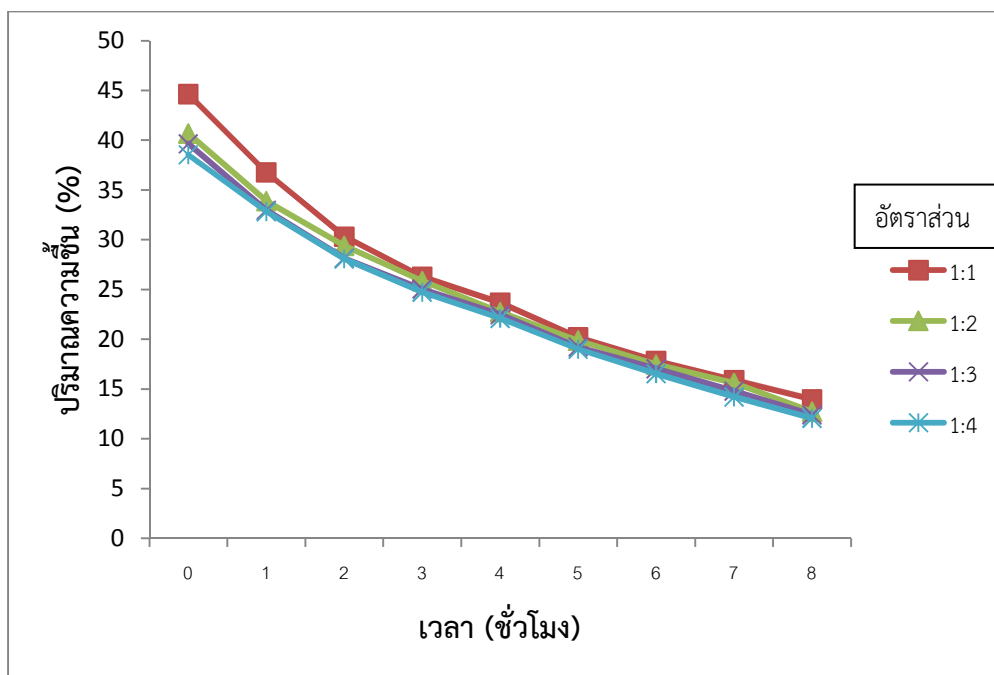
จากตารางที่ 5 พบว่า เมื่ออัตราส่วนระหว่างลูกจากต่อสารละลายน้ำตาลเพิ่มขึ้น ค่า WL และ SG ในผลิตภัณฑ์ก็จะเพิ่มขึ้น ซึ่งอัตราส่วนระหว่างลูกจากต่อสารละลายน้ำตาล เท่ากับ 1:3 ไม่มีความแตกต่างจากอัตราส่วนเท่ากับ 1:4 ( $p > 0.05$ ) ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงเลือกใช้ อัตราส่วนเท่ากับ 1:3 ในการศึกษาขั้นต่อไป เนื่องจากเสียค่าใช้จ่ายน้อยกว่า โดยจะพิจารณาร่วมกับผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ตารางที่ 5 ค่า WL และ SG ของลูกจากแช่อิ่มทั้ง 4 ทรีตเมนต์\*

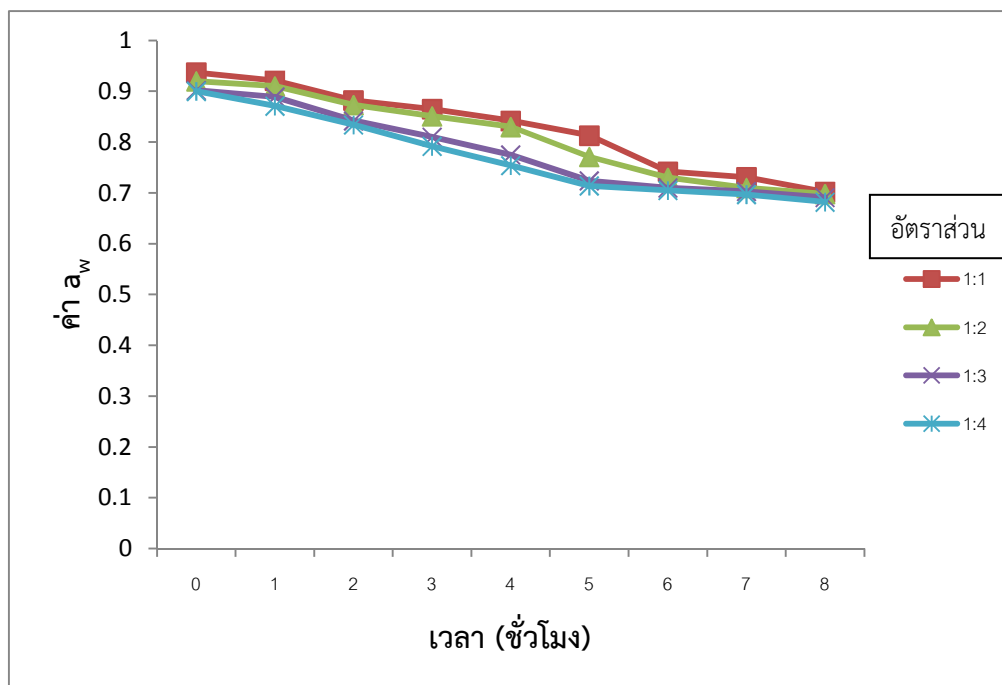
| ทรีตเมนต์ | WL                      | SG                      |
|-----------|-------------------------|-------------------------|
| 1:1       | 15.49±0.36 <sup>a</sup> | 9.01±0.12 <sup>a</sup>  |
| 1:2       | 22.41±0.40 <sup>b</sup> | 12.44±0.37 <sup>b</sup> |
| 1:3       | 25.05±0.67 <sup>c</sup> | 13.41±0.25 <sup>c</sup> |
| 1:4       | 25.69±0.16 <sup>c</sup> | 13.92±0.05 <sup>c</sup> |

\*อักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงถึงค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ  $\pm$  ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ปริมาณความชื้นและค่า  $a_w$  ของผลิตภัณฑ์เป็นข้อกำหนดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เรื่อง ผลไม้แห้ง (มพช 136 /2550) โดยกำหนดให้ความชื้นและค่า  $a_w$  สุดท้ายของผลิตภัณฑ์ต้องต่ำกว่า 18% และ 0.75 ตามลำดับ ซึ่งจากผลการศึกษา พบว่า การอบแห้งลูกจากแช่อิ่มที่อัตราส่วนระหว่างลูกจากต่อสารละลายน้ำตาลทั้ง 4 ระดับด้วยเครื่องอบแห้งจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่อุณหภูมิ 60°C จะต้องใช้เวลาในการอบแห้ง 6 ชั่วโมง จึงจะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีปริมาณความชื้นและค่า  $a_w$  ตามกำหนด แสดงดังภาพที่ 12 และภาพที่ 13

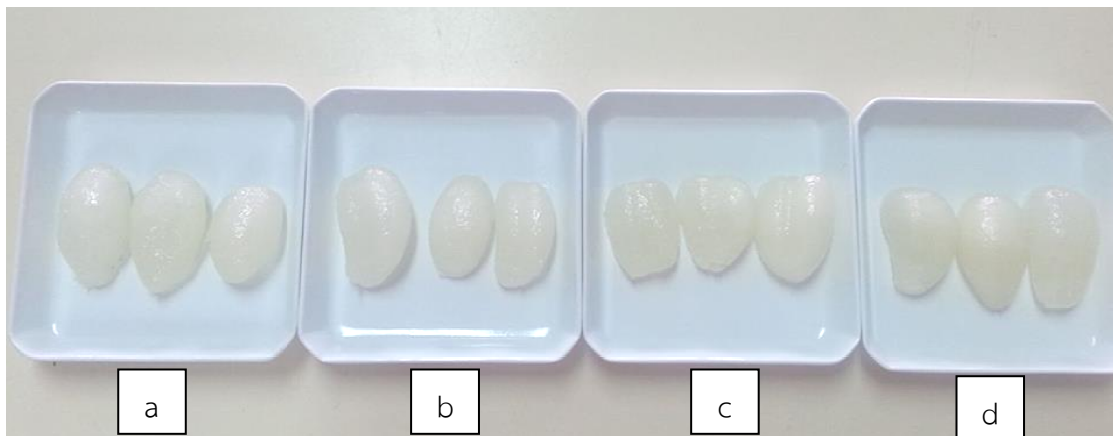


ภาพที่ 12 ปริมาณความชื้นของลูกจากแช่อิ่มภายหลังการอบแห้ง



ภาพที่ 13 ค่า  $a_w$  ของลูกจากแช่อิ่มภายหลังการอบแห้ง

ค่าสีของผลิตภัณฑ์ลูกจากแช่อิ่มอบแห้งแบบออสโมซิสแสดงดังภาพที่ 14 และตารางที่ 6 โดยผลการศึกษา พบว่า ค่า  $a^*$  มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่ออัตราส่วนระหว่างลูกจากต่อสารละลายน้ำตาลเพิ่มขึ้น ( $p \leq 0.05$ ) ในขณะที่ค่า  $L^*$  และค่า  $b^*$  ลดลงเล็กน้อย ( $p \leq 0.05$ )



ภาพที่ 14 สีของผลิตภัณฑ์หลังจากการอบแห้งที่อุณหภูมิ  $60^{\circ}\text{C}$  เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ที่อัตราส่วนระหว่างลูกจากต่อสารละลายน้ำตาลแตกต่างกัน 4 ระดับคือ 1:1 (a) 1:2 (b) 1:3 (c) และ 1:4 (d)

ตารางที่ 6 ค่าสีของของผลิตภัณฑ์ภายหลังการอบแห้ง\*

| ทรีตเมนต์ | ค่าสี                 |                   |                   |
|-----------|-----------------------|-------------------|-------------------|
|           | $L^*$                 | $a^*$             | $b^*$             |
| 1:1       | $42.48 \pm 0.64^a$    | $0.44 \pm 0.05^a$ | $1.83 \pm 0.04^a$ |
| 1:2       | $41.08 \pm 0.67^{ab}$ | $0.62 \pm 0.06^b$ | $1.53 \pm 0.05^b$ |
| 1:3       | $40.84 \pm 0.96^b$    | $0.74 \pm 0.02^b$ | $1.27 \pm 0.02^c$ |
| 1:4       | $40.14 \pm 0.86^b$    | $0.92 \pm 0.09^c$ | $0.94 \pm 0.12^d$ |

\*อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงถึงค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ  $\pm$  ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

## 5. ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลูกจากแช่อิ่มอบแห้งแบบออสโมซิส

จากการศึกษาความชอบของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ลูกจากแช่อิ่มอบแห้งแบบออสโมซิสทั้ง 4 ทรีตเมนต์ โดยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ใช้ผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 100 คน ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ ผลการศึกษา พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบด้านสี เนื้อสัมผัส

และกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 ทรีตเมนต์ไม่แตกต่างกัน ( $p>0.05$ ) ในขณะที่คะแนนด้านความชอบโดยรวมมีค่าสูงที่สุดเมื่ออัตราส่วนระหว่างลูกจากต่อสารละลายน้ำตาลเท่ากับ 1:3 แต่ไม่มีความแตกต่างจากอัตราส่วนเท่ากับ 1:4 ( $p>0.05$ ) (ตารางที่ 7) และเมื่อพิจารณาพร้อมกับค่า WL และ SG งานวิจัยนี้จึงเลือกใช้อัตราส่วนเท่ากับ 1:3 ในการศึกษาการประยุกต์ใช้สีธรรมชาติมาเป็นส่วนผสมเพื่อเพิ่มสีส่นให้แก่ผลิตภัณฑ์ เนื่องจากเสียค่าใช้จ่ายน้อยกว่า

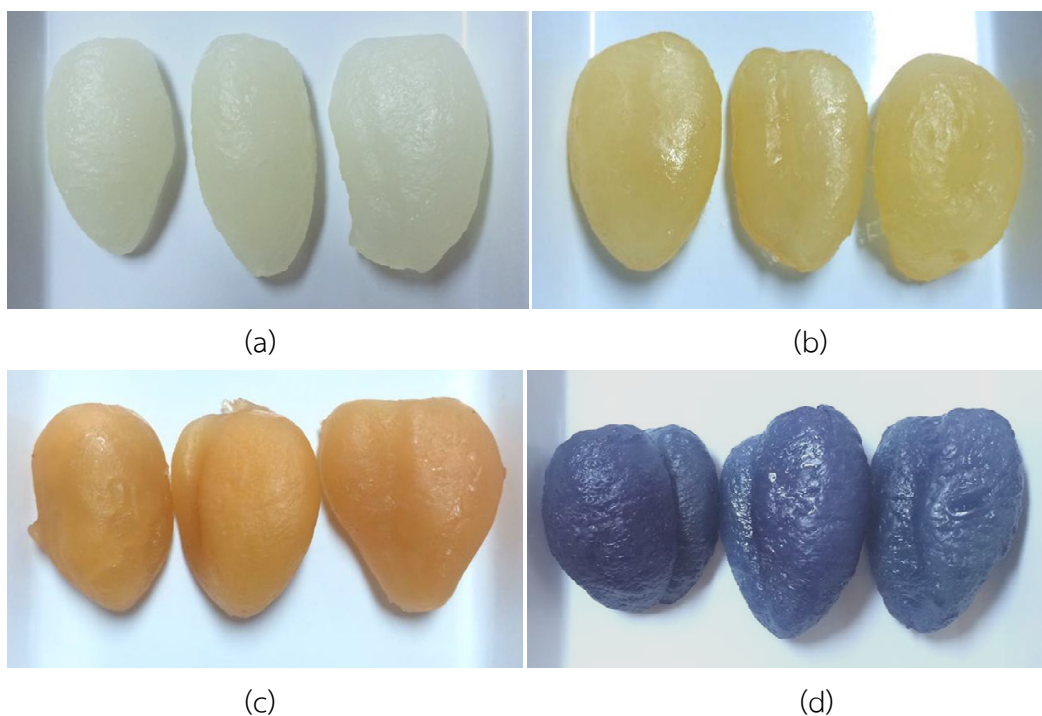
**ตารางที่ 7** คะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลูกจากแช่อบแบบออสโมซิสทั้ง 4 ทรีตเมนต์\*

| ทรีตเมนต์ | คุณลักษณะ               |                  |                           |                       |                         |
|-----------|-------------------------|------------------|---------------------------|-----------------------|-------------------------|
|           | ลักษณะปรากฏ             | สี <sup>ns</sup> | เนื้อสัมผัส <sup>ns</sup> | กลิ่นรส <sup>ns</sup> | ความชอบโดยรวม           |
| 1:1       | 6.22±1.56 <sup>ab</sup> | 6.53±1.39        | 6.09±1.65                 | 6.30±1.46             | 6.31±1.36 <sup>a</sup>  |
| 1:2       | 6.11±1.51 <sup>a</sup>  | 6.47±1.31        | 6.08±1.79                 | 6.05±1.60             | 6.24±1.45 <sup>a</sup>  |
| 1:3       | 6.69±1.48 <sup>c</sup>  | 6.72±1.30        | 6.26±1.86                 | 6.45±1.83             | 6.77±1.41 <sup>b</sup>  |
| 1:4       | 6.46±1.46 <sup>bc</sup> | 6.79±1.33        | 6.34±1.92                 | 6.38±1.86             | 6.47±1.55 <sup>ab</sup> |

\*อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงถึงค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง  $\pm$  ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

## 6. ผลการศึกษาการประยุกต์ใช้สีจากธรรมชาติเพื่อเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์และคุณภาพของผลิตภัณฑ์

ในการศึกษาการประยุกต์ใช้สีธรรมชาติมาเป็นส่วนผสมเพื่อเพิ่มสีส่นให้แก่ผลิตภัณฑ์ โดยเลือกใช้สีม่วงจากดอกอัญชัน สีแดงและสีส้มจากฝาง และสีดั้งเดิมของผลิตภัณฑ์ ลูกจากแช่อบที่ได้นำมาอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 6 ชั่วโมงซึ่งจะได้ผลิตภัณฑ์ ทั้งหมด 4 สี แสดงดังภาพที่ 15 จากนั้นนำมาผลิตภัณฑ์มาวิเคราะห์คุณภาพ ได้แก่ ปริมาณความชื้น ค่า  $a_w$  และปริมาณจุลินทรีย์ ได้ผลการศึกษาแสดงดังตารางที่ 8



ภาพที่ 15 ผลิตรัณฑ์ลูกจากแช่อิ่มแบบออสโมซิสที่มีการประยุกต์ใช้สีธรรมชาติมาเป็นส่วนผสมในผลิตรัณฑ์ ได้แก่ สีดั้งเดิม (a) สีเหลือง (b) สีส้มอมแดง (c) และสีน้ำเงินอมม่วง(d)

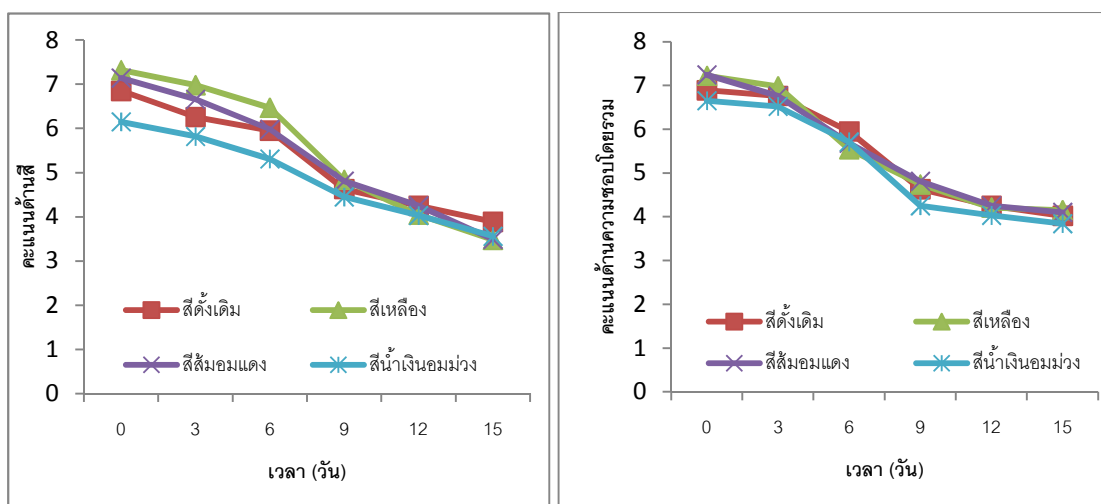
ตารางที่ 8 ผลการศึกษาคุณภาพของผลิตรัณฑ์ลูกจากแช่อิ่มแบบออสโมซิสเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตรัณฑ์ชุมชน เรื่อง ผลไม้แห้ง (มผช 136 /2550)

| คุณภาพ                            | ผลิตรัณฑ์ลูกจากแช่อิ่มอบแห้งแบบออสโมซิส |            |                |                     | เกณฑ์ตาม<br>มผช.<br>136 /2550 |
|-----------------------------------|---|------------|----------------|---------------------|-------------------------------|
|                                   | สีดั้งเดิม                              | สีเหลือง   | สีส้ม<br>อมแดง | สีน้ำเงิน<br>อมม่วง |                               |
| ปริมาณความชื้น (%)                | 17.02±0.21                              | 17.09±0.03 | 17.05±0.14     | 17.11±0.13          | <18                           |
| ค่า $a_w$                         | 0.71±0.01                               | 0.72±0.04  | 0.71±0.12      | 0.72±0.05           | <0.75                         |
| ปริมาณจุลินทรีย์                  |   |            |                |                     |                               |
| - ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g) | <10                                     | <10        | <10            | <10                 | $\leq 1 \times 10^6$          |
| - ยีสต์ (CFU/g)                   | <10                                     | <10        | <10            | <10                 | $\leq 1 \times 10^6$          |
| - รา (CFU/g)                      | <10                                     | <10        | <10            | <10                 | $\leq 5 \times 10^2$          |
| - <i>E. coli</i> (MPN/g)          | <3                                      | <3         | <3             | <3                  | <3                            |
| - Coliforms                       | <3                                      | <3         | <3             | <3                  | ไม่กำหนด                      |

จากการศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ลูกจากแช่อบแห้งแบบออสโมซิสที่ผ่านการประยุกต์ใช้สีจากธรรมชาติมาเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วง 17.02-17.11 % ค่า  $a_w$  อยู่ในช่วง 0.71-0.72 ผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านจุลินทรีย์ พบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา น้อยกว่า 10 CFU/g ส่วน *E. coli* และ Coliforms พบน้อยกว่า 3 MPN/g ซึ่งผลการวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ลูกจากแช่อบแห้งแบบออสโมซิส ทั้ง 4 สี เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เรื่อง ผลไม้แห้ง (มพช 136 /2550)

## 7. ผลการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและทำนายอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ ณ สภาวะเร่ง

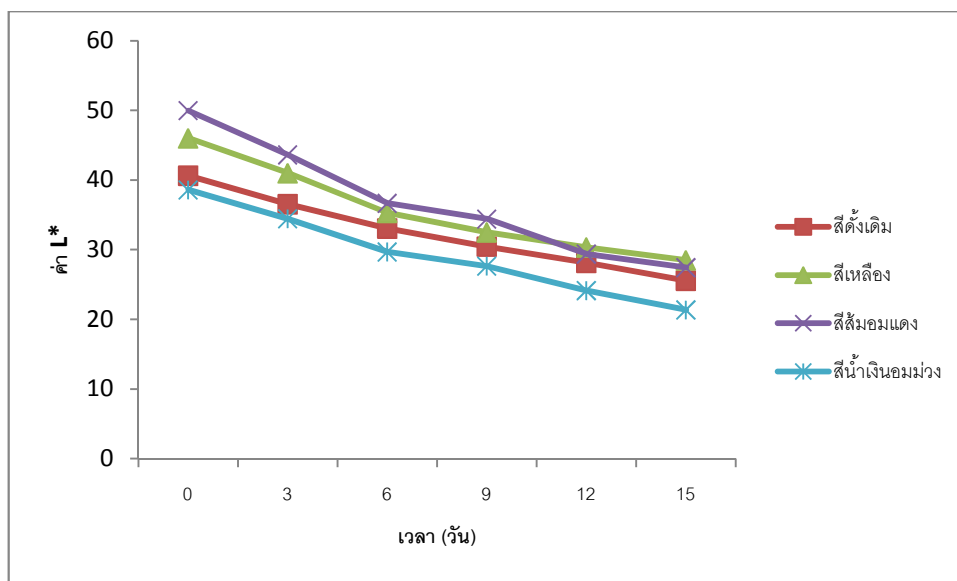
จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีและความชอบโดยรวมและค่า  $L^*$   $a^*$  และ  $b^*$  ของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุใส่ถุง OPP เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 50°C เพื่อหาดัชนีชี้วัดคุณภาพที่สิ้นสุดการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 สี ผลการศึกษา พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับด้านสีและความชอบโดยรวมลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น (ภาพที่ 16) ส่วนค่า  $L^*$   $a^*$  และ  $b^*$  พบว่า มีค่าลดลงเช่นกัน (ภาพที่ 17 18 และ 19) ซึ่งผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 สี สามารถเก็บรักษาได้เป็นเวลา 6 วัน โดยค่า  $L^*$  ที่บ่งชี้การยุติการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์สีดั้งเดิม สีเหลือง สีส้มแดง และสีน้ำเงินอมม่วง มีค่าที่ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 33 35 36 และ 29 ตามลำดับ



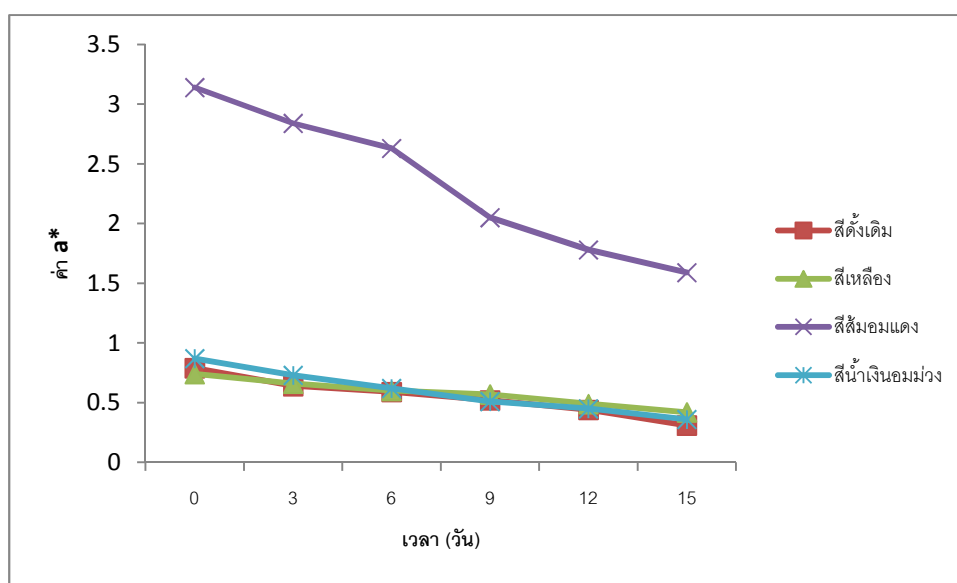
(a)

(b)

ภาพที่ 16 การยอมรับของผู้บริโภคด้านสี (a) และความชอบโดยรวม (b) ของผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 สี

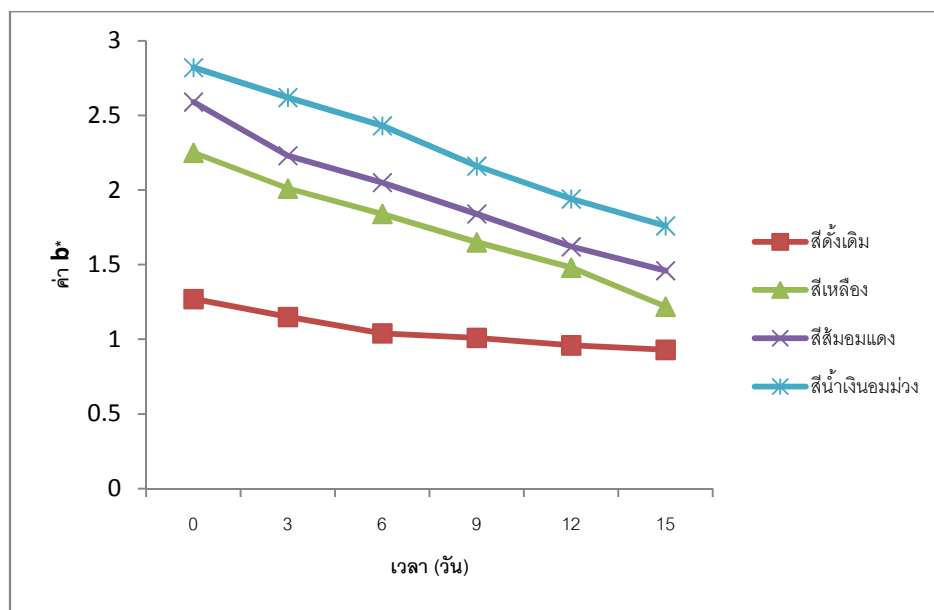


ภาพที่ 17 ค่า  $L^*$  ของผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 สี



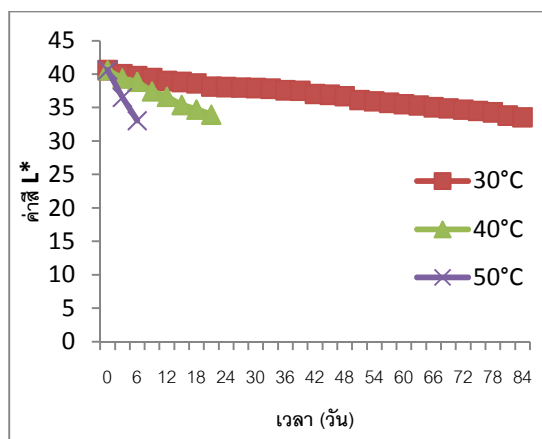
ภาพที่ 18 ค่า  $a^*$  ของผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 สี



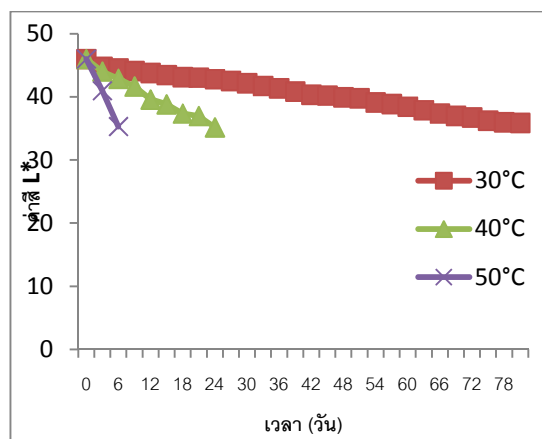


ภาพที่ 19 ค่า  $b^*$  ของผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 สี

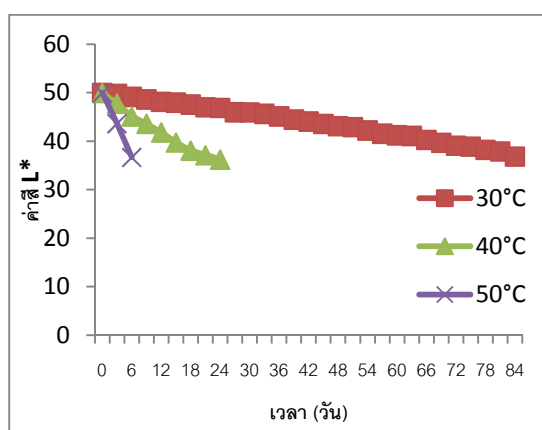
จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 °C และ 50 °C ผลการศึกษา พบว่า ค่า  $L^*$  มีค่าลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น (ภาพที่ 20) ในขณะที่ปริมาณความชื้น และค่า  $a_w$  มีแนวโน้มคงที่ (ตารางที่ 9-12) โดยอุณหภูมิสูงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษาสั้นกว่า ส่วนผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านจุลินทรีย์ พบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา น้อยกว่า 10 CFU/g ส่วน *E. coli* และ Coliforms พบน้อยกว่า 3 MPN/g (ตารางที่ 13-16)



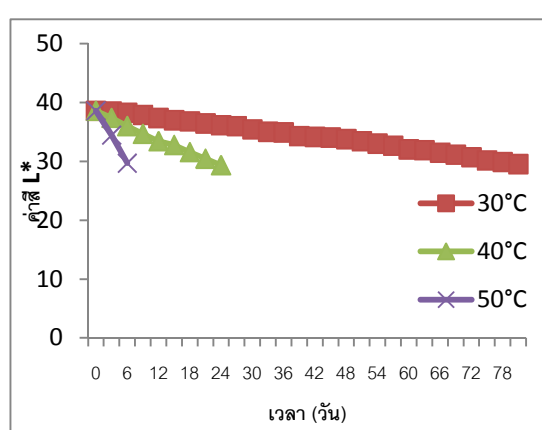
(a) สีดั้งเดิม



(b) สีเหลือง



(c) สีส้มแดง



(d) สีน้ำเงินอมม่วง

ภาพที่ 20 ค่า  $L^*$  ของผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 สี ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 40 และ 50°C

ตารางที่ 9 ปริมาณความชื้นและค่า  $a_w$  ของผลิตภัณฑ์สดดั้งเดิมระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 40 และ 50°C\*

| เวลา<br>(สัปดาห์) | ปริมาณความชื้น (%) ที่อุณหภูมิ |            |            | ค่า $a_w$ ที่อุณหภูมิ |           |           |
|-------------------|--------------------------------|------------|------------|-----------------------|-----------|-----------|
|                   | 30°C                           | 40°C       | 50°C       | 30°C                  | 40°C      | 50°C      |
| 0                 | 17.02±0.21                     | 17.02±0.21 | 17.02±0.21 | 0.71±0.01             | 0.71±0.01 | 0.71±0.01 |
| 1                 | 17.04±0.02                     | 17.05±0.01 | 17.03±0.07 | 0.72±0.04             | 0.71±0.05 | 0.71±0.06 |
| 2                 | 17.03±0.09                     | 17.04±0.05 | -          | 0.72±0.02             | 0.72±0.03 | -         |
| 3                 | 17.03±0.12                     | 17.03±0.09 | -          | 0.72±0.01             | 0.71±0.05 | -         |
| 4                 | 17.04±0.08                     | 17.02±0.11 | -          | 0.72±0.03             | 0.71±0.07 | -         |
| 5                 | 17.02±0.11                     | -          | -          | 0.73±0.05             | -         | -         |
| 6                 | 17.03±0.05                     | -          | -          | 0.71±0.04             | -         | -         |
| 7                 | 17.03±0.06                     | -          | -          | 0.72±0.02             | -         | -         |
| 8                 | 17.02±0.01                     | -          | -          | 0.71±0.00             | -         | -         |
| 9                 | 17.02±0.04                     | -          | -          | 0.70±0.01             | -         | -         |
| 10                | 17.05±0.07                     | -          | -          | 0.71±0.03             | -         | -         |
| 11                | 17.04±0.05                     | -          | -          | 0.72±0.03             | -         | -         |
| 12                | 17.03±0.10                     | -          | -          | 0.71±0.02             | -         | -         |

\* ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

- หมายถึงไม่ได้ทำการวิเคราะห์เนื่องจากถึงจุดยุติการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 10 ปริมาณความชื้นและค่า  $a_w$  ของผลิตภัณฑ์สีเหลืองระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30, 40 และ 50°C\*

| เวลา<br>(สัปดาห์) | ปริมาณความชื้น (%) ที่อุณหภูมิ |            |            | ค่า $a_w$ ที่อุณหภูมิ |           |           |
|-------------------|--------------------------------|------------|------------|-----------------------|-----------|-----------|
|                   | 30°C                           | 40°C       | 50°C       | 30°C                  | 40°C      | 50°C      |
| 0                 | 17.09±0.03                     | 17.09±0.03 | 17.09±0.03 | 0.72±0.04             | 0.72±0.04 | 0.72±0.04 |
| 1                 | 17.10±0.08                     | 17.10±0.02 | 17.10±0.07 | 0.74±0.06             | 0.73±0.02 | 0.72±0.05 |
| 2                 | 17.08±0.08                     | 17.12±0.02 | -          | 0.72±0.02             | 0.72±0.03 | -         |
| 3                 | 17.09±0.02                     | 17.13±0.07 | -          | 0.71±0.01             | 0.71±0.05 | -         |
| 4                 | 17.10±0.07                     | 17.08±0.13 | -          | 0.70±0.03             | 0.71±0.07 | -         |
| 5                 | 17.12±0.10                     | -          | -          | 0.73±0.05             | -         | -         |
| 6                 | 17.07±0.06                     | -          | -          | 0.72±0.04             | -         | -         |
| 7                 | 17.09±0.05                     | -          | -          | 0.71±0.02             | -         | -         |
| 8                 | 17.08±0.04                     | -          | -          | 0.70±0.00             | -         | -         |
| 9                 | 17.09±0.04                     | -          | -          | 0.71±0.01             | -         | -         |
| 10                | 17.07±0.05                     | -          | -          | 0.73±0.03             | -         | -         |
| 11                | 17.09±0.07                     | -          | -          | 0.71±0.03             | -         | -         |
| 12                | 17.10±0.06                     | -          | -          | 0.72±0.02             | -         | -         |

\* ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

- หมายถึงไม่ได้ทำการวิเคราะห์เนื่องจากถึงจุดยุติการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์

**ตารางที่ 11** ปริมาณความชื้นและค่า  $a_w$  ของผลิตภัณฑ์สีส้มแดงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 °C, 40 °C และ 50 °C\*

| เวลา<br>(สัปดาห์) | ปริมาณความชื้น (%) ที่อุณหภูมิ |            |            | ค่า $a_w$ ที่อุณหภูมิ |           |           |
|-------------------|--------------------------------|------------|------------|-----------------------|-----------|-----------|
|                   | 30°C                           | 40°C       | 50°C       | 30°C                  | 40°C      | 50°C      |
| 0                 | 17.05±0.14                     | 17.05±0.14 | 17.05±0.14 | 0.71±0.12             | 0.71±0.12 | 0.71±0.12 |
| 1                 | 17.08±0.07                     | 17.06±0.06 | 17.07±0.09 | 0.73±0.05             | 0.74±0.07 | 0.72±0.15 |
| 2                 | 17.07±0.08                     | 17.09±0.04 | -          | 0.73±0.02             | 0.72±0.02 | -         |
| 3                 | 17.08±0.02                     | 17.09±0.17 | -          | 0.71±0.01             | 0.70±0.06 | -         |
| 4                 | 17.10±0.07                     | 17.08±0.03 | -          | 0.72±0.07             | 0.70±0.05 | -         |
| 5                 | 17.09±0.10                     | -          | -          | 0.72±0.06             | -         | -         |
| 6                 | 17.05±0.06                     | -          | -          | 0.73±0.03             | -         | -         |
| 7                 | 17.06±0.05                     | -          | -          | 0.72±0.08             | -         | -         |
| 8                 | 17.06±0.04                     | -          | -          | 0.71±0.09             | -         | -         |
| 9                 | 17.05±0.04                     | -          | -          | 0.70±0.12             | -         | -         |
| 10                | 17.05±0.05                     | -          | -          | 0.70±0.13             | -         | -         |
| 11                | 17.05±0.07                     | -          | -          | 0.71±0.07             | -         | -         |
| 12                | 17.04±0.06                     | -          | -          | 0.72±0.04             | -         | -         |

\* ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

- หมายถึงไม่ได้ทำการวิเคราะห์เนื่องจากถึงจุดยุติการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 12 ปริมาณความชื้นและค่า  $a_w$  ของผลิตภัณฑ์สื่อน้ำเงินอมม่วงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 40 และ 50°C\*

| เวลา<br>(สัปดาห์) | ปริมาณความชื้น (%) ที่อุณหภูมิ |            |            | ค่า $a_w$ ที่อุณหภูมิ |           |           |
|-------------------|--------------------------------|------------|------------|-----------------------|-----------|-----------|
|                   | 30°C                           | 40°C       | 50°C       | 30°C                  | 40°C      | 50°C      |
| 0                 | 17.11±0.13                     | 17.11±0.13 | 17.11±0.13 | 0.72±0.05             | 0.72±0.05 | 0.72±0.05 |
| 1                 | 17.18±0.10                     | 17.13±0.03 | 17.12±0.09 | 0.72±0.08             | 0.73±0.08 | 0.72±0.13 |
| 2                 | 17.17±0.11                     | 17.14±0.08 | -          | 0.73±0.03             | 0.71±0.03 | -         |
| 3                 | 17.12±0.12                     | 17.11±0.10 | -          | 0.70±0.02             | 0.71±0.05 | -         |
| 4                 | 17.14±0.18                     | 17.10±0.09 | -          | 0.71±0.09             | 0.70±0.06 | -         |
| 5                 | 17.12±0.03                     | -          | -          | 0.72±0.07             | -         | -         |
| 6                 | 17.13±0.04                     | -          | -          | 0.72±0.05             | -         | -         |
| 7                 | 17.12±0.10                     | -          | -          | 0.71±0.02             | -         | -         |
| 8                 | 17.11±0.09                     | -          | -          | 0.71±0.01             | -         | -         |
| 9                 | 17.11±0.15                     | -          | -          | 0.71±0.10             | -         | -         |
| 10                | 17.10±0.06                     | -          | -          | 0.70±0.09             | -         | -         |
| 11                | 17.10±0.05                     | -          | -          | 0.71±0.11             | -         | -         |
| 12                | 17.09±0.06                     | -          | -          | 0.72±0.03             | -         | -         |

\* ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

- หมายถึงไม่ได้ทำการวิเคราะห์เนื่องจากถึงจุดยุติการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 13 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และปริมาณ *E. coli* และ Coliforms ของผลิตภัณฑ์สีดั้งเดิมระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 40 และ 50°C\*

| เวลา<br>(สัปดาห์) | ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด<br>(CFU/g) ที่อุณหภูมิ |      |      | ยีสต์และรา<br>(CFU/g) ที่อุณหภูมิ |      |      | <i>E. coli</i> และ Coliforms<br>(MPN/g) ที่อุณหภูมิ |      |      |
|-------------------|--|------|------|-----------------------------------|------|------|---|------|------|
|                   | 30°C   | 40°C | 50°C | 30°C                              | 40°C | 50°C | 30°C  | 40°C | 50°C |
| 0                 | <10  | <10  | <10  | <10                               | <10  | <10  | <3  | <3   | <3   |
| 1                 | <10  | <10  | <10  | <10                               | <10  | <10  | <3  | <3   | <3   |
| 2                 | <10  | <10  | -    | <10                               | <10  | -    | <3  | <3   | -    |
| 3                 | <10  | <10  | -    | <10                               | <10  | -    | <3  | <3   | -    |
| 4                 | <10  | <10  | -    | <10                               | <10  | -    | <3  | <3   | -    |
| 5                 | <10  | -    | -    | <10                               | -    | -    | <3  | -    | -    |
| 6                 | <10  | -    | -    | <10                               | -    | -    | <3  | -    | -    |
| 7                 | <10  | -    | -    | <10                               | -    | -    | <3  | -    | -    |
| 8                 | <10  | -    | -    | <10                               | -    | -    | <3  | -    | -    |
| 9                 | <10  | -    | -    | <10                               | -    | -    | <3  | -    | -    |
| 10                | <10  | -    | -    | <10                               | -    | -    | <3  | -    | -    |
| 11                | <10  | -    | -    | <10                               | -    | -    | <3  | -    | -    |
| 12                | <10  | -    | -    | <10                               | -    | -    | <3  | -    | -    |

\* ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ  $\pm$  ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

- หมายถึงไม่ได้ทำการวิเคราะห์เนื่องจากถึงจุดยุติการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 14 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และปริมาณ *E. coli* และ Coliforms ของผลิตภัณฑ์สี่เหลี่องระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 40 และ 50°C\*

| เวลา<br>(สัปดาห์) | ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด<br>(CFU/g) ที่อุณหภูมิ |      |      | ยีสต์และรา<br>(CFU/g) ที่อุณหภูมิ |      |      | <i>E. coli</i> และ Coliforms<br>(MPN/g) ที่อุณหภูมิ |      |      |
|-------------------|--|------|------|-----------------------------------|------|------|---|------|------|
|                   | 30°C   | 40°C | 50°C | 30°C                              | 40°C | 50°C | 30°C  | 40°C | 50°C |
| 0                 | <10  | <10  | <10  | <10                               | <10  | <10  | <3  | <3   | <3   |
| 1                 | <10  | <10  | <10  | <10                               | <10  | <10  | <3  | <3   | <3   |
| 2                 | <10  | <10  | -    | <10                               | <10  | -    | <3  | <3   | -    |
| 3                 | <10  | <10  | -    | <10                               | <10  | -    | <3  | <3   | -    |
| 4                 | <10  | <10  | -    | <10                               | <10  | -    | <3  | <3   | -    |
| 5                 | <10  | -    | -    | <10                               | -    | -    | <3  | -    | -    |
| 6                 | <10  | -    | -    | <10                               | -    | -    | <3  | -    | -    |
| 7                 | <10  | -    | -    | <10                               | -    | -    | <3  | -    | -    |
| 8                 | <10  | -    | -    | <10                               | -    | -    | <3  | -    | -    |
| 9                 | <10  | -    | -    | <10                               | -    | -    | <3  | -    | -    |
| 10                | <10  | -    | -    | <10                               | -    | -    | <3  | -    | -    |
| 11                | <10  | -    | -    | <10                               | -    | -    | <3  | -    | -    |
| 12                | <10  | -    | -    | <10                               | -    | -    | <3  | -    | -    |

\* ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ  $\pm$  ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

- หมายถึงไม่ได้ทำการวิเคราะห์เนื่องจากถึงจุดยุติการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์



ตารางที่ 15 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และปริมาณ *E. coli* และ Coliforms ของผลิตภัณฑ์สีส้มแดงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 40 และ 50°C\*

| เวลา<br>(สัปดาห์) | ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด<br>(CFU/g) ที่อุณหภูมิ |      |      | ยีสต์และรา<br>(CFU/g) ที่อุณหภูมิ |      |      | <i>E. coli</i> และ Coliforms<br>(MPN/g) ที่อุณหภูมิ |      |      |
|-------------------|--|------|------|-----------------------------------|------|------|---|------|------|
|                   | 30°C   | 40°C | 50°C | 30°C                              | 40°C | 50°C | 30°C  | 40°C | 50°C |
| 0                 | <10  | <10  | <10  | <10                               | <10  | <10  | <3  | <3   | <3   |
| 1                 | <10  | <10  | <10  | <10                               | <10  | <10  | <3  | <3   | <3   |
| 2                 | <10  | <10  | -    | <10                               | <10  | -    | <3  | <3   | -    |
| 3                 | <10  | <10  | -    | <10                               | <10  | -    | <3  | <3   | -    |
| 4                 | <10  | <10  | -    | <10                               | <10  | -    | <3  | <3   | -    |
| 5                 | <10  | -    | -    | <10                               | -    | -    | <3  | -    | -    |
| 6                 | <10  | -    | -    | <10                               | -    | -    | <3  | -    | -    |
| 7                 | <10  | -    | -    | <10                               | -    | -    | <3  | -    | -    |
| 8                 | <10  | -    | -    | <10                               | -    | -    | <3  | -    | -    |
| 9                 | <10  | -    | -    | <10                               | -    | -    | <3  | -    | -    |
| 10                | <10  | -    | -    | <10                               | -    | -    | <3  | -    | -    |
| 11                | <10  | -    | -    | <10                               | -    | -    | <3  | -    | -    |
| 12                | <10  | -    | -    | <10                               | -    | -    | <3  | -    | -    |

\* ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ  $\pm$  ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

- หมายถึงไม่ได้ทำการวิเคราะห์เนื่องจากถึงจุดยุติการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์

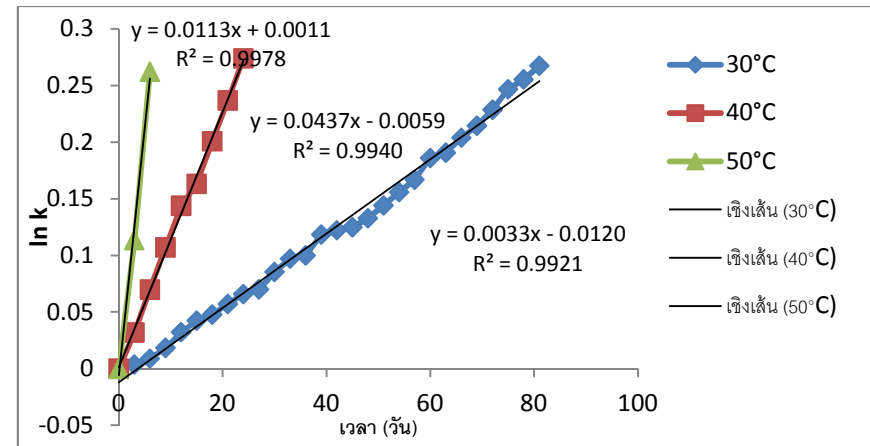
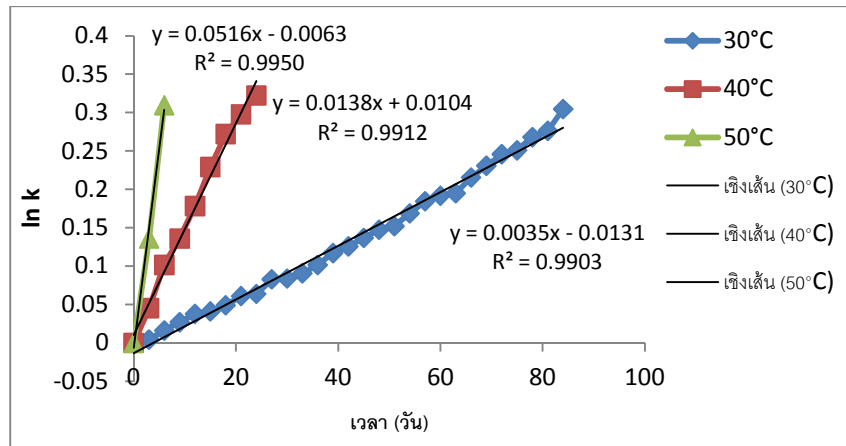
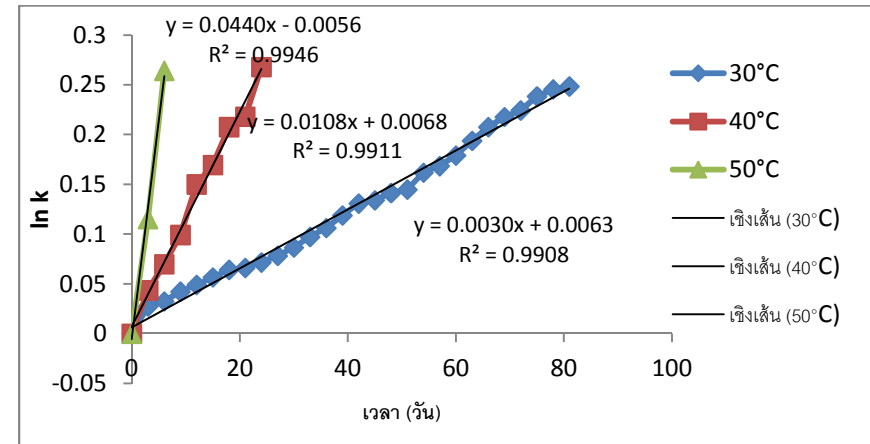
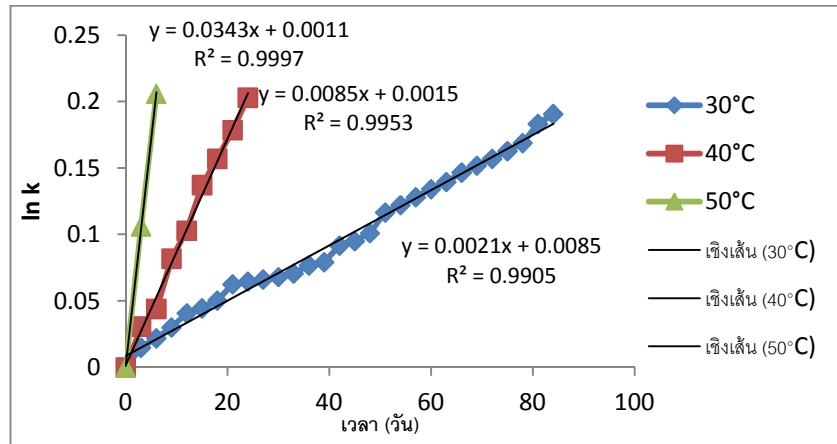
ตารางที่ 16 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และปริมาณ *E. coli* และ Coliforms ของผลิตภัณฑ์สีน้ำเงินอมม่วงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 40 และ 50°C\*

| เวลา<br>(สัปดาห์) | ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด<br>(CFU/g) ที่อุณหภูมิ |      |      | ยีสต์และรา<br>(CFU/g) ที่อุณหภูมิ |      |      | <i>E. coli</i> และ Coliforms<br>(MPN/g) ที่อุณหภูมิ |      |      |
|-------------------|--|------|------|-----------------------------------|------|------|---|------|------|
|                   | 30°C   | 40°C | 50°C | 30°C                              | 40°C | 50°C | 30°C  | 40°C | 50°C |
| 0                 | <10  | <10  | <10  | <10                               | <10  | <10  | <3  | <3   | <3   |
| 1                 | <10  | <10  | <10  | <10                               | <10  | <10  | <3  | <3   | <3   |
| 2                 | <10  | <10  | -    | <10                               | <10  | -    | <3  | <3   | -    |
| 3                 | <10  | <10  | -    | <10                               | <10  | -    | <3  | <3   | -    |
| 4                 | <10  | <10  | -    | <10                               | <10  | -    | <3  | <3   | -    |
| 5                 | <10  | -    | -    | <10                               | -    | -    | <3  | -    | -    |
| 6                 | <10  | -    | -    | <10                               | -    | -    | <3  | -    | -    |
| 7                 | <10  | -    | -    | <10                               | -    | -    | <3  | -    | -    |
| 8                 | <10  | -    | -    | <10                               | -    | -    | <3  | -    | -    |
| 9                 | <10  | -    | -    | <10                               | -    | -    | <3  | -    | -    |
| 10                | <10  | -    | -    | <10                               | -    | -    | <3  | -    | -    |
| 11                | <10  | -    | -    | <10                               | -    | -    | <3  | -    | -    |
| 12                | <10  | -    | -    | <10                               | -    | -    | <3  | -    | -    |

\* ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ  $\pm$  ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

- หมายถึงไม่ได้ทำการวิเคราะห์เนื่องจากถึงจุดยุติการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์

เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงค่าสีด้านความสว่างที่เกิดขึ้นระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ ณ สภาวะเร่ง เป็นดัชนีชี้วัดที่สามารถบ่งบอกจุดยุติของการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ งานวิจัยนี้จึงนำข้อมูลการเปลี่ยนแปลงค่า  $L^*$  มาสร้างกราฟความสัมพันธ์เทียบกับเวลาโดยใช้ปฏิกิริยาสมการอันดับ 1 ของอาร์เรเนียสในการคำนวณ ซึ่งผลิตภัณฑ์อาหารส่วนใหญ่นิยมใช้สมการนี้ เพื่อทำนายอายุการเก็บรักษาทางจลนศาสตร์ของผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 สี (ภาพที่ 21) เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ( $R^2$ ) ของปฏิกิริยาอันดับที่ 1 ของผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 สี (ตารางที่ 17) พบว่า มีค่าสูงอยู่ในช่วง 0.9905-0.9997



ภาพที่ 21 ปฏิกริยาอันดับ 1 ของผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 สี ที่อุณหภูมิในการเก็บรักษา 30 40 และ 50°C

ตารางที่ 17 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ( $R^2$ ) ของปฏิกิริยาอันดับที่ 1 ของผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 สี

| อุณหภูมิ ( $^{\circ}\text{C}$ ) | $R^2$      |          |                |                     |
|---------------------------------|------------|----------|----------------|---------------------|
|                                 | สีดั้งเดิม | สีเหลือง | สีส้ม<br>อมแดง | สีน้ำเงิน<br>อมม่วง |
| 30                              | 0.9905     | 0.9946   | 0.9903         | 0.9978              |
| 40                              | 0.9953     | 0.9911   | 0.9912         | 0.9940              |
| 50                              | 0.9997     | 0.9952   | 0.9950         | 0.9921              |

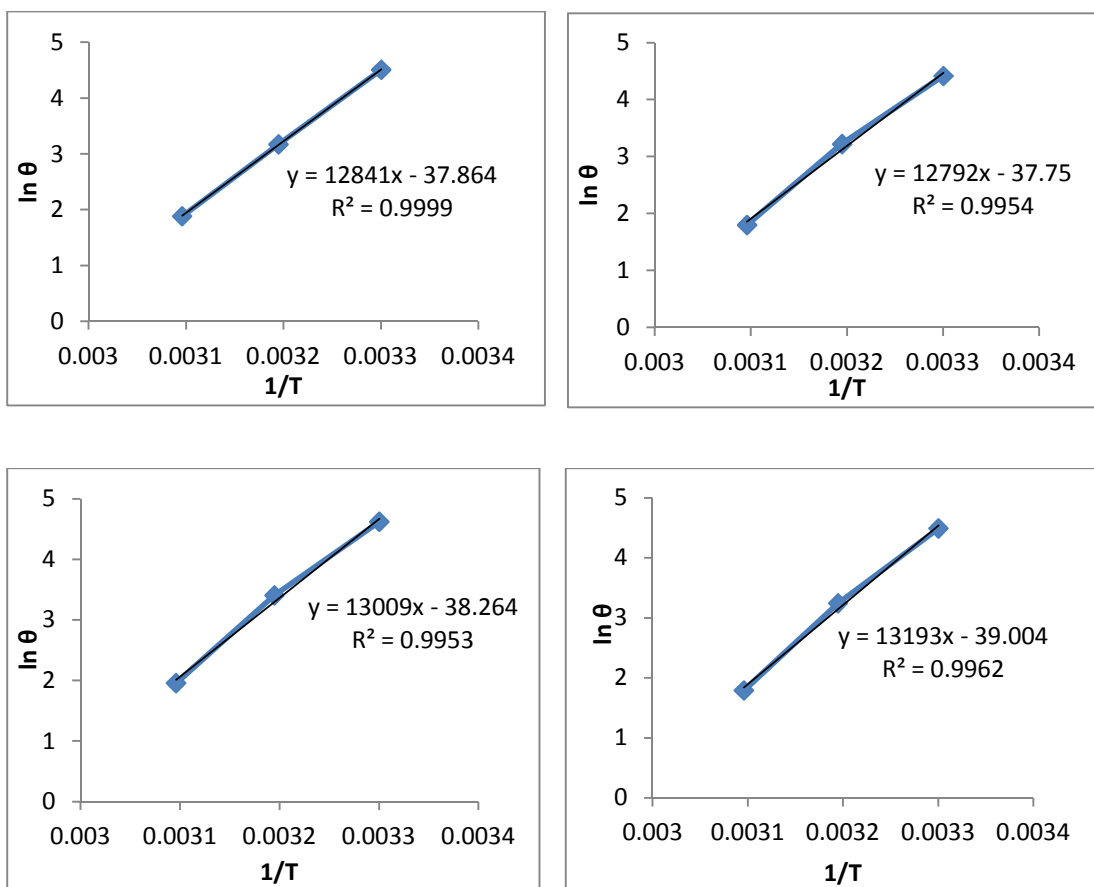
การประเมินอายุในการเก็บรักษาโดยใช้สมการของอาร์เรเนียสในการคำนวณ ทำได้โดยการแปลงค่าจากอัตราค่า  $L^*$  ที่ลดลง ( $\ln k$ ) ให้เป็น  $\ln \theta$  ( $\theta$  หมายถึง อายุการเก็บรักษา) โดยใช้ค่า  $L^*$  ที่บ่งชี้การยุติการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์สีดั้งเดิม สีเหลือง สีส้มอมแดง และสีน้ำเงินอมม่วง มีค่าต่ำกว่าหรือเท่ากับ 33 35 36 และ 29 ตามลำดับ มาเป็นเกณฑ์ จากนั้นหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างอายุการเก็บรักษา ( $\ln \theta$ ) กับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ( $1/T$ ) ได้ความสัมพันธ์ของกราฟเป็นเส้นตรง (ภาพที่ 22) และได้สมการอาร์เรเนียสในการทำนายอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 สี ดังนี้

$$\text{สีดั้งเดิม ; } \ln \theta = 12841 (1/C+273) - 37.86$$

$$\text{สีเหลือง; } \ln \theta = 12792 (1/C+273) - 37.75$$

$$\text{สีส้มอมแดง; } \ln \theta = 13009 (1/C+273) - 37.82$$

$$\text{สีน้ำเงินอมม่วง; } \ln \theta = 13193 (1/C+273) - 39.00$$



ภาพที่ 22 สมการอาร์เรเนียสที่ใช้ในการทำนายอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ลูกจาก  
แช่อบแห้งแบบออสโมซิสทั้ง 4 สี

จากการนำอุณหภูมิห้องเฉลี่ยในระหว่างการทดลอง เท่ากับ  $29.6^{\circ}\text{C}$  (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2559) มาแทนค่าสมการดังกล่าวข้างต้น พบว่า อายุการเก็บเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ลูกจากแช่อบแห้งแบบออสโมซิสสีดั้งเดิม สีเหลือง สีส้มแดง และสีน้ำเงินอมม่วง มีเท่ากับ 96 92 113 และ 99 วัน ตามลำดับ

## 8. การถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน

ในการจัดโครงการอบรมเชิงปฏิบัติการ เรื่อง การแปรรูปผลิตภัณฑ์ลูกจากแช่อบแห้งแบบออสโมซิส ให้แก่กลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านนาเกลือ ตำบลแหลมฟ้าผ่า อำเภอพระสมุทรเจดีย์ จังหวัดสมุทรปราการ เมื่อวันที่ 21 สิงหาคม 2559 โดยผู้เข้าร่วมอบรมเป็นสมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชน และผู้สนใจทั่วไป จำนวน 30 คน ผลการประเมินข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม (ตารางที่ 18) พบว่า

ผู้เข้าร่วมโครงการอบรมส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง (70%) อายุ 56 ปีขึ้นไป (36.67%) รองลงมาคืออายุ 46-55 ปี (20%) และส่วนใหญ่เป็นสมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชน (66.67%) ส่วนผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมโครงการอบรม พบว่า ผู้เข้าร่วมโครงการอบรมส่วนใหญ่มีความพึงพอใจโดยภาพรวมต่อการจัดอบรมเชิงปฏิบัติการในครั้งนี้อยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{x} = 4.53$ ) โดยมีความพึงพอใจด้านทักษะในการถ่ายทอดความรู้และการตอบคำถามของวิทยากร และเนื้อหาของการบรรยายมีความชัดเจนและเข้าใจง่ายอยู่ในระดับมากที่สุด ส่วนด้านความพร้อมของสถานที่ และความเพียงพอของอุปกรณ์ในการอบรม เอกสารประกอบการฝึกอบรมมีความเหมาะสมและเป็นประโยชน์ การได้รับความรู้เพิ่มขึ้นหลังการจัดอบรม ความสามารถในการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ และการถ่ายทอดองค์ความรู้ที่ได้รับให้แก่ผู้อื่นได้ ผู้เข้าร่วมโครงการอบรมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก (ตารางที่ 18) และภาพบรรยากาศการจัดกิจกรรมการถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชนแสดงในภาคผนวก ค

ตารางที่ 18 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

| ข้อมูล                     | จำนวน (คน) | %     |
|----------------------------|------------|-------|
| เพศ                        |            |       |
| - หญิง                     | 21         | 70.00 |
| - ชาย                      | 9          | 30.00 |
| อายุ                       |            |       |
| - ไม่เกิน 25 ปี            | 4          | 13.33 |
| - 26 – 35 ปี               | 5          | 16.67 |
| - 36- 45 ปี                | 4          | 13.33 |
| - 46-55 ปี                 | 6          | 20.00 |
| - 56 ปีขึ้นไป              | 11         | 36.67 |
| สถานภาพ                    |            |       |
| - สมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชน | 20         | 66.67 |
| - ผู้สนใจทั่วไป            | 10         | 33.33 |

ตารางที่ 19 คะแนนความพึงพอใจเฉลี่ยในการเข้าร่วมโครงการอบรมเชิงปฏิบัติการ เรื่อง การแปรรูปผลิตภัณฑ์จากแช่หมอบแห้งแบบออสโมซิส

| รายการประเมิน  | $\bar{x}$ | S.D  | การแปลผล       |
|--|-----------|------|----------------|
| 1. ความพร้อมของสถานที่ และความเพียงพอของอุปกรณ์ในการอบรม     | 4.50      | 0.51 | ระดับมาก       |
| 2. ทักษะในการถ่ายทอดความรู้และการตอบคำถามของวิทยากร          | 4.57      | 0.50 | ระดับมากที่สุด |
| 3. เนื้อหาของการบรรยายมีความชัดเจนและเข้าใจง่าย              | 4.57      | 0.50 | ระดับมากที่สุด |
| 4. เอกสารประกอบการฝึกอบรมมีความเหมาะสมและเป็นประโยชน์        | 4.50      | 0.57 | ระดับมาก       |
| 5. ท่านได้รับความรู้เพิ่มขึ้นหลังการจัดอบรม                  | 4.23      | 0.57 | ระดับมาก       |
| 6. ท่านสามารถนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ได้                       | 4.23      | 7.46 | ระดับมาก       |
| 7. ท่านสามารถถ่ายทอดองค์ความรู้ที่ได้รับให้แก่ผู้อื่นได้     | 4.20      | 0.71 | ระดับมาก       |
| 8. ความพึงพอใจโดยภาพรวมต่อการจัดอบรมเชิงปฏิบัติการในครั้งนี้ | 4.53      | 0.51 | ระดับมากที่สุด |

## บทที่ 5

### สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การวิจัย เรื่อง การแปรรูปผลิตภัณฑ์ลูกจากแช่อิ่มอบแห้งแบบออสโมซิส เป็นการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการแปรรูปผลิตภัณฑ์ลูกจากแช่อิ่มอบแห้งแบบออสโมซิส โดยใช้วัตถุดิบ คือ ลูกจากของชุมชนในเขตอำเภอพระสมุทรเจดีย์ จังหวัดสมุทรปราการซึ่งเป็นการใช้ประโยชน์จากวัตถุดิบในท้องถิ่นมาเพิ่มมูลค่า เพิ่มโอกาสในการสร้างรายได้ให้แก่ชุมชน อำเภอพระสมุทรเจดีย์จังหวัดสมุทรปราการ และเป็นการสร้างทางเลือกให้แก่ผู้บริโภค โดยได้ทำการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของลูกจากสด และวิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เรื่อง ผลไม้แห้ง (มผช136 /25550) และได้มีการประยุกต์ใช้สีจากธรรมชาติมาเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ด้วย รวมทั้งดำเนินการถ่ายทอดเทคโนโลยีการแปรรูปผลิตภัณฑ์ลูกจากแช่อิ่มอบแห้งแบบออสโมซิสแก่วิสาหกิจชุมชนในเขตอำเภอพระสมุทรเจดีย์ จังหวัดสมุทรปราการ ซึ่งสามารถสรุปผลการวิจัยได้ ดังนี้

#### สรุปผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพของลูกจากสด พบว่า ลูกจากสดมีเนื้อนุ่ม สีขาวนวล มีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ  $11.72 \pm 2.61$  กรัม และขนาดเฉลี่ยด้านความกว้าง ความยาว และความหนา เท่ากับ  $41.77 \pm 2.57$  มิลลิเมตร  $27.41 \pm 1.03$  มิลลิเมตร และ  $12.35 \pm 1.14$  มิลลิเมตร ตามลำดับ ค่า  $L^*$   $a^*$  และ  $b^*$  ของลูกจากสด พบว่า มีค่าเท่ากับ  $49.19 \pm 0.74$   $0.18 \pm 0.04$  และ  $1.98 \pm 0.15$  ตามลำดับ คุณภาพและองค์ประกอบทางเคมีของลูกจากสด พบว่า มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด เท่ากับ  $6^\circ\text{Brix}$  ค่า  $a_w$  เท่ากับ  $0.97 \pm 0.01$  ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เกลือ และใยอาหาร เท่ากับ  $88.82 \pm 0.01\%$   $0.92 \pm 0.04\%$   $0.02 \pm 0.00\%$   $9.47 \pm 0.03\%$   $0.78 \pm 0.01$  และ  $4.33 \pm 0.01\%$  ตามลำดับ

2. ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการแปรรูปผลิตภัณฑ์ลูกจากแช่อิ่มอบแห้งแบบออสโมซิส พบว่า เมื่ออัตราส่วนระหว่างลูกจากต่อสารละลายน้ำตาลเพิ่มขึ้น ค่า WL และ SG ในผลิตภัณฑ์ก็จะเพิ่มขึ้น ซึ่งค่าสีของผลิตภัณฑ์ลูกจากแช่อิ่มอบแห้งแบบออสโมซิส พบว่า ค่า  $a^*$  มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ในขณะที่ค่า  $L^*$  และ  $b^*$  ลดลงเล็กน้อย เมื่ออัตราส่วนระหว่างลูกจากต่อสารละลายน้ำตาลเพิ่มขึ้น และจากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนด้านความชอบโดยรวมสูงที่สุดเมื่ออัตราส่วนระหว่างลูกจากต่อสารละลายน้ำตาลเท่ากับ 1:3 และเมื่อ



พิจารณาร่วมกับค่า WL และ SG งานวิจัยนี้จึงเลือกใช้อัตราส่วนเท่ากับ 1:3 ในการศึกษาการประยุกต์ใช้สีธรรมชาติมาเป็นส่วนผสมเพื่อเพิ่มสีสันทัดแก่ผลิตภัณฑ์ เนื่องจากเสียค่าใช้จ่ายน้อยกว่า

3. ผลการศึกษาการประยุกต์ใช้สีจากธรรมชาติเพื่อเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์และคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยเลือกใช้สีม่วงจากดอกอัญชัน สีแดงและสีส้มจากฝาง และสีดั้งเดิมของผลิตภัณฑ์ ได้ผลิตภัณฑ์ทั้งหมด 4 สี ที่มีปริมาณความชื้น ค่า  $a_w$  และคุณภาพด้านจุลินทรีย์ เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เรื่อง ผลไม้แห้ง (มผช 136 /2550)

4. ผลทำนายอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ ณ สภาวะเร่ง พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับด้านสีและความชอบโดยรวมลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้นโดยผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 สี สามารถเก็บรักษาได้เป็นเวลา 6 วัน ที่อุณหภูมิ  $50^{\circ}\text{C}$  ทั้งนี้ ค่า  $L^*$  ที่บ่งชี้การยุติการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์สีดั้งเดิม สีเหลือง สีส้มอมแดง และสีน้ำเงินอมม่วง มีค่าที่ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 33 35 36 และ 29 ตามลำดับ โดยใช้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสทั้งสองด้านต่ำกว่า 5 มาเป็นเกณฑ์ และจากสมการอาร์เรเนียสสามารถทำนายอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์สีดั้งเดิม สีเหลือง สีส้มอมแดง และสีน้ำเงินอมม่วง มีเท่ากับ 96 92 113 และ 99 วัน ตามลำดับ โดยผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 สี มีคุณภาพเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เรื่อง ผลไม้แห้ง (มผช 136 /2550)

5. ผลการดำเนินงานการถ่ายทอดเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์ลูกจากแช่อิ่มอบแห้งแบบออสโมซิสให้แก่สมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านนาเกลือ ตำบลแหลมฟ้าผ่า อำเภอพระสมุทรเจดีย์ จังหวัดสมุทรปราการ และผู้สนใจทั่วไปจำนวน 30 คน พบว่า ผู้เข้าร่วมโครงการอบรมส่วนใหญ่มีความพึงพอใจโดยภาพรวมต่อการจัดอบรมเชิงปฏิบัติการในครั้งนี้อยู่ในระดับมากที่สุด

## อภิปรายผล

1. ลูกจากสดในพื้นที่ตำบลแหลมฟ้าผ่า มีเนื้อนุ่ม สีขาวนวล มีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ  $11.72 \pm 2.61$  กรัม และขนาดเฉลี่ยด้านความกว้าง ความยาว และความหนา เท่ากับ  $41.77 \pm 2.57$  มิลลิเมตร  $27.41 \pm 1.03$  มิลลิเมตร และ  $12.35 \pm 1.14$  มิลลิเมตร ตามลำดับ ซึ่งมีค่าต่ำกว่าลูกจากสดที่พบในประเทศไทย (มีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ  $19.60 \pm 0.8$  กรัม และความยาว เท่ากับ  $45.00 \pm 0.50$  มิลลิเมตร) (Prasad *et al.* (2013) ส่วนด้านคุณภาพและองค์ประกอบทางเคมี พบว่า มีค่าใกล้เคียงกับลูกจากสดที่พบโดยทั่วไปในหลายพื้นที่ (Pramila and Shiro, 2011)

2. ในการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการแปรรูปผลิตภัณฑ์ลูกจากแช่อิ่มอบแห้งแบบออสโมซิส พบว่า เมื่ออัตราส่วนระหว่างลูกจากต่อสารละลายน้ำตาลเพิ่มขึ้น ค่า WL และ SG ในผลิตภัณฑ์ก็จะเพิ่มขึ้น เนื่องจากเกิดจากความแตกต่างของแรงดันออสโมติกระหว่างภายในเซลล์ของลูกจากกับสารละลายน้ำตาล โดยเกิดเป็นแรงขับ (driving force) (Falade *et al.*, 2007) ซึ่งเป็นข้อดีในการดึงน้ำออกจากวัตถุดิบได้อย่างรวดเร็ว (Azoubel and Murr, 2004) ในส่วนของค่าสีของผลิตภัณฑ์ลูกจากแช่อิ่มอบแห้งแบบออสโมซิส พบว่า ค่า  $a^*$  มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ในขณะที่ค่า  $L^*$  และ  $b^*$  ลดลงเล็กน้อย เมื่ออัตราส่วนระหว่างลูกจากต่อสารละลายน้ำตาลเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ ค่าสี จัดเป็นดัชนีชี้วัดตัวหนึ่งในการกำหนดคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหาร ซึ่งมีผลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค โดยการเปลี่ยนแปลงสีระหว่างกระบวนการออสโมซิสและกระบวนการอบแห้ง ถือได้ว่าเป็นความสำคัญอย่างยิ่ง (Osorio *et al.*, 2007) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงสีในผลิตภัณฑ์แช่อิ่มนั้น เกิดจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแบบไม่ใช้เอนไซม์ (non-enzymatic browning) (Ames, 2003) และจากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนด้านความชอบโดยรวมสูงที่สุดเมื่ออัตราส่วนระหว่างลูกจากต่อสารละลายน้ำตาลเท่ากับ 1:3 ดังนั้นเมื่อพิจารณาพร้อมกับค่า WL และ SG ที่อัตราส่วนเท่ากับ 1:3 จึงมีความเหมาะสมที่สุด เนื่องจากเสียค่าใช้จ่ายน้อยกว่า และลดปัญหาด้านการจัดการกับสารละลายน้ำตาลเหลือทิ้ง ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ วณิตา สระทองคำ (2543) ที่ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งด้วยออสโมซิส ที่พบว่า อัตราส่วนระหว่างฟักทองต่อสารละลายน้ำตาลเพิ่มขึ้น ค่า WL และ SG ในผลิตภัณฑ์ก็จะเพิ่มขึ้น โดยการใช้สารละลายน้ำตาลที่มากเกินไปจะช่วยป้องกันการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาล เนื่องจากน้ำที่ถูกกำจัดออกจากวัตถุดิบในระหว่างกระบวนการออสโมซิส

3. ผลการศึกษาการประยุกต์ใช้สีจากธรรมชาติเพื่อเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์และคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยเลือกใช้สีม่วงจากดอกอัญชัน สีแดงและสีส้มจากฝาง และสีดั้งเดิมของผลิตภัณฑ์ ได้ผลิตภัณฑ์ทั้งหมด 4 สี ที่มีปริมาณความชื้น ค่า  $a_w$  และคุณภาพด้านจุลินทรีย์ เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เรื่อง ผลไม้แห้ง (มพช 136 /2550) เนื่องจากผลิตภัณฑ์ลูกจากแช่อิ่มอบแห้งมีปริมาณน้ำตาลสูง น้ำตาลสามารถเข้าไปแทนที่น้ำในผลิตภัณฑ์ ทำให้ปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์ลดลง (ดวงสุตา เตโชติรส และคณะ, 2552) ซึ่งเป็นสภาวะที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์นั่นเอง

4. ในการศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ เป็นการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่เปลี่ยนแปลงไปตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา แต่การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นนั้นจะใช้เวลานาน ดังนั้น จึงมีวิธีการศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ ณ สภาวะเร่ง โดยอาศัยวิธีทางจุลศาสตร์เพื่อใช้ในการทำนายอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ ซึ่งช่วยให้สามารถประเมินอายุการ

เก็บรักษาของผลิตภัณฑ์โดยใช้เวลาสั้นลง (Polydera *et al.*, 2005) โดยค่า  $L^*$  ที่บ่งชี้การยุติการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์สีดั้งเดิม สีเหลือง สีส้มอมแดง และสีน้ำเงินอมม่วง มีค่าที่ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 33 35 36 และ 29 ตามลำดับ มาเป็นเกณฑ์ และจากสมการอาร์เรสามารถทำนายอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์สีดั้งเดิม สีเหลือง สีส้มอมแดง และสีน้ำเงินอมม่วง มีเท่ากับ 96 92 113 และ 99 วัน ตามลำดับ ทั้งนี้ ผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 สี มีคุณภาพเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เรื่อง ผลไม้แห้ง (มผช 136 /2550)

## ข้อเสนอแนะ

### 1. ข้อเสนอแนะสำหรับการนำไปใช้ประโยชน์

1.1 กระบวนการออสโมซิสที่ใช้ในงานวิจัยนี้ เป็นกระบวนการออสโมซิสแบบช้า จึงต้องมีการควบคุมความสะอาดของอุปกรณ์ โดยการล้างทำความสะอาดและฆ่าเชื้ออุปกรณ์โดยการลวกด้วยน้ำร้อนก่อนนำไปใช้ รวมทั้งจะต้องต้มน้ำเชื่อมให้เดือดทุกวัน เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ และในระหว่างกระบวนการออสโมซิส จะต้องให้ลูกจากจมอยู่ในน้ำเชื่อมและให้เหลืออากาศน้อยที่สุด เพื่อให้เกิดการถ่ายโอนมวลได้อย่างสมบูรณ์

1.2 เนื่องจากคุณภาพของวัตถุดิบเป็นปัจจัยสำคัญต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นในการเลือกลูกจากมาใช้ ไม่ควรเลือกลูกจากที่แข็งเกินไป เพราะจะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีเนื้อสัมผัสที่แข็ง ไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค

1.3 สามารถนำน้ำเชื่อมที่ผ่านกระบวนการออสโมซิสแล้ว มาปรับความเข้มข้นแล้วนำกลับไปใช้ใหม่ ซึ่งช่วยลดต้นทุนในการผลิตได้ แต่ทั้งนี้จะต้องระวังเรื่องการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ ซึ่งแก้ปัญหาโดยการต้มน้ำเชื่อมให้เดือดทุกครั้งก่อนนำไปใช้

### 2. ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยในครั้งต่อไป

2.1 ควรมีการศึกษาสารอาหารที่มีประโยชน์อื่นๆ เช่น สารพฤษเคมี (phytochemical) สารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) และปริมาณวิตามินเอทั้งในลูกจากสดและผลิตภัณฑ์ลูกจากแช่อิ่มอบแห้ง

2.2 ควรมีการศึกษาการใช้ประโยชน์จากเศษเหลือของลูกจากและน้ำเชื่อมที่เหลือหลังเสร็จสิ้นกระบวนการออสโมซิส เช่น นำไปผลิตเป็นแยมลูกจาก หรือนำไปผลิตเป็นทอฟฟี่ลูกจาก เป็นต้น เพื่อก่อให้เกิดการใช้ประโยชน์สูงสุด

## บรรณานุกรม

- กรมอุตุนิยมวิทยา. (2556). กรมอุตุนิยมวิทยา. (ออนไลน์). สืบค้นเมื่อวันที่ 4 มิถุนายน 2559. จาก  
เว็บไซต์ : <http://www.tmd.go.th/>
- คณิตตา พัฒนาภา. (2553). การพัฒนากระบวนการผลิตส้มสายน้ำผึ้งแช่อิ่มอบแห้ง. วิทยานิพนธ์  
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรม  
เกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- จินตนา ศรีผุย. (2546). การแปรรูปผักและผลไม้แช่อิ่ม. วารสารศูนย์บริการวิชาการ. 11(1): 58-64.
- จิรพร สวัสดิการ และสาวิณี แก้วเกตุ. (2558). การพัฒนาเครื่องต้มสมุนไพรฝางเสริมคอลลาเจน.  
การประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ “สร้างสรรค์และพัฒนา เพื่อก้าวหน้าสู่  
ประชาคมอาเซียน” ครั้งที่ 2 วันที่ 8-19 มิถุนายน 2558 ณ วิทยาลัยนครราชสีมา อำเภอ  
เมือง จังหวัดนครราชสีมา : ภาคโปสเตอร์.
- จุฑามาศ นิวัฒน์. (2542). การทำแห้งสับปะรดด้วยวิธีออสโมซิสระบบต่อเนื่อง. วิทยานิพนธ์  
มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร.
- ช่อนกลีน บุญเข้ม. (2558, 14 พฤษภาคม). สัมภาษณ์. ประธานกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านนาเกลือ  
ตำบลแหลมฟ้าผ่า อำเภอพระสมุทรเจดีย์ จังหวัดสมุทรปราการ.
- ณัฐวดีณคล เศรษฐปราโมทย์ ชนารัตน์ หาญวัง และนุชจรินทร์ เครือวงศ์กำ. (2558). คุณภาพการ  
เก็บรักษาและทานายอายุการเก็บรักษาทางจุลนาาสตร์ของผลิตภัณฑ์สับปะรดกวน. การ  
ประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา “การวิจัยเพื่อการพัฒนาที่  
ยั่งยืน” 3 – 4 กันยายน 2558.
- ดวงสุดา เตโชติรส จุฑา พืระพัชระ และวรลักษณ์ ปัญญาธิติพงศ์. (2552). การพัฒนาผลิตภัณฑ์และ  
บรรจุภัณฑ์อาหารจากสับปะรด สำหรับกลุ่มสหกรณ์การเกษตรหุบกะพง จำกัด. รายงาน  
วิจัย. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลมานคร. กรุงเทพมหานคร.

- นิดดา หงส์วิวัฒน์ และทวีทอง หงส์วิวัฒน์. (2550). คุณค่าอาหารและการกิน.ในผลไม้ 111 ชนิด. สำนักพิมพ์แสงแดด. กรุงเทพมหานคร. หน้า 57.
- นิธิยา รัตนานนท์. (2553). **เคมีอาหาร**. พิมพ์ครั้งที่ 4. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. กรุงเทพมหานคร. 504 หน้า.นพรัตน์ บำรุงรักษ์.2544.**ต้นจาก... พืชเศรษฐกิจของป้าชายเลน**. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ บริษัทเฟื่องฟ้าพรินต์ติ้ง จำกัด. กรุงเทพมหานคร.
- นันทวัน เทอดไท. (2551). **การออกแบบกระบวนการทางอุตสาหกรรมเกษตร**. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. กรุงเทพมหานคร. 160 หน้า.
- ปณิดา บรรจงสินศิริ สุภาภรณ์ ทิศพันธ์ และเกศรา แซ่ควั. (2550). **การพัฒนาผลไม้แช่อิ่มอบแห้งที่ให้พลังงานต่ำ**. รายงานฉบับสมบูรณ์. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. 158 หน้า.
- ปรัชญาณี ธัญญาดี. (2546). **ภูมิปัญญาพื้นบ้านหัตถกรรมจักสานตำบลจากมุงหลังคากับการพัฒนาเศรษฐกิจชุมชนพึ่งตนเอง : ศึกษาเฉพาะกรณี หมู่ 2 บ้านวัดบางโปรง ตำบลบางโปรง อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปราการ**. วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาสังคมศาสตร์ เพื่อการพัฒนา โครงการบัณฑิตศึกษา. สถาบันราชภัฏธนบุรี.
- ไพโรจน์ วิริยะจारी. (2539). **อาหารกึ่งแห้ง**. ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาลิถภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.เชียงใหม่. 204 หน้า.
- ลดาวัลย์ ช่างชุบและเสาวณีย์เลิศวรสิริกุล. (2554). **การพัฒนากรรมวิธีการผลิตเปลือกมะนาวแช่อิ่มอบแห้งแบบออสโมซิส. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 49**. กรุงเทพมหานคร. หน้า 589-596.
- วนิดา สระทองคำ. (2543). **การทำแห้งผักทองด้วยวิธีออสโมซิส**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์ มหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วิชมนิ ยืนยงพุทธกาล. (2556). **ปัจจัยที่มีผลต่อการดองน้ำออกด้วยวิธีออสโมซิสของผักและผลไม้**. **วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา**. 18 (2556) 1 : 226-233.

- วิษณีย์ ยืนยงพุทธกาล. (2557). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ฝรั่งแก้วแห้งที่เสริมสารที่มีประโยชน์ต่อร่างกายโดยการดองน้ำออกซิเจนออสโมซิสร่วมกับการทำแห้ง. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.
- วรรณรัตน์ ลีสุขสวัสดิ์ อนุวัตร แจ่มชัด และนันทวัน เทอดไทย. (2554). ผลของการลวกต่อกิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสในมังคุดและผลของสารละลายซูโครสร่วมกับกรดซิตริกในการถนอมผลสารระหว่างการทำออสโมซิส. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 49 คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วิไล รังสาดทอง. (2546). เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 4. ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. กรุงเทพมหานคร.
- สุคนธ์ชื่น ศรีงาม. (2546). กระบวนการทำแห้งอาหาร. ใน **คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (บรรณาธิการ)**. พิมพ์ครั้งที่ 4. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. กรุงเทพมหานคร.
- สมชายวงศ์ สุริยศักดิ์ และสุวิทย์ โชตินันท์. (2556). การพัฒนาเครื่องต้มสมุนไพรจากดอกอัญชันในเชิงพาณิชย์. (ออนไลน์). สืบค้นเมื่อวันที่ 31 พฤษภาคม 2559. จากเว็บไซต์ : <http://j-com-dev-and-life-qua.oop.cmu.ac.th/uploads/file/bcdfkpru1269.pdf>
- สำนักงานเกษตรอำเภอพระสมุทรเจดีย์. [ม.ป.ป.]. (แผ่นพับ)
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2550). **มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผลไม้แห้ง**. มผช. 136/2550. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.
- อภิญา เจริญกุล. (2556). เอกสารประกอบการอบรม เรื่อง การทำแห้งแบบออสโมติกและการแช่อิมผลไม้ไทย วันที่ 28 สิงหาคม 2556. มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย. กรุงเทพมหานคร.
- Ames, J.M. (2003). Browning. *Encyclopedia of Food Science and Nutrition* (2<sup>nd</sup>). Elsevier Science Ltd. UK. pp. 665-672.
- Azoubel, P. M. and Murr, F. E. X. (2004). Mass transfer kinetics of osmotic dehydration of cherry tomato. *Journal of Food Engineering*. 61:291–295.

- Falade, K. O., Igbeka, J. C. and Ayanwuyi, F. A. (2007). Kinetics of mass transfer and colour changes during osmotic dehydration of watermelon. **Journal of Food Engineering**. 80: 979-985.
- Haj Najafi, A., Yusof, Y. A., Rahman, R. A. Ganjloo, A. and Ling, C. N. (2014). Effect of osmotic dehydration process using sucrose solution at mild temperature on mass transfer and quality attributes of red pitaya (*Hylocereus polyrhizus*). **International Food Research Journal**. 21(2): 625-630.
- Kaymak-Ertekin, F. and Sultanoglu M. (2000). Modelling of mass transfer during osmotic dehydration of apple. **Journal of Engineering**. 46: 753-758.
- Osabor, V.N., Egbung, G.E. and Okafor, P.C (2008). Chemical Profile of *Nypa fruticans* from Cross River Estuary, South Eastern Nigeria. **Pakistan Journal of Nutrition**. 7 (1): 146-150.
- Osorio, C., Franco, M. S., Castaño, M. P., González-Miret, M. L., Heredia, F. J. and Morales, A. L. (2007). Colour and flavour changes during osmotic dehydration of fruits. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**. 8: 353-359.
- Owolarafe, O. K., Olabige, M. T., Faborode, M. O. (2007). Physical and mechanical properties of two varieties of fresh oil palm fruit **Journal of Food Engineering**. 78:1228-1232.
- Phisut, N., Rattanawedee, M. and Aekkasak, K. (2013). Effect of osmotic dehydration process on the physical, chemical and sensory properties of osmo-dried cantaloupe. **International Food Research Journal**. 20(1): 189-196.
- Polydera, A. C., Stoforosb, N. G., Taoukis, P. S. (2005). Quality degradation kinetics of pasteurised and high pressure processed fresh Navel orange juice: Nutritional parameters and shelf life. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**. 6 :1 – 9.
- Pramila T, Shiro S. (2011). Chemical characterization of various parts of nipa palm (*Nypa fruticans*). *Industrial Crops and Products*. 34(3):1423-1428.

- Prasad, N., Yang, B., Kong, K.W., Khoo, H.E., Sun, J., and Azlan, A. (2013).  
Phytochemicals and Antioxidant Capacity from *Nypa fruticans* Wurmb Fruit.  
**Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**. 9 p.
- Raoult-Walk, A. L. (1994). Recent advances in the osmotic dehydration foods. **Trend Food Sci. Tech.** (5): 255-260p.



## ภาคผนวก

## ภาคผนวก ก

## แบบประเมินความชอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์

.....

ก.1 แบบประเมินความชอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์จากแฮมมอบแห้งแบบออสโมซิส  
ด้วยวิธี 9 - Point Hedonic Scale

ชื่อผู้ทดสอบ.....วันที่.....

คำแนะนำ: กรุณาทดสอบตัวอย่างตามลำดับและให้คะแนนความชอบที่ตรงตามความรู้สึกของท่านมากที่สุด ดังนี้

9 = ชอบมากที่สุด    8 = ชอบมาก    7 = ชอบปานกลาง  
6 = ชอบเล็กน้อย    5 = เฉยๆ(บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ)    4 = ไม่ชอบเล็กน้อย  
3 = ไม่ชอบปานกลาง    2 = ไม่ชอบมาก    1 = ไม่ชอบมากที่สุด

| คุณลักษณะ     | รหัส<br>..... | รหัส<br>..... | รหัส<br>..... | รหัส<br>..... |
|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| ลักษณะปรากฏ   |               |               |               |               |
| สี            |               |               |               |               |
| เนื้อสัมผัส   |               |               |               |               |
| รสชาติ        |               |               |               |               |
| ความชอบโดยรวม |               |               |               |               |

ข้อเสนอแนะสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์

.....

.....

.....

.....

.....

ขอบคุณค่ะ

ก.2 แบบประเมินความชอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลูกจากแฮมอบแห้งแบบออสโมซิส  
ทั้ง 4 สี ด้วยวิธี 9 - Point Hedonic Scale

ชื่อผู้ทดสอบ.....วันที่.....

คำแนะนำ: กรุณาทดสอบตัวอย่างตามลำดับและให้คะแนนความชอบที่ตรงตามความรู้สึกของท่านมากที่สุด ดังนี้

- 9 = ชอบมากที่สุด    8 = ชอบมาก    7 = ชอบปานกลาง  
6 = ชอบเล็กน้อย    5 = เฉยๆ(บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ)    4 = ไม่ชอบเล็กน้อย  
3 = ไม่ชอบปานกลาง    2 = ไม่ชอบมาก    1 = ไม่ชอบมากที่สุด

| คุณลักษณะ     | สีดั้งเดิม | สีเหลือง | สีแดงอมส้ม | สีน้ำเงินอมม่วง |
|---------------|------------|----------|------------|-----------------|
| สี            |            |          |            |                 |
| ความชอบโดยรวม |            |          |            |                 |

ข้อเสนอแนะสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขอบคุณค่ะ

## ภาคผนวก ข

### วิธีการวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพ เคมี และทางจุลินทรีย์

#### ข.1 การวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพ

##### ข.1.1 วิธีการวัดค่าสี $L^*$ $a^*$ $b^*$

###### เครื่องมือและอุปกรณ์

เครื่องวัดสี Lovibond RT 100 Reflectance Tintometer

###### ขั้นตอนการวัด

1. ประกอบเครื่องวัดสี
2. ต่อสายเครื่อง Computer Lead เข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่าน RS232
3. เสียบสาย Adapter เข้ากับระบบไฟฟ้า 220 V, 50Hz
4. เปิดโปรแกรมประมวลผล Lovibond RT Color Measurement System
5. กำหนดค่าระดับแสง (illumination) และมุมมองในการวัด (Observer)
6. ทำการปรับเทียบค่าสีมาตรฐาน (Calibration Standard) ทุกครั้งก่อนการใช้งาน

ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

###### 6.1 วางแผ่นสีมาตรฐาน

6.2 เลือกเมนู Calibration เครื่องจะทำการปรับเทียบค่าสีให้โดยอัตโนมัติ

6.3 กดปุ่ม Sample เพื่อวัดอ่านค่าสีในหน่วย X, Y, Z เปรียบเทียบโดยดูจากค่าสีมาตรฐานหมายเลข 0107 ซึ่งจะมีค่าสี  $X = 78.7$ ,  $Y = 83.0$ ,  $Z = 86.3$  (ค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน  $\pm 0.4$ )

6.4 ถ้าค่าที่ได้ไม่ตรงให้ทำการเปรียบเทียบใหม่อีกครั้ง

6.5 วัดค่าความแตกต่างของสีในหน่วย  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  ( $L^*$  หมายถึง ค่าความสว่าง,  $a^*$  หมายถึง ค่าของสีแดงถ้ามีค่าเป็นบวก ถ้ามีค่าเป็นลบจะมีค่าเป็นสีน้ำเงิน,  $b^*$  หมายถึง ค่าของสีเหลืองถ้ามีค่าเป็นบวก แต่ถ้ามีค่าเป็นลบจะมีสีเขียว)

###### 7. ทำการวัดค่าสีมาตรฐาน (Reference) โดย

- วางเครื่องวัดสีโดยให้ Sensor ตั้งฉากกับผิวตัวอย่าง
- ตรงปุ่มสีแดง Reference โดยใช้ Mouse (ด้านซ้าย) หรือกดปุ่ม F2
- ค่าของสีมาตรฐาน (Reference) จะแสดงใต้ปุ่ม Reference (สีแดง)

### 8. การวัดค่าสีตัวอย่าง (Sample)

- เตรียมตัวอย่างที่ต้องการวัดโดยใส่ตัวอย่างลงในถุงพลาสติกโปร่งแสงหรือจานแก้วที่มีลักษณะโปร่งแสง
  - วาง Sensor ตั้งฉากกับผิวตัวอย่าง
  - วัดตัวอย่างโดยคลิกปุ่มสีเขียว (Sample) โดยใช้ Mouse (ด้านซ้าย) หรือกดปุ่ม F3 (ในกรณีที่หลายตัวอย่าง สามารถคลิกเมาส์ที่ปุ่ม Sample ได้ทันที)
  - ผลการวัดจะแสดงได้ปุ่ม Sample
9. เครื่องจะรายงานผลความแตกต่างของสีในหน่วย  $L^*$   $a^*$  และ  $b^*$

## ข.2 การวิเคราะห์ทางเคมี

### ข.2.1 การวัดค่า Water Activity ( $a_w$ ) ด้วยเครื่อง Novasina รุ่น AW SPRINT TH 500

1. กดสวิทช์เปิดเครื่อง และทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที เพื่อเป็นการอุ่นเครื่อง
2. Calibrate เครื่องด้วยน้ำกลั่นและตั้งค่าตามอุณหภูมิที่ขึ้นบนหน้าจอ
3. นำตัวอย่างใส่ในตลับใส่ตัวอย่างและกดปุ่ม Start ค้างไว้ เครื่องจะเริ่มทำการวิเคราะห์

ข้อมูล

4. เมื่อเครื่องวิเคราะห์ค่าเสร็จจะมีเสียงเตือน จดค่าที่ขึ้นบนหน้าจอ และทำการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

### ข.2.2 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้นด้วยวิธี AOAC (2000)

#### เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ถ้วยอลูมิเนียมที่มีฝาปิด (aluminium basin)
2. เดซิเคเตอร์ (desiccator)
3. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง
4. ตู้อบลมร้อน (Hot Air Oven)

#### วิธีการวิเคราะห์

1. อบถ้วยอลูมิเนียมพร้อมฝาในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 100-105 °C เป็นเวลา 30 นาที ทิ้งให้เย็นในเดซิเคเตอร์ แล้วจึงชั่งน้ำหนัก ( $W$ )
2. ชั่งตัวอย่างให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอน 3-5 กรัม ใส่ในถ้วยอลูมิเนียมสำหรับหาความชื้นอบและชั่งน้ำหนักไว้แล้ว ( $W_1$ )
3. นำไปอบในตู้ที่ควบคุมอุณหภูมิ 100-105°C นาน 3 ชั่วโมง

4. นำออกจากตู้อบปิดฝาทันที ทิ้งให้เย็นในเดซิเคเตอร์
5. อบซ้ำครั้งละ 30 นาที จนได้น้ำหนักคงที่ (น้ำหนักคงที่ หมายถึง ผลต่างของน้ำหนัก 2 ครั้ง ติดต่อกันมีค่าไม่ต่างกัน 2 มิลลิกรัม) ( $W_2$ )

#### การคำนวณ

$$\text{ปริมาณความชื้น (\%)} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100$$

เมื่อ  $W$  = น้ำหนักของถ้วยอลูมิเนียมพร้อมฝาหน่วยเป็นกรัม

$W_1$  = น้ำหนักตัวอย่างในถ้วยอลูมิเนียมพร้อมฝาก่อนอบหน่วยเป็นกรัม

$W_2$  = น้ำหนักตัวอย่างในถ้วยอลูมิเนียมพร้อมฝาลังอบหน่วยเป็นกรัม

### ข.3 วิธีวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ โดยใช้ชุดทดสอบสำเร็จรูป Compact Dry

#### ข.3.1 การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด

##### วิธีการวิเคราะห์

1. เตรียมตัวอย่างตามวิธีของ BAM โดยชั่งตัวอย่าง 25 กรัม ใส่ลงสารละลายบัฟเฟอร์จำนวน 225 มิลลิลิตร และผสมตัวอย่างด้วยเครื่องผสม (stomacher)
2. ปิเปตสารละลายที่ระดับความเจือจางที่เตรียมไว้ ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในจานเพาะเชื้อ Compact Dry Plate บริเวณกลางแผ่น ทิ้งไว้ให้ตัวอย่างกระจายตัวไปทั่วแผ่นโดยอัตโนมัติ ประมาณ 2-3 วินาที จำนวน 3 ซ้ำ
3. วาง Plate คว่ำลง และนำเข้าตู้อบ บ่มที่อุณหภูมิ  $35 \pm 2^\circ\text{C}$  เป็นเวลา 48 ชั่วโมง
5. นับจำนวนโคโลนีที่เกิดขึ้นทุกโคโลนี โดยเลือกนับเฉพาะ Plate ที่มีโคโลนีอยู่ในช่วง 25-250 โคโลนี
6. รายงานผลเป็นปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในรูป CFU (colony forming unit) ต่อตัวอย่าง 1 กรัม

#### ข.3.2 การวิเคราะห์ปริมาณยีสต์และรา

##### วิธีการวิเคราะห์

1. เตรียมตัวอย่างตามวิธีของ BAM โดยชั่งตัวอย่าง 25 กรัม ใส่ลงสารละลายบัฟเฟอร์จำนวน 225 มิลลิลิตร และผสมตัวอย่างด้วยเครื่องผสม (stomacher)

2. ปิเปตสารละลายที่ระดับความเจือจางที่เตรียมไว้ ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในจานเพาะเชื้อ Compact Dry Plate บริเวณกลางแผ่น ทิ้งไว้ให้ตัวอย่างกระจายตัวไปทั่วแผ่นโดยอัตโนมัติ ประมาณ 2-3 วินาที จำนวน 3 ซ้ำ

3. วาง Plate คว่ำลง และนำเข้าตู้บ่ม บ่มที่อุณหภูมิ 20-25°C เป็นเวลา 3-7 วัน

5. นับจำนวนโคโลนีที่เกิดขึ้นทุกโคโลนี โดยเลือกนับเฉพาะ Plate ที่มีโคโลนีอยู่ในช่วง 25-250 โคโลนี โดยยีสต์จะเป็นโคโลนีสีฟ้า สีขาว หรือสีครีม และมีขอบเขตชัดเจน ส่วนราจะมีลักษณะเป็นเส้นใยและไม่มีขอบเขตของโคโลนีที่ชัดเจน

6. รายงานผลในรูป CFU (colony forming unit) ต่อตัวอย่าง 1 กรัม

### ข.3.3 การวิเคราะห์ปริมาณ *E. Coli* และ Coliforms

#### วิธีการวิเคราะห์

1. เตรียมตัวอย่างตามวิธีของ BAM โดยชั่งตัวอย่าง 25 กรัม ใส่ลงสารละลายบัฟเฟอร์จำนวน 225 มิลลิลิตร และผสมตัวอย่างด้วยเครื่องผสม (stomacher)

2. ปิเปตสารละลายที่ระดับความเจือจางที่เตรียมไว้ ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในจานเพาะเชื้อ Compact Dry Plate บริเวณกลางแผ่น ทิ้งไว้ให้ตัวอย่างกระจายตัวไปทั่วแผ่นโดยอัตโนมัติ ประมาณ 2-3 วินาที จำนวน 3 ซ้ำ

3. วาง Plate คว่ำลง และนำเข้าตู้บ่ม บ่มที่อุณหภูมิ  $35 \pm 2^{\circ}\text{C}$  เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

5. นับจำนวนโคโลนีที่เกิดขึ้นทุกโคโลนี เลือกนับเฉพาะ Plate ที่มีโคโลนีอยู่ในช่วง 25-250 โคโลนี โดย Coliforms จะเป็นโคโลนีสีแดง ส่วน *E. Coli* จะเป็นโคโลนีสีฟ้า

6. รายงานผลในรูป MPN ต่อตัวอย่าง 1 กรัม

ภาคผนวก ค

ประมวลภาพบรรยากาศการถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน







**ภาคผนวก ง**  
**แบบประเมินความพึงพอใจของผู้เข้ารับการอบรม**

.....

แบบประเมินความพึงพอใจ  
โครงการอบรมเชิงปฏิบัติการ เรื่อง การแปรรูปผลิตภัณฑ์ลูกจากแช่อบแห้งแบบออสโมซิส  
วันอาทิตย์ที่ 21 สิงหาคม พ.ศ. 2559 เวลา 9.00 - 16.00 น.  
ณ วิสาหกิจชุมชนบ้านนาเกลือ อำเภอพระสมุทรเจดีย์ จังหวัดสมุทรปราการ

**คำอธิบาย** แบบประเมินฉบับนี้มีทั้งหมด 3 ตอน ขอให้ผู้ตอบแบบประเมินตอบให้ครบทั้ง 3 ตอน เพื่อให้การดำเนินโครงการเป็นไปตามวัตถุประสงค์ และเพื่อเป็นประโยชน์ในการจัดโครงการครั้งต่อไป

**ตอนที่ 1 ข้อมูลผู้ตอบแบบประเมิน** **คำชี้แจง:** โปรดทำเครื่องหมาย (✓) ลงใน ☐

1. เพศ ☐ หญิง ☐ ชาย
2. อายุ ☐ ไม่เกิน 25 ปี ☐ 26-35 ปี ☐ 36-45 ปี ☐ 46-55 ปี ☐ 56 ปีขึ้นไป
3. สถานภาพ ☐ สมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชน  
☐ ผู้สนใจทั่วไป

**ตอนที่ 2 ความพึงพอใจต่อการจัดอบรม**

**คำชี้แจง:** โปรดทำเครื่องหมาย (✓) ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด

| รายการประเมิน  | ระดับความพึงพอใจ |     |         |      |            |
|--|------------------|-----|---------|------|------------|
|  | มากที่สุด        | มาก | ปานกลาง | น้อย | น้อยที่สุด |
| 1. ความพร้อมของสถานที่ และความเพียงพอของอุปกรณ์ในการอบรม     |                  |     |         |      |            |
| 2. ทักษะในการถ่ายทอดความรู้และการตอบคำถามของวิทยากร          |                  |     |         |      |            |
| 3. เนื้อหาของการบรรยายมีความชัดเจนและเข้าใจง่าย              |                  |     |         |      |            |
| 4. เอกสารประกอบการฝึกอบรมมีความเหมาะสมและเป็นประโยชน์        |                  |     |         |      |            |
| 5. ท่านได้รับความรู้เพิ่มขึ้นหลังการจัดอบรม                  |                  |     |         |      |            |
| 6. ท่านสามารถนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ได้                       |                  |     |         |      |            |
| 7. ท่านสามารถถ่ายทอดองค์ความรู้ที่ได้รับให้แก่ผู้อื่นได้     |                  |     |         |      |            |
| 8. ความพึงพอใจโดยภาพรวมต่อการจัดอบรมเชิงปฏิบัติการในครั้งนี้ |                  |     |         |      |            |

**ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะอื่นๆ**

.....  
.....

ขอขอบคุณที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถาม

**ภาคผนวก ง**  
**มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผลไม้แห้ง**



**ประกาศสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม**  
**เรื่อง แก้ไขมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน**  
**ฉบับที่ ๑๔๗๑ (พ.ศ. ๒๕๕๐)**  
**ผลไม้แห้ง**  
**(แก้ไขครั้งที่ ๑)**

โดยที่คณะกรรมการพิจารณามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน คณะที่ ๑ มีมติในการประชุมครั้งที่ ๑๓-๑/๒๕๕๐ เมื่อวันที่ ๘ สิงหาคม พ.ศ.๒๕๕๐ ให้แก้ไขเพิ่มเติมมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ผลไม้แห้ง มาตรฐานเลขที่ มผช.๑๓๖/๒๕๕๖

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมจึงออกประกาศแก้ไขเพิ่มเติมมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ผลไม้แห้ง มาตรฐานเลขที่ มผช.๑๓๖/๒๕๕๖ ทำประกาศสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ฉบับที่ ๑๔๒ (พ.ศ.๒๕๕๖) ลงวันที่ ๒๔ พฤศจิกายน ๒๕๕๖ ดังต่อไปนี้

๑. ให้แก้หมายเลขมาตรฐานเลขที่ “มผช.๑๓๖/๒๕๕๖” เป็น “มผช.๑๓๖/๒๕๕๐”
๒. ให้ยกเลิกความในข้อ ๓.๘ และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน  
“๓.๘ จุลินทรีย์  
๓.๘.๑ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องน้อยกว่า  $1 \times 10^6$  โคโลนีต่อตัวอย่าง ๑ กรัม  
๓.๘.๒ เอสเชอริเชีย โคไล โดยวิธีเอ็มพีเอ็น ต้องน้อยกว่า ๓ ต่อตัวอย่าง ๑ กรัม  
๓.๘.๓ ยีสต์ ต้องไม่เกิน  $1 \times 10^4$  โคโลนีต่อตัวอย่าง ๑ กรัม  
๓.๘.๔ รา ต้องไม่เกิน ๕๐๐ โคโลนีต่อตัวอย่าง ๑ กรัม”

ทั้งนี้ ให้มีผลบังคับใช้นับแต่วันที่ประกาศ เป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่      สิงหาคม พ.ศ. ๒๕๕๐

(นายไพโรจน์ สัญญะเดชากุล)  
เลขาธิการสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

## มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ผลไม้แห้ง

### ๑. ขอบข่าย

๑.๑ มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ครอบคลุมผลไม้ทุกชนิดที่นำมาทำให้แห้ง โดยอาจผ่านกรรมวิธีการดองหรือแช่ก่อนการทำแห้งก็ได้ บรรจุในภาชนะบรรจุ ทั้งนี้รวมถึงผลไม้แห้งที่มีการปรุงแต่งกลิ่นหรือรสด้วย

### ๒. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ มีดังต่อไปนี้

๒.๑ ผลไม้แห้ง หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำผลไม้ที่อยู่ในสภาพดี ไม่เน่าเสีย โดยอาจนำมาผ่านกรรมวิธีการหมักดองหรือแช่ก่อนหรือไม่ก็ได้ มาลดความชื้นตามต้องการโดยใช้แสงแดดหรือนำไปอบ ทั้งนี้อาจปรุงแต่งกลิ่นหรือรสด้วยส่วนประกอบอื่นที่เหมาะสม เช่น น้ำตาล เกลือ พริก ด้วยก็ได้

### ๓. คุณลักษณะที่ต้องการ

#### ๓.๑ ลักษณะทั่วไป

ต้องคงลักษณะเนื้อที่ดีตามธรรมชาติของผลไม้ ผิวหน้าแห้ง ไม่เกาะติดกัน เนื้อไม่แข็งกระด้าง ในภาชนะบรรจุเดียวกันต้องมีรูปร่างและขนาดใกล้เคียงกัน

#### ๓.๒ สี

ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของผลไม้และส่วนประกอบที่ใช้ อย่างสม่ำเสมอ

#### ๓.๓ กลิ่นรส

ต้องมีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของผลไม้และส่วนประกอบที่ใช้ ปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เมื่อตรวจสอบโดยวิธีให้คะแนนตามข้อ ๘.๑ แล้ว ต้องได้คะแนนเฉลี่ยของแต่ละลักษณะจากผู้ตรวจสอบทุกคนไม่น้อยกว่า ๓ คะแนน และไม่มีลักษณะใดได้ ๑ คะแนน จากผู้ตรวจสอบคนใดคนหนึ่ง

#### ๓.๔ สิ่งแปลกปลอม

ต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่ส่วนประกอบที่ใช้ เช่น เส้นผม ดิน ทราย กรวด ชิ้นส่วนหรือสิ่งปฏิกูลจากสัตว์ เช่น แมลง หนู นก

#### ๓.๕ วัตถุเจือปนอาหาร

หากมีการใช้วัตถุปรุงแต่งกลิ่นรสและวัตถุกันเสีย ให้ใช้ได้ตามชนิดและปริมาณที่กฎหมายกำหนด

มผช.๑๓๖/๒๕๕๖

๓.๖ ความชื้น

ต้องไม่เกินร้อยละ ๑๘ โดยน้ำหนัก

๓.๗ วอเตอร์แอกทิวิตี

ต้องไม่เกิน ๐.๗๕

**หมายเหตุ** วอเตอร์แอกทิวิตี เป็นปัจจัยสำคัญในการคาดคะเนอายุการเก็บอาหาร และเป็นตัวบ่งชี้ถึงความปลอดภัยของอาหาร โดยทำหน้าที่ควบคุมการอยู่รอด การเจริญ และการสร้างพิษของจุลินทรีย์

๓.๘ จุลินทรีย์

๓.๘.๑ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องไม่เกิน  $1 \times 10^4$  โคโลนีต่อตัวอย่าง ๑ กรัม

๓.๘.๒ เอสเชอริเชีย โคลิ ด้วยวิธีเอ็มพีเอ็น ต้องน้อยกว่า ๓ ต่อตัวอย่าง ๑ กรัม

๓.๘.๓ ยีสต์และรา ต้องไม่เกิน ๑๐๐ โคโลนีต่อตัวอย่าง ๑ กรัม

#### ๔. สุขลักษณะ

๔.๑ สุขลักษณะในการทำผลไม้แห้ง ให้เป็นไปตามคำแนะนำตามภาคผนวก ก.

#### ๕. การบรรจุ

๕.๑ ให้บรรจุผลไม้แห้งในภาชนะบรรจุที่สะอาด แห้ง ผนึกได้เรียบร้อย สามารถป้องกันความชื้นและการปนเปื้อนจากสิ่งสกปรกภายนอกได้

๕.๒ น้ำหนักสุทธิของผลไม้แห้งในแต่ละภาชนะบรรจุ ต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ที่ฉลาก

#### ๖. เครื่องหมายและฉลาก

๖.๑ ที่ภาชนะบรรจุผลไม้แห้งทุกหน่วย อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้อย่างชัดเจน ชัดเจน

(๑) ชื่อเรียกผลิตภัณฑ์ เช่น มะม่วงแช่อิ่มแห้ง ชมพู่สามรส ฝรั่งหยี มะม่วงเค็ม

(๒) น้ำหนักสุทธิ

(๓) วัน เดือน ปีที่ทำ และวัน เดือน ปีที่หมดอายุ หรือข้อความว่า “ควรบริโภคก่อน (วัน เดือน ปี)”

(๔) ข้อแนะนำในการเก็บรักษา

(๕) ชื่อผู้ทำ หรือสถานที่ทำ พร้อมสถานที่ตั้ง หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน

ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

## ๗. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

๗.๑ รุ่น ในที่นี้ หมายถึง ผลไม้แห้งที่ทำจากผลไม้ชนิดเดียวกัน ที่ทำโดยกรรมวิธีเดียวกัน ในระยะเวลาเดียวกัน

๗.๒ การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้

๗.๒.๑ การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบสิ่งแปลกปลอม การบรรจุ และเครื่องหมาย และฉลาก ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน ๓ หน่วยภาชนะบรรจุ เมื่อตรวจสอบแล้ว ทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ ๓.๔ ข้อ ๕. และข้อ ๖. จึงจะถือว่าผลไม้แห้งรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

๗.๒.๒ การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบลักษณะทั่วไป สี และกลิ่นรส ให้ใช้ตัวอย่าง ที่ผ่านการทดสอบตามข้อ ๗.๒.๑ แล้ว จำนวน ๓ หน่วยภาชนะบรรจุ เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้อง เป็นไปตามข้อ ๓.๑ ถึงข้อ ๓.๓ จึงจะถือว่าผลไม้แห้งรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

๗.๒.๓ การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบวัตถุเจือปนอาหาร ความชื้น วอเตอร์แอคติวิตีและจุลินทรีย์ ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน ๕ หน่วยภาชนะบรรจุ นำมาทำเป็น ตัวอย่างรวม โดยน้ำหนักรวมต้องไม่น้อยกว่า ๘๐๐ กรัม เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตาม ข้อ ๓.๕ ถึงข้อ ๓.๘ จึงจะถือว่าผลไม้แห้งรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

๗.๓ เกณฑ์ตัดสิน

ตัวอย่างผลไม้แห้งต้องเป็นไปตามข้อ ๗.๒.๑ ข้อ ๗.๒.๒ และข้อ ๗.๒.๓ ทุกข้อ จึงจะถือว่าผลไม้แห้ง รุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้

## ๘. การทดสอบ

๘.๑ การทดสอบลักษณะทั่วไป สี และกลิ่นรส

๘.๑.๑ ให้แต่งตั้งคณะผู้ตรวจสอบ ประกอบด้วยผู้ที่มีความชำนาญในการตรวจสอบผลไม้แห้งอย่างน้อย ๕ คน

แต่ละคนจะแยกกันตรวจและให้คะแนนโดยอิสระ

๘.๑.๒ วางตัวอย่างผลไม้แห้งในจานกระเบื้องสีขาว ตรวจสอบโดยการตรวจพินิจและชิม

๘.๑.๓ หลักเกณฑ์การให้คะแนน ให้เป็นไปตามตารางที่ ๑

มผช.๑๓๖/๒๕๕๖

**ตารางที่ ๑ หลักเกณฑ์การให้คะแนน**  
(ข้อ ๘.๑.๓)

| ลักษณะที่ตรวจสอบ | เกณฑ์ที่กำหนด  | ระดับการตัดสิน (คะแนน) |    |       |              |
|------------------|--|------------------------|----|-------|--------------|
|                  |  | ดีมาก                  | ดี | พอใช้ | ต้องปรับปรุง |
| ลักษณะทั่วไป     | ต้องคงลักษณะเนื้อที่ดีตามธรรมชาติของผลไม้ ผิวหน้าแห้ง ไม่เกาะติดกัน เนื้อไม่แข็งกระด้าง ในภาชนะบรรจุเดียวกันต้องมีรูปร่างและขนาดใกล้เคียงกัน | ๔                      | ๓  | ๒     | ๑            |
| สี               | ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของผลไม้และส่วนประกอบที่ใช้ อย่างสม่ำเสมอ  | ๔                      | ๓  | ๒     | ๑            |
| กลิ่นรส          | ต้องมีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของผลไม้และส่วนประกอบที่ใช้ ปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์  | ๔                      | ๓  | ๒     | ๑            |

มผช.๑๓๖/๒๕๕๖

๘.๒ การทดสอบสิ่งแปลกปลอม ภาชนะบรรจุ และเครื่องหมายและฉลาก  
ให้ตรวจพินิจ

๘.๓ การทดสอบวัตถุเจือปนอาหาร และความชื้น  
ให้ใช้วิธีทดสอบตาม AOAC หรือวิธีทดสอบอื่นที่เป็นที่ยอมรับ

๘.๔ การทดสอบวอเตอร์แอกทिवิตี  
ให้ใช้เครื่องวัดวอเตอร์แอกทिवิตี ที่ควบคุมอุณหภูมิได้ที่  $(25 \pm 2)$  องศาเซลเซียส

๘.๕ การทดสอบจุลินทรีย์  
ให้ใช้วิธีทดสอบตาม AOAC หรือ BAM หรือวิธีทดสอบอื่นที่เป็นที่ยอมรับ

๘.๖ การทดสอบน้ำหนักสุทธิ  
ให้ใช้เครื่องชั่งที่เหมาะสม



มผช.๑๓๖/๒๕๔๖

## ภาคผนวก ก.

## สัญลักษณ์

(ข้อ ๔.๑)

ก.๑ สถานที่ตั้งและอาคารที่ทำ

ก.๑.๑ สถานที่ตั้งตัวอาคารและที่ใกล้เคียง อยู่ในที่ที่จะไม่ทำให้เกิดมลพิษที่ทำการปนเปื้อนได้ง่าย โดย

ก.๑.๑.๑ สถานที่ตั้งตัวอาคารและบริเวณโดยรอบ สะอาด ไม่มีน้ำขังและสกปรก

ก.๑.๑.๒ อยู่ห่างจากบริเวณหรือสถานที่ที่มีฝุ่น เหม่า ควั่น มากผิดปกติ

ก.๑.๑.๓ ไม่อยู่ใกล้เคียงกับสถานที่น่ารังเกียจ เช่น บริเวณเพาะเลี้ยงสัตว์ แหล่งเก็บหรือกำจัดขยะ

ก.๑.๒ อาคารที่ทำมีขนาดเหมาะสม มีการออกแบบและก่อสร้างในลักษณะที่ง่ายแก่การบำรุงรักษา การทำ

ความสะอาด และสะดวกในการปฏิบัติงาน โดย

ก.๑.๒.๑ พื้น ฝาผนัง และเพดานของอาคารที่ทำ ก่อสร้างด้วยวัสดุที่คงทน เรียบ ทำความสะอาด และซ่อม

แซมให้อยู่ในสภาพที่ดีตลอดเวลา

ก.๑.๒.๒ แยกบริเวณที่ทำออกเป็นสัดส่วน ไม่อยู่ใกล้ห้องสุขา ไม่มีสิ่งของที่ไมใช้แล้วหรือไม่เกี่ยวข้อง กับ

การทำอยู่ในบริเวณที่ทำ

ก.๑.๒.๓ พื้นปฏิบัติงานไม่แออัด มีแสงสว่างเพียงพอ และมีการระบายอากาศที่เหมาะสม

ก.๒ เครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์ในการทำ

ก.๒.๑ ภาชนะหรืออุปกรณ์ในการทำที่สัมผัสกับผลิตภัณฑ์ ทำจากวัสดุมีผิวเรียบ ไม่เป็นสนิม ล้างทำความสะอาด

สะอาดได้ง่าย

ก.๒.๒ เครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์ที่ใช้ สะอาด เหมาะสมกับการใช้งาน ไม่ก่อให้เกิดการปนเปื้อน

ติดตั้งได้ง่าย มีปริมาณเพียงพอ รวมทั้งสามารถทำความสะอาดได้ง่ายและทั่วถึง

ก.๓ การควบคุมกระบวนการทำ

ก.๓.๑ วัตถุดิบและส่วนผสมในการทำ สะอาด มีคุณภาพดี มีการล้างหรือทำความสะอาดก่อนนำไปใช้

ก.๓.๒ การทำ การเก็บรักษา การขนย้าย และการขนส่ง ให้มีการป้องกันการปนเปื้อนและการเสื่อมเสียของ

ผลิตภัณฑ์

ก.๔ การสุขาภิบาล การบำรุงรักษา และการทำความสะอาด

ก.๔.๑ น้ำที่ใช้ล้างทำความสะอาดเครื่องมือ เครื่องจักร อุปกรณ์ และมือของผู้ทำ เป็นน้ำสะอาดและมีปริมาณเพียงพอ

ก.๔.๒ มีวิธีการป้องกันและกำจัดสัตว์นำเชื้อ แมลงและฝุ่นผง ไม่ให้เข้าไปในบริเวณที่ทำตามความเหมาะสม

ก.๔.๓ มีการกำจัดขยะ สิ่งสกปรก และน้ำทิ้ง อย่างเหมาะสม เพื่อไม่ก่อให้เกิดการปนเปื้อนกลับลงสู่ผลิตภัณฑ์

ก.๔.๔ สารเคมีที่ใช้ล้างทำความสะอาด และใช้กำจัดสัตว์นำเชื้อและแมลง ใช้ในปริมาณที่เหมาะสม และเก็บแยกจากบริเวณที่ทำ เพื่อไม่ให้ปนเปื้อนลงสู่ผลิตภัณฑ์ได้

ก.๕ บุคลากรและสุขลักษณะของผู้ทำ

ผู้ทำทุกคน ต้องรักษาความสะอาดส่วนบุคคลให้ดี เช่น สวมเสื้อผ้าที่สะอาด มีผ้าคลุมผมเพื่อป้องกันไม่ให้เส้นผมหล่นลงในผลิตภัณฑ์ ไม่ไว้เล็บยาว ล้างมือให้สะอาดทุกครั้งก่อนปฏิบัติงาน หลังการใช้ห้องสุขาและเมื่อมือสกปรก

## ประวัติการศึกษาและการทำงาน

|                 |  |
|-----------------|--|
| ชื่อ - นามสกุล  | นางจันวิภา สุปะกิ่ง  |
| การทำงาน        | อาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร<br>คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี  |
| ประวัติการศึกษา | วท.ม. (เทคโนโลยีทางอาหาร)<br>จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย<br><br>วท.บ. (อุตสาหกรรมเกษตร)<br>สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง |