# การถ่ายเทมวลสารและคุณภาพของชิ้นน้อยหน่าที่ผ่านการดึงน้ำออกโดยใช้สารละลายออสโมติกในรูปแบบสารละลายผสมของน้ำตาลโอลิโกฟรุคโตสและน้ำตาลมะพร้าว

**วิชมณี ยืนยงพุทธกาล[1*] พิชานันท์ ขำขยัน[2] และ สุภลัคน์ แก่นโชติกุล[2]**
มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการนำน้ำตาลโอลิโกฟรุคโตสและน้ำตาลมะพร้าวมาใช้เป็นสารละลายออสโมติกสำหรับการดึงน้ำออกจากชิ้นน้อยหน่า จากการแปรสัดส่วนระหว่างน้ำตาลโอลิโกฟรุคโตสต่อน้ำตาลมะพร้าวเป็น 60:0, 0:60, 50:10, 40:20 และ 30:30 (w/w) พบว่าดัชนีที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายเทมวลสาร (WL SG และ WR) รวมถึงปริมาณความชื้น ค่า $a_w$ ค่าสี ($L^*$ $a^*$ และ $b^*$) และคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏและด้านสี แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในขณะคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

**คำสำคัญ :** การดึงน้ำออกด้วยวิธีออสโมซิส / น้อยหน่า / สารละลายออสโมติก

* *Corresponding Author : wich@buu.ac.th*

[1] *ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์*

[2] *นักศึกษาระดับปริญญาตรี ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์*

# Mass Transfer and Quality of Sugar Apple Slices Osmotically Dehydrated with the Use of Oligofructose and Coconut Sugar Mixture Solutions

**Wichamanee Yuenyongputtakal[1*], Pichanan Kamkayan[2] and Supaluk Kaenchotikul[2]**

Burapha University, Saensook, Muang, Chonburi 20131

## Abstract

This study investigated the use of oligofructose and coconut sugar as the solution for osmotic dehydration of sugar apple slices. The ratios of oligofructose to coconut sugar were varied at 60:0 0:60 50:10 40:20 and 30:30 (w/w). Statistical differences ($p \leq 0.05$) in the various mass transfer indicators (WL SG and WR), moisture content, $a_w$, color values ($L^*$ $a^*$ and $b^*$) and liking sensory scores in terms of the appearance and color were noted among the samples treated with different osmotic solutions. However, liking sensory scores in terms of odor, taste, texture and overall liking were not statistically different ($p>0.05$).

**Keywords :** Osmotic Dehydration / Sugar Apple / Osmotic Solution

* *Corresponding Author : wich@buu.ac.th*

[1] *Assistant Professor, Department of Food Science, Faculty of Science.*

[2] *Bachelor Student, Department of Food Science, Faculty of Science.*

## 1. บทนำ

น้อยหน่า (Annona atemoya Hotr.) เป็นผลไม้ชนิดหนึ่งที่มีศักยภาพด้านการปลูกในประเทศไทย มีหน่วยงานภาครัฐที่ให้ความสำคัญด้านการปรับปรุงและพัฒนาพันธุ์อย่างต่อเนื่อง น้อยหน่าพันธุ์เพชรปากช่อง เป็นน้อยหน่าที่ผ่านการปรับปรุงพันธุ์จากสถานีวิจัยปากช่อง สถาบันอินทรีจันทรสถิตย์เพื่อการค้นคว้าและพัฒนาพืชศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จนได้ลักษณะเด่น คือ รสชาติหวาน หอม ผลขนาดใหญ่ เนื้อมาก เมล็ดน้อย และให้ผลผลิตเร็ว จึงได้รับความนิยมจากผู้บริโภค และมีเกษตรกรปลูกน้อยหน่าพันธุ์นี้กันมาก [1] [2] อย่างไรก็ตามน้อยหน่าเป็นผลไม้ที่ออกผลตามฤดูกาล และจัดอยู่ในกลุ่มไคลแมคเทอริค (Climacteric) คือ มีการหายใจและการผลิตเอทิลีนที่มากขึ้นอย่างรวดเร็วภายหลังการเก็บเกี่ยว ทำให้เกิดการสุกได้ น้อยหน่าสดจึงมีอายุการเก็บสั้น และมีโอกาสเน่าเสียง่าย นอกจากนี้น้อยหน่ามักจำหน่ายในตลาดในรูปแบบผลไม้สด ซึ่งต้องมีการคัดเกรดก่อนการจำหน่าย ทำให้มีผลผลิตส่วนหนึ่งที่มีคุณภาพไม่เหมาะสำหรับการจำหน่ายผลสด เช่น มีตำหนิ ขนาดผลเล็ก ต้องจำหน่ายในราคาต่ำ ทั้งที่เนื้อน้อยหน่ายังมีคุณภาพดี ดังนั้นการนำเนื้อน้อยหน่ามาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารจึงเป็นแนวทางหนึ่งที่ช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับวัตถุดิบน้อยหน่า

การดึงน้ำออกด้วยวิธีออสโมซิส (Osmotic dehydration) เป็นการเตรียมขั้นต้นที่สามารถช่วยลดปริมาณน้ำออกจากวัตถุดิบก่อนนำมาแปรรูปต่อ เช่น การทำแห้ง การแช่แข็ง ได้เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ที่มีอายุการเก็บมากกว่าผลไม้สด การดึงน้ำออกวิธีออสโมซิสทำได้โดยแช่ชิ้นผลไม้ในสารละลายออสโมติกที่มีความเข้มข้นสูง ซึ่งมีผลให้เกิดการถ่ายเทมวลสารที่สำคัญ คือ น้ำแพร่ออกจากชิ้นผลไม้ และตัวถูกละลายในสารละลายออสโมติกแพร่เข้าในชิ้นผลไม้ มีผลสำคัญให้เกิดการลดความชื้นให้กับวัตถุดิบก่อนการนำไปแปรรูปต่อไป เช่น หากนำไปทำแห้งต่อจะช่วยลดระยะเวลาในการทำแห้งลงและลดการสูญเสียกลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และคุณค่าทางอาหาร [3-4] ในการออสโมซิสมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องที่ส่งผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์หลังการออสโมซิสหลายประการ การศึกษาและปรับปรุงปัจจัยในกระบวนการออสโมซิสจึงมีผลให้ได้ผลิตภัณฑ์หลังการออสโมซิสที่ตรงกับแนวความคิดผลิตภัณฑ์ที่ต้องการได้ งานวิจัยนี้ต้องการศึกษาปัจจัยด้านชนิดของสารละลายออสโมติกที่ใช้ โดยปกติสารละลายออสโมติกมักเตรียมจากน้ำตาลทรายเนื่องจากราคาถูกและหาง่าย แต่มีข้อด้อย คือ ต้องใช้สารละลายความเข้มข้นสูง ทำให้ผลิตภัณฑ์มีรสหวานมากและมีโอกาสเกิดผลเสียต่อสุขภาพ เช่น ทำให้เกิดโรคอ้วน และนำไปสู่โรคร้ายแรงต่างๆ เช่น โรคเบาหวาน และโรคหัวใจ เป็นต้น [5] จึงไม่สอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภคในปัจจุบันที่มีพฤติกรรมรักสุขภาพมากขึ้น งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดหลีกเลี่ยงการใช้น้ำตาลทราย โดยใช้สารละลายออสโมติกในรูปแบบสารละลายผสมระหว่างน้ำตาลโอลิโกฟรุคโตสกับน้ำตาลมะพร้าว เนื่องจากน้ำตาลโอลิโกฟรุคโตส มีรสชาติเหมือนกับน้ำตาลทราย แต่ให้ความหวานและให้พลังงานต่ำกว่าน้ำตาลทราย นอกจากนี้น้ำตาลโอลิโกฟรุคโตสยังมีสมบัติเป็นพรีไบโอติกอีกด้วย [6] สำหรับน้ำตาลมะพร้าว เป็นน้ำตาลจากธรรมชาติ มีรสชาติคล้ายน้ำตาลทรายแดงแต่มีคุณค่าทางอาหารสูงกว่า และมีพลังงานต่ำกว่าน้ำตาลทราย เนื่องจากน้ำตาลมะพร้าวมีองค์ประกอบอื่นด้วย เช่น แร่ธาตุและวิตามิน ซึ่งให้คุณค่าทางโภชนาการแต่ไม่ให้พลังงาน รวมทั้งมีค่าดัชนีน้ำตาล (Glycemic Index; GI) ต่ำ เท่ากับ 35 ในขณะที่น้ำตาลทรายมีค่า GI เท่ากับ 64 ซึ่งค่า GI นี้ประเมินเทียบกับน้ำตาลกลูโคสที่มี GI เท่ากับ 100 [7]

น้ำหนักโมเลกุล องค์ประกอบ และโครงสร้างของน้ำตาลที่ใช้เตรียมสารละลายออสโมติก เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการถ่ายเทมวลสารในระหว่างการออสโมซิส [8-9] น้ำตาลโอลิโกฟรุกโตสจัดเป็นน้ำตาลที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ เป็นอนุพันธุ์ของสารอินูลินที่มีโครงสร้างเป็นพอลิเมอร์ที่เกิดจากหน่วยฟรุกโตสมาเชื่อมต่อกันด้วยพันธะไกลโคซิดิก (glycosidic linkages) เป็นฟรุกแตน โดยมีหน่วยโมเลกุลของกลูโคสมาต่อท้าย ส่วนน้ำตาลมะพร้าวมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นน้ำตาลซูโครส น้ำตาลกลูโคส และน้ำตาลฟรุกโตส ซึ่งเป็นน้ำตาลโมเลกุลคู่หรือน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว จึงมีขนาดโมเลกุลขนาดเล็กกว่า [10-11]

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้สารละลายออสโมติกในรูปแบบสารละลายผสมระหว่างน้ำตาลโอลิโกฟรุคโตสและน้ำตาลมะพร้าวต่อดัชนีที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายเทมวลสารและคุณภาพของเนื้อน้อยหน่าหลังการออสโมซิส

## 2. วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

### 2.1 การเตรียมตัวอย่าง

เนื่องจากคุณภาพของวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง มีผลโดยตรงต่อดัชนีที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายเทมวลสารและคุณภาพ

ของผลิตภัณฑ์หลังการออสโมซิส จึงต้องควบคุมคุณภาพของวัตถุดิบที่ใช้ตลอดการทดลองให้มีความสม่ำเสมอกัน แนวทางการควบคุมคุณภาพวัตถุดิบมีดังนี้ กำหนดใช้น้อยหน่าพันธุ์เพชรปากช่อง ที่มีระดับความสุกอยู่ในระยะห่าม (กึ่งดิบกึ่งสุก) มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดอยู่ในช่วง 15-19° Brix และคัดเลือกผลที่ไม่มีตำหนิหรือรอยช้ำ นำมาหั่นเป็นชิ้นขนาด 2×2×2 เซนติเมตร โดยใช้แต่ส่วนเนื้อ นำชิ้นน้อยหน่ามาแช่ในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 0.3% เป็นเวลา 5 นาที เพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล

## 2.2 การศึกษาผลของการใช้สารละลายออสโมติกในรูปแบบสารละลายผสมระหว่างน้ำตาลโอลิโกฟรุคโตสและน้ำตาลมะพร้าว

การทดลองขั้นตอนนี้เป็นการแปรสัดส่วนระหว่างน้ำตาลโอลิโกฟรุคโตสต่อน้ำตาลมะพร้าว เป็น 5 ระดับ ได้แก่ 60:0 0:60 50:10 40:20 และ 30:30 (%w/w) โดยควบคุมน้ำหนักของตัวถูกละลายในสารละลายออสโมติกทุกสิ่งทดลองเท่ากันคือ 60 %w/w (ดัดแปลงจาก Matusek และคณะ [12]) สำหรับการเตรียมสารละลายออสโมติกทำได้โดยนำน้ำตาลโอลิโกฟรุคโตส (Orafti® P95, บริษัท Beneo ประเทศเยอรมัน) มาผสมกับน้ำตาลมะพร้าว (ตราลิน, บริษัท น้ำตาลไทยรุ่งเรือง ประเทศไทย) ตามความเข้มข้นที่กำหนด เติมน้ำ แล้วคนให้น้ำตาลละลาย นำสารละลายไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 75-80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที โดยใช้เตาไฟฟ้า แล้วทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องก่อนนำมาใช้

การออสโมซิสดำเนินการโดยนำชิ้นเนื้อน้อยหน่าที่เตรียมไว้มาแช่ในสารละลายออสโมติก โดยบรรจุในโหลแก้วและปิดด้วยอลูมิเนียมฟอยด์ กำหนดอัตราส่วนสารละลายออสโมติกต่อชิ้นเนื้อน้อยหน่า เท่ากับ 4:1 (โดยน้ำหนัก) แช่เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง เมื่อครบเวลาสุ่มตัวอย่างมาล้างน้ำเพื่อกำจัดสารละลายส่วนเกินที่ผิวออก โดยให้น้ำไหลผ่านชิ้นตัวอย่างเป็นเวลา 30 วินาที วางพักบนตะแกรงให้สะเด็ดน้ำเป็นเวลา 2 นาที แล้วซับให้แห้งด้วยกระดาษ นำไปชั่งน้ำหนักและหาปริมาณความชื้น [13]

### 2.2.1 การคำนวณดัชนีที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายเทมวลสาร

คำนวณดัชนีที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายเทมวลสาร ได้แก่ ปริมาณน้ำที่สูญเสีย (Waterloss; WL) ปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้น (Solid gain; SG) และปริมาณน้ำหนักที่ลดลง (Weight reducing; WR) เพื่ออธิบายการถ่ายเทมวลสารที่เกิดขึ้นระหว่างการออสโมซิส โดยคำนวณจากสูตรดังนี้

1) ปริมาณน้ำที่สูญเสีย (Water loss ; WL)

$$WL\ (\%) = \frac{(W_iX_i - W_fX_f)}{W_i} \times 100$$

2) ปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้น (Solid gain ; SG)

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

3) ปริมาณน้ำหนักที่ลดลง (Weight reducing : WR) คำนวณได้จาก

$$WR\ (\%) = \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100$$

$W_i$ คือ น้ำหนักเริ่มต้นของตัวอย่าง (กรัม)

$W_f$ คือ น้ำหนักตัวอย่างที่เวลาใดๆ (กรัม)

$X_i$ คือ ปริมาณความชื้นเริ่มต้นของตัวอย่าง (กรัมน้ำ/100 กรัม ของตัวอย่าง)

$X_f$ คือ ปริมาณความชื้นของตัวอย่างที่เวลาใดๆ (กรัมน้ำ/100 กรัมของตัวอย่าง)

### 2.2.2 การวิเคราะห์คุณภาพเนื้อน้อยหน่าหลังการออสโมซิส

สุ่มตัวอย่างเนื้อน้อยหน่าหลังการออสโมซิส มาวิเคราะห์คุณภาพดังนี้ปริมาณความชื้น [13] ค่า $a_w$ ด้วยเครื่องวัดค่า $a_w$ (Novasina รุ่น AG Labmaster) ค่าสี ด้วยเครื่องวัดสี รายงานผลเป็นค่า $L^*$ $a^*$ และ $b^*$ และประเมินความชอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-point hedonic scale ด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบ 30 คน

## 2.3 การวิเคราะห์ทางสถิติ

ทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (ANOVA) โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD สำหรับการวิเคราะห์ดัชนีที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายเทมวลสาร และวาง

แผนการทดลองแบบ RCBD สำหรับการทดสอบทางประสาทสัมผัส เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Dunan's New Multiple Range Test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยใช้โปรแกรม SPSS version 23

## 3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

### 3.1 ผลของการใช้สารละลายออสโมติกในรูปแบบสารละลายผสมระหว่างน้ำตาลโอลิโกฟรุคโตสและน้ำตาลมะพร้าวต่อดัชนีที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายเทมวลสารหลังการออสโมซิส

ดัชนีที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายเทมวลสาร (ค่า WL ค่า SG และ ค่า WR) ของชิ้นน้อยหน่าที่ผ่านการออสโมซิสเป็นเวลา 6 ชั่วโมง แสดงดังตารางที่ 1 พบว่า เมื่อใช้สารละลายออสโมติกที่แปรอัตราส่วนระหว่างโอลิโกฟรุคโตสและน้ำตาลมะพร้าวแตกต่างกันมีผลทำให้น้อยหน่ามีค่า WL SG และ WR แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

**ตารางที่ 1** ค่า WLSG และ WR ของชิ้นน้อยหน่าที่ผ่านการออสโมซิสเมื่อใช้สารละลายออสโมติกที่แปรสัดส่วนระหว่างโอลิโกฟรุคโตสและน้ำตาลมะพร้าวแตกต่างกัน

| สิ่งทดลองที่ (โอลิโกฟรุคโตส : น้ำตาลมะพร้าว) | ค่าเฉลี่ย ± SD (%) | | |
|---|---|---|---|
| | WL | SG | WR |
| 1 (60:0) | $28.41 \pm 0.13^{d}$ | $10.92 \pm 0.18^{d}$ | $17.49 \pm 0.31^{c}$ |
| 2 (0:60) | $33.08 \pm 0.35^{a}$ | $13.88 \pm 0.63^{a}$ | $19.20 \pm 0.27^{a}$ |
| 3 (50:10) | $30.32 \pm 0.20^{c}$ | $12.03 \pm 0.07^{c}$ | $18.29 \pm 0.13^{b}$ |
| 4 (40:20) | $31.71 \pm 0.19^{b}$ | $13.04 \pm 0.32^{b}$ | $18.67 \pm 0.50^{ab}$ |
| 5 (30:30) | $32.77 \pm 0.02^{a}$ | $14.01 \pm 0.00^{a}$ | $18.76 \pm 0.03^{ab}$ |

$^{a,b,c,d}$ คือ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 1 พบว่า สิ่งทดลองที่ 1 มีการใช้น้ำตาลโอลิโกฟรุคโตสเพียงอย่างเดียว 60% มีแนวโน้มค่า WL SG และ WR ต่ำที่สุด เท่ากับ 28.41% 10.92% และ 17.49% ตามลำดับ ในขณะที่สิ่งทดลองที่ 2 ซึ่งมีการใช้น้ำตาลมะพร้าวเพียงอย่างเดียว 60% มีแนวโน้มค่า WL SG และ WR สูงที่สุด เท่ากับ 33.08% 13.88% และ 19.20% ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการใช้สารละลายออสโมติกที่เตรียมจากน้ำตาลมะพร้าวช่วยกระตุ้นให้เกิดการถ่ายเทมวลสารได้มากกว่าการใช้น้ำตาลโอลิโกฟรุคโตส ทั้งนี้เนื่องมาจากน้ำตาลมะพร้าวมีองค์ประกอบของน้ำตาลซูโครส (มวลโมเลกุล 342.29 กรัม/โมล) น้ำตาลกลูโคส และน้ำตาลฟรุคโตส (มวลโมเลกุล 180.16 กรัม/โมล) ซึ่งมีมวลโมเลกุลต่ำกว่าน้ำตาลโอลิโกฟรุคโตส ที่มีมวลโมเลกุลตั้งแต่ 342 ถึง 1638 กรัม/โมล ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับค่า DP (degree of polymerization) สำหรับงานวิจัยนี้ใช้น้ำตาลโอลิโกฟรุคโตสซึ่งมีมวลโมเลกุล 828 กรัม/โมล โดยน้ำตาลโอลิโกฟรุคโตสจัดเป็นน้ำตาลที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ เกิดจากการต่อกันของน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวตั้งแต่ 2-10 โมเลกุลด้วยพันธะไกลโคซิดิก (glycosidic linkages) [10, 11, 14] การนำน้ำตาลมะพร้าวมาเตรียมเป็นสารละลายออสโมติก จึงอาจมีผลทำให้น้ำตาลชนิดต่างๆ ที่เป็นองค์ประกอบของน้ำตาลมะพร้าวสามารถแพร่

ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์เข้าไปในชิ้นน้อยหน่าได้ง่ายและเร็วกว่าน้ำตาลโอลิโกฟรุคโตส เนื่องจากมีมวลโมเลกุลต่ำกว่า เป็นผลให้เกิดแรงดันออสโมติกสูงกว่าการใช้น้ำตาลโอลิโกฟรุคโตส จึงเอื้อต่อการถ่ายเทมวลสารได้มากกว่า ส่งผลให้สิ่งทดลองที่ 2 มีค่า WL และ ค่า SG มากที่สุด ($p \leq 0.05$) จึงทำให้ค่า WR ซึ่งเป็นผลของน้ำหนักสุทธิลดลงมากที่สุดเช่นกัน ($p \leq 0.05$) จากผลการทดลองมีความสอดคล้องกับที่ Matusek และคณะ [12] รายงานว่า การใช้สารละลายออสโมติกจากน้ำตาลที่มีความบริสุทธิ์และมีมวลโมเลกุลต่ำ เช่น น้ำตาลซูโครส เปรียบเทียบการใช้สารละลายออสโมติกที่เตรียมจากน้ำตาลโอลิโกฟรุคโตสที่ความเข้มข้นเดียวกัน พบว่า การใช้น้ำตาลซูโครสมีผลทำให้ค่า WL และ ค่า SG มากกว่าการใช้น้ำตาลโอลิโกฟรุคโตส จากการออสโมซิสแอปเปิ้ลในสารละลายออสโมติกที่เตรียมจากน้ำตาลซูโครส และน้ำตาลโอลิโกฟรุคโตส พบว่า ที่สภาวะการออสโมซิสเหมือนกัน คือใช้ความความเข้มข้นของสารละลายออสโมติก 60% เวลาการออสโมซิส 40 นาที และอุณหภูมิการออสโมซิส 40 องศาเซลเซียส การใช้สารละลายน้ำตาลซูโครสมีผลให้ค่า WL และ ค่า SG มากกว่าการใช้น้ำตาลโอลิโก ฟรุคโตสคิดเป็นประมาณ 1.2 เท่าถึง 1.8 เท่า ตามลำดับ โดยการใช้สารละลายออสโมติกจากน้ำตาลซูโครส มีค่า WL และ ค่า SG เท่ากับ 2.172 กรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง และ 1.418 กรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ในขณะที่การใช้สารละลายออสโมติกจากน้ำตาลโอลิโกฟรุคโตส ค่า WL และ ค่า SG เท่ากับ 1.804 กรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง และ 0.789 กรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง

จากตารางที่ 1 พบว่า สิ่งทดลองที่มีการใช้สารละลายออสโมติกในรูปแบบสารละลายผสมระหว่างน้ำตาลโอลิโกฟรุคโตสและน้ำตาลมะพร้าวในสิ่งทดลองที่ 3 4 และ 5 มีแนวโน้มทำให้ค่า WL ค่า SG และ ค่า WR เพิ่มขึ้นเมื่อมีการใช้น้ำตาลมะพร้าวมากขึ้น โดยเฉพาะค่า WL และค่า SG ที่พบว่ามีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) อย่างชัดเจนเมื่อพิจารณาดัชนีที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายเทมวลสารโดยรวม พบว่า การใช้สารละลายออสโมติกในรูปแบบสารละลายผสมระหว่างน้ำตาลโอลิโกฟรุคโตสและน้ำตาลมะพร้าว มีแนวโน้มทำให้ดัชนีที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายเทมวลสารเพิ่มขึ้นมากกว่าการใช้โอลิโกฟรุคโตสเพียงอย่างเดียว โดยการเพิ่มปริมาณน้ำตาลมะพร้าว 10% 20% และ 30% ในสิ่งทดลองที่ 3 4 และ 5 หลังการออสโมซิส 6 ชั่วโมง ทำให้ชิ้นน้อยหน่ามีค่า WL SG และ WR เพิ่มขึ้น อยู่ในช่วงดังนี้ 30.32%-32.77% 12.03%-14.01% และ 18.29%-18.76%

จากผลการทดลองพบข้อสังเกตว่าสิ่งทดลองที่ 5 ซึ่งใช้น้ำตาลมะพร้าวเพิ่มขึ้นเป็น 30% มีผลให้มีค่า WLSG และ WR ใกล้เคียงกับสิ่งทดลองที่ 6 ซึ่งใช้น้ำตาลมะพร้าวเพียงอย่างเดียว 60% แสดงให้เห็นว่าน้ำตาลมะพร้าวที่เพิ่มขึ้นนี้เพียงพอต่อการเพิ่มสัดส่วนองค์ประกอบของน้ำตาลซูโครส น้ำตาลกลูโคส และน้ำตาลฟรุคโตส ที่สามารถทำให้เกิดแรงดันออสโมติกเพิ่มขึ้นและเอื้อต่อการถ่ายเทมวลสารได้มากขึ้นจนใกล้เคียงกับการใช้น้ำตาลมะพร้าวความเข้มข้นสูงเพียงชนิดเดียวได้และเนื่องจากน้ำตาลมะพร้าวไม่ได้มีเพียงองค์ประกอบของน้ำตาลเพียงอย่างเดียว ยังมีองค์ประกอบพวกแร่ธาตุต่างๆ ด้วย เช่น แคลเซียม ฟอสฟอรัส และเหล็ก [15] ซึ่งมีผลต่อการขัดขวางการถ่ายเทมวลสารในระหว่างการออสโมซิสได้ Barrera [16] กล่าวว่า แคลเซียมไอออนในสารละลายออสโมติกสามารถสร้างพันธะกับสารประกอบเพคตินที่มีอยู่ในเนื้อเยื่อผักผลไม้ ทำให้เนื้อเยื่อผักผลไม้มีความยืดหยุ่นน้อยลง และขัดขวางการถ่ายเทมวลสารในระหว่างการออสโมซิสได้ ดังนั้นการใช้น้ำตาลมะพร้าวความเข้มข้นสูงเพียงชนิดเดียวมิได้เป็นการเพิ่มองค์ประกอบของน้ำตาลที่เอื้อต่อการถ่ายเทมวลสารเท่านั้น แต่ยังเป็นการเพิ่มปริมาณแร่ธาตุให้กับสารละลายออสโมติกที่มีส่วนขัดขวางการถ่ายเทมวลสารได้เช่นกัน

### 3.2 ผลของการใช้สารละลายออสโมติกในรูปแบบสารละลายผสมระหว่างน้ำตาลโอลิโกฟรุคโตสกับน้ำตาลมะพร้าวต่อคุณภาพชิ้นน้อยหน่าหลังการออสโมซิส

#### 3.2.1 ปริมาณความชื้น และค่า $a_w$

จากตารางที่ 2 พบว่า ปริมาณความชื้นเป็นผลจากค่า WL ซึ่งหมายถึงปริมาณน้ำที่สูญเสียไปจากชิ้นน้อยหน่า โดยสิ่งทดลองที่ 2 มีค่า WL สูงที่สุด (33.08%) ($p \leq 0.05$) แสดงถึงสิ่งทดลองดังกล่าวมีปริมาณน้ำสูญเสียระหว่างการออสโมซิสมากที่สุด จึงมีปริมาณความชื้นต่ำที่สุด โดยสิ่งทดลองที่ 2 3 4 และ 5 มีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วง 56.95%-59.88% สำหรับสิ่งทดลองที่ 1 มีปริมาณความชื้นสูงที่สุด 62.41% ซึ่งสอดคล้องกับค่า WL เช่นกัน แสดงให้เห็นว่า ระหว่างการออสโมซิสชิ้นน้อยหน่าในสารละลายออสโมติกที่แปรสัดส่วนระหว่างน้ำตาล

โอลิโกฟรุคโตสและน้ำตาลมะพร้าวแตกต่างกัน กลไกการถ่ายเทมวลสารที่เกิดขึ้นส่งผลต่อปริมาณความชื้นสุดท้ายของชิ้นน้อยหน่า อย่างไรก็ตามชิ้นน้อยหน่าที่ผ่านการออสโมซิสทุกสิ่งทดลองมีปริมาณความชื้นต่ำกว่าชิ้นน้อยหน่าสดที่มีปริมาณความชื้นเริ่มต้นก่อนการออสโมซิส (79%) ซึ่งเป็นการยืนยันให้เห็นว่าการออสโมซิสในการทดลองนี้สามารถลดความชื้นของชิ้นน้อยหน่าลงได้ประมาณ 16.59-22.05%

**ตารางที่ 2** ปริมาณความชื้น (%) ของชิ้นน้อยหน่าที่ผ่านการออสโมซิสเมื่อใช้สารละลายออสโมติกที่แปรสัดส่วนระหว่างระหว่างโอลิโกฟรุคโตสและน้ำตาลมะพร้าวแตกต่างกัน

| สิ่งทดลอง (โอลิโกฟรุคโตส : น้ำตาลมะพร้าว) | ปริมาณความชื้นเฉลี่ย ± SD (%) |
|---|---|
| 1 (60:0) | $62.41 \pm 0.07^{a}$ |
| 2 (0:60) | $56.95 \pm 0.63^{e}$ |
| 3 (50:10) | $59.88 \pm 0.15^{b}$ |
| 4 (40:20) | $59.07 \pm 0.13^{c}$ |
| 5 (30:30) | $57.87 \pm 1.99^{d}$ |

$^{a,b,c,d}$ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

**ตารางที่ 3** ค่า $a_w$ ของชิ้นน้อยหน่าที่ผ่านการออสโมซิสเมื่อใช้สารละลายออสโมติกที่แปรสัดส่วนระหว่างโอลิโกฟรุคโตสและน้ำตาลมะพร้าวแตกต่างกัน

| สิ่งทดลอง (โอลิโกฟรุคโตส : น้ำตาลมะพร้าว) | ค่า $a_w$ เฉลี่ย ± SD |
|---|---|
| 1 (60:0) | $0.970 \pm 0.002^{a}$ |
| 2 (0:60) | $0.940 \pm 0.002^{d}$ |
| 3 (50:10) | $0.970 \pm 0.001^{a}$ |
| 4 (40:20) | $0.960 \pm 0.001^{b}$ |
| 5 (30:30) | $0.950 \pm 0.002^{c}$ |

$^{a,b,c,d}$ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

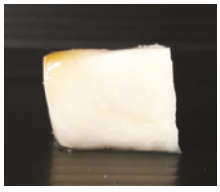
จากตารางที่ 3 พบว่าทุกสิ่งทดลองมีค่า $a_w$ อยู่ในช่วง 0.940-0.970 ($p \leq 0.05$) ซึ่งต่ำกว่าค่า $a_w$ ของน้อยหน่าสด (0.990) แสดงให้เห็นว่าการออสโมซิสเป็นเวลา 6 ชั่วโมง ทำให้ค่า $a_w$ ของน้อยหน่าลดลงได้ ในระหว่างการออสโมซิสผักผลไม้มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบภายในเซลล์ส่วนพาเรนไคมา (parenchyma) เมื่อมีการแช่ชิ้นผักผลไม้ในสารละลายออสโมติกที่มีความแตกต่างของความเข้มข้นระหว่างเซลล์ผักผลไม้กับสารละลายออสโมติก ซึ่งทำให้เกิดเป็นแรงขับ (driving force) และมีการถ่ายเทมวลสารผ่านเยื่อเลือกผ่าน (semi-permeable membrane) โดยกลไกการถ่ายเทมวล

สารที่เกิดขึ้นนี้จะสิ้นสุดเมื่อค่า $a_w$ ของสารละลายออสโมติกและสารละลายในเซลล์ผักผลไม้อยู่ในสภาวะสมดุล (equilibrium state) ทั้งนี้กระบวนการออสโมซิสผักผลไม้สามารถลดค่า $a_w$ ในอาหารได้เป็นผลจากน้ำภายในเซลล์ผักผลไม้จะแพร่ออกนอกเซลล์ ในขณะเดียวกันตัวถูกละลายในสารละลายออสโมติก เช่น น้ำตาลชนิดต่างๆ จะแพร่เข้าสู่ภายในเซลล์ได้ จึงเป็นการลดปริมาณน้ำอิสระในเซลล์ผักผลไม้ และน้ำที่คงเหลือสามารถสร้างพันธะกับของแข็งที่มีปริมาณเพิ่มขึ้นในตัวอย่าง [17-18]

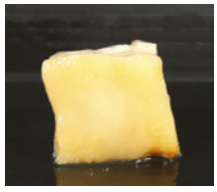
จากการพิจารณาค่า $a_w$ ของแต่ละสิ่งทดลอง พบว่า ค่า $a_w$ มีการเปลี่ยนแปลงที่สอดคล้องกับค่า WL และค่า SG รวมถึงปริมาณความชื้น สิ่งทดลองที่มีค่า WL และ SG มาก ซึ่งหมายความว่าปริมาณน้ำที่สูญเสียไปจากชิ้นน้อยหน่ามากและมีปริมาณของแข็งเพิ่มขึ้นมาก ส่งผลให้ปริมาณความชื้นสุดท้ายต่ำ ค่า $a_w$ จึงมีค่าต่ำไปด้วย โดยพบว่าสิ่งทดลองที่ 2 ที่มีการใช้น้ำตาลมะพร้าวเพียงอย่างเดียว มีค่า $a_w$ ต่ำที่สุด เท่ากับ 0.940 ($p \leq 0.05$) กระบวนการออสโมซิสผักผลไม้แต่ละชนิดมีประสิทธิภาพในการลดค่า $a_w$ ได้ไม่เท่ากันขึ้นกับหลายปัจจัย เช่น ลักษณะเนื้อสัมผัสตามธรรมชาติของผักและผลไม้ ชนิดและความเข้มข้นของละลายออสโมติก อุณหภูมิและเวลาการออสโมซิส เป็นต้น [19] ตัวอย่างเช่น Dermesonlouoglou และคณะ [20] รายงานว่า เมื่อใช้เวลาการออสโมซิสเพิ่มขึ้น ค่า $a_w$ ของชิ้นกีวีมีแนวโน้มลดลง โดยการออสโมซิสเป็นเวลา 60 และ 120 นาที ชิ้นกีวีมีค่า $a_w$ เท่ากับ 0.9350 และ 0.9077 ตามลำดับ ซึ่งลดลงจากค่า $a_w$ ของกีวีสดที่มีค่าเท่ากับ 0.9589

### 3.2.2 ค่าสี *L** *a** และ *b**

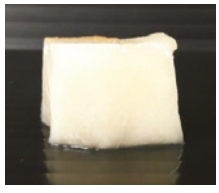
ลักษณะปรากฏของชิ้นน้อยหน่า พบว่า ชิ้นน้อยหน่ายังมีรูปร่างเป็นชิ้นสมบูรณ์ ไม่นิ่มเละ แต่มีการหดตัวจากชิ้นน้อยหน่าสด ลักษณะของชิ้นน้อยหน่าหลังการออสโมซิส แสดงดังรูปที่ 1 จากการทดลอง พบว่า สีของสารละลายออสโมติกที่ใช้ทั้ง 5 สิ่งทดลอง มีความแตกต่างกัน สารละลายออสโมติกที่มีการใช้น้ำตาลมะพร้าวเป็นส่วนผสมด้วยมีสีน้ำตาลและสีเข้มขึ้นเมื่อใช้น้ำตาลมะพร้าวมากขึ้น ส่วนสารละลายน้ำตาลโอลิโก-ฟรุคโตส มีลักษณะค่อนข้างใสและไม่มีสี จากการสังเกตด้วยตาเปล่าเห็นว่าน้อยหน่าสิ่งทดลองที่ 2 4 และ 5 มีสีน้ำตาลเข้มมากกว่าสิ่งทดลองที่ 1 อาจเนื่องจากสิ่งทดลองดังกล่าวเป็นการแช่ชิ้นน้อยหน่าในสารละลายออสโมติกที่มีสีน้ำตาลเป็นเวลาถึง 6 ชั่วโมง จึงมีโอกาสทำให้ชิ้นน้อยหน่า มีสีคล้ายกับสีของน้ำตาลมะพร้าวที่ใช้เป็นสารละลายออสโมติกเมื่อนำชิ้นน้อยหน่ามาวัดค่าสีโดยใช้เครื่องวัดสี รายงานเป็นค่าสี *L** *a** และ *b** และวิเคราะห์ผลทางสถิติ พบว่า ชิ้นน้อยหน่าที่ผ่านการออสโมซิสเมื่อใช้สารละลายออสโมติกที่แปรสัดส่วนระหว่างน้ำตาลโอลิโก-ฟรุคโตสและน้ำตาลมะพร้าวแตกต่างกัน มีผลต่อค่าสี *L** *a** และ *b** ($p \leq 0.05$) แสดงดังตารางที่ 4



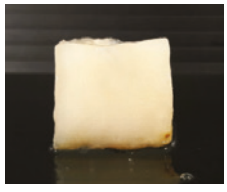
(ก) สิ่งทดลองที่ 1 (60:0)



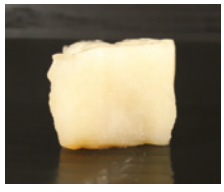
(ข) สิ่งทดลองที่ 2 (0:60)



(ค) สิ่งทดลองที่ 3 (50:10)



(ง) สิ่งทดลองที่ 4 (40:20)



(จ) สิ่งทดลองที่ 5 (30:30)

**รูปที่ 1** ลักษณะของชิ้นน้อยหน่าที่ผ่านการออสโมซิสทั้ง 5 สิ่งทดลอง (ก-จ) เมื่อใช้สารละลายออสโมติกที่แปรสัดส่วนระหว่างโอลิโกฟรุคโตสและน้ำตาลมะพร้าวแตกต่างกัน (โอลิโกฟรุคโตส : น้ำตาลมะพร้าว %w/w)

**ตารางที่ 4** ค่าสี *L** *a** และ *b** ของชิ้นน้อยหน่าที่ผ่านการออสโมซิสเมื่อใช้สารละลายออสโมติกแปรสัดส่วนระหว่างโอลิโกฟรุคโตสและน้ำตาลมะพร้าวแตกต่างกัน

| สิ่งทดลอง (โอลิโกฟรุคโตส : น้ำตาลมะพร้าว) | ค่าเฉลี่ย ± SD | | |
|---|---|---|---|
| | *L** | *a** | *b** |
| 1 (60:0) | 59.15 ± 0.12[a] | -0.09 ± 0.02[d] | 15.14 ± 0.11[d] |
| 2 (0:60) | 51.49 ± 0.20[e] | 2.88 ± 0.12[a] | 20.98 ± 0.08[a] |
| 3 (50:10) | 54.92 ± 0.04[b] | 0.25 ± 0.07[c] | 17.17 ± 0.14[b] |
| 4 (40:20) | 53.63 ± 0.15[c] | 0.25 ± 0.08[c] | 16.38 ± 0.17[c] |
| 5 (30:30) | 52.24 ± 0.07[d] | 1.05 ± 0.05[b] | 15.00 ± 0.26[d] |

[a,b,c,d] ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4 พบว่า สิ่งทดลองที่ 2 ซึ่งมีการใช้น้ำตาลมะพร้าวเพียงอย่างเดียว มีค่าความสว่างต่ำที่สุด (51.49) ทั้งนี้เนื่องมาจากสิ่งทดลองนี้มีการใช้น้ำตาลมะพร้าวเพียงอย่างเดียว สารละลายออสโมติกนี้จึงมีสีออกน้ำตาลเข้มมากที่สุด ชิ้นตัวอย่างจึงมีโอกาสเกิดสีคล้ำตามสีของสารละลายออสโมติกได้มากกว่าสิ่งทดลองอื่น นอกจากนี้สิ่งทดลองที่ 2 มีดัชนีที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายเทมวลสารสูงที่สุด ($p \leq 0.05$) แสดงถึงมีน้ำในเนื้อน้อยหน่าถูกดึงออกมาจากเซลล์ได้มาก รวมทั้งตัวถูกละลายที่เป็นของแข็งก็สามารถแพร่เข้าไปภายในเซลล์ได้มาก จึงมีโอกาสให้เนื้อเยื่อของชิ้นน้อยหน่าเรียงชิดกันได้มากขึ้นและมีลักษณะทึบแสงมากขึ้นจึงมีค่าความสว่างต่ำที่สุด สำหรับค่า *a** พบว่า การใช้ปริมาณน้ำตาลมะพร้าวเพิ่มขึ้น ทำให้ค่า *a** ของทุกสิ่งทดลองมีค่าเป็นบวก (+) ซึ่งแสดงความเป็นสีแดง ยกเว้นสิ่งทดลองที่ 1 มีค่า *a** เป็นลบ (-) ซึ่งแสดงความเป็นสีเขียวมากกว่าสิ่งทดลองอื่น โดยสิ่งทดลองที่ 3 และ 4 มีค่า *a** ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และสำหรับค่า *b** พบว่าทุกสิ่งทดลองมีค่า *b** เป็นบวก (+) ซึ่งแสดงความเป็นสีเหลือง โดยเฉพาะเมื่อเตรียมสารละลายออสโมติกจากน้ำตาลมะพร้าวมีสีออกน้ำตาลอมเหลืองเมื่อใช้ปริมาณน้ำตาลมะพร้าวในปริมาณมากขึ้น สารละลายออสโมติกจะมีสีน้ำตาลเหลืองเข้มขึ้นด้วย ซึ่งสิ่งทดลองที่ 2 มีค่าสี *b** มากที่สุด มีค่าเท่ากับ 20.98 โดยสิ่งทดลองที่ 1 และ 4 มีค่า *b** ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

### 3.2.3 ความชอบทางประสาทสัมผัส

จากตารางที่ 5 พบว่า คะแนนความชอบด้านกลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของทุกสิ่งทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยได้รับคะแนนความชอบด้านกลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมอยู่ในช่วง 6.14-6.89 (ชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง) แสดงให้เห็นว่าแม้ในการออสโมซิสจะมีการใช้น้ำตาลโอลิโกฟรุคโตสและน้ำตาลมะพร้าวร่วมกันตามสัดส่วนในการทดลองนี้ ผู้ทดสอบยังคงมีความชอบด้านกลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม คะแนนความชอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏและสี ยังมีความแตกต่างกันระหว่างสิ่งทดลอง โดยพบแนวโน้มว่า สิ่งทดลองที่มีการใช้สารละลายออสโมติกที่มีส่วนผสมของน้ำตาลมะพร้าวมากจะได้รับคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏและสีลดลง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเมื่อใช้สารละลายออสโมติกที่มีส่วนผสมของน้ำตาลมะพร้าวมากขึ้นมีผลให้ผิวของชิ้นน้อยหน่ามีลักษณะปรากฏหดตัวลงและมีสีเข้มขึ้น ในขณะที่สิ่งทดลองที่ใช้น้ำตาลโอลิโกฟรุคโตสเพียงชนิดเดียว (สิ่งทดลองที่ 1) ชิ้นน้อยหน่ามีการหดตัวลงน้อยกว่าและยังคงมีสีขาว

สำหรับแนวทางการเลือกสิ่งทดลองที่เหมาะสมที่สุดหากพิจารณาเลือกสิ่งทดลองที่มีดัชนีที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายเทมวลสารสูงและมีการใช้น้ำตาลโอลิโกฟรุคโตสได้มากที่สุด ได้รับ

คะแนนความชอบโดยรวมอยู่ในระดับชอบ (ได้คะแนนอย่างน้อย 6 คะแนน) จากผลการทดลองพิจารณาได้ว่า สิ่งทดลองที่ 3 ซึ่งใช้สารละลายออสโมติกในรูปแบบสารละลายผสมระหว่างน้ำตาลโอลิโกฟรุคโตสกับน้ำตาลมะพร้าวในอัตราส่วน 50:10 (w/w) มีความเหมาะสมที่สุด เนื่องจากมีดัชนีที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายเทมวลสารสูงและมีการใช้น้ำตาลโอลิโกฟรุคโตสได้มากที่สุด โดยมีค่า WL SG และ WR หลังการออสโมซิส 6 ชั่วโมง เท่ากับ 30.32% 12.030% และ 18.29% ตามลำดับ นอกจากนี้ยังได้รับคะแนนความชอบรวมเท่ากับ 6.61 ซึ่งอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงปานกลาง และได้รับคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏและสีสูงที่สุด คือ 6.75 และ 6.71 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง เมื่อพิจารณาร่วมกับคุณภาพด้านอื่นๆ พบว่า สิ่งทดลองที่ 3 มีปริมาณความชื้นและค่า $a_w$ ต่ำกว่าสิ่งทดลองที่ 1 ซึ่งเป็นการใช้สารละลายน้ำตาลโอลิโกฟรุคโตสเพียงชนิดเดียว แสดงให้เห็นว่าการใช้สารละลายออสโมติกผสมระหว่างน้ำตาลโอลิโกฟรุคโตสกับน้ำตาลมะพร้าว ช่วยลดปริมาณความชื้นเริ่มต้นจาก 79% เหลือ 59.88% และช่วยลดค่า $a_w$ จาก 0.980 เหลือ 0.970

**ตารางที่ 5** คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสของชิ้นน้อยหน่าที่ผ่านการออสโมซิส เมื่อใช้สารละลายออสโมติกแปรสัดส่วนระหว่างโอลิโกฟรุคโตสและน้ำตาลมะพร้าวแตกต่างกัน

| สิ่งทดลอง (โอลิโกฟรุคโตส: น้ำตาลมะพร้าว) | คะแนนความชอบเฉลี่ย ± SD | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ลักษณะปรากฏ | สี | กลิ่นรส$^{ns}$ | รสชาติ$^{ns}$ | เนื้อสัมผัส$^{ns}$ | ความชอบโดยรวม$^{ns}$ |
| 1 (60:0) | 6.21 ± 1.50$^{ab}$ | 6.18 ± 1.56$^{ab}$ | 6.14 ± 1.35 | 6.43 ± 1.07 | 6.68 ± 1.16 | 6.57 ± 1.26 |
| 2 (0:60) | 5.93 ± 1.27$^{b}$ | 5.68 ± 1.44$^{b}$ | 6.21 ± 1.34 | 6.39 ± 1.62 | 6.61 ± 1.50 | 6.43 ± 1.45 |
| 3 (50:10) | 6.75 ± 1.00$^{a}$ | 6.71 ± 1.21$^{a}$ | 6.25 ± 1.35 | 6.36 ± 1.28 | 6.61 ± 1.10 | 6.61 ± 1.13 |
| 4 (40:20) | 6.79 ± 1.26$^{a}$ | 6.79 ± 1.26$^{a}$ | 6.71 ± 1.41 | 6.64 ± 1.57 | 6.79 ± 1.73 | 6.89 ± 1.57 |
| 5 (30:30) | 6.43 ± 1.37$^{ab}$ | 6.43 ± 1.53$^{ab}$ | 6.64 ± 1.52 | 6.32 ± 1.85 | 6.46 ± 1.64 | 6.61 ± 1.64 |

$^{a,b,c}$ คือ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

$^{ns}$ คือ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

## 4. สรุปผลการทดลอง

เมื่อใช้สารละลายออสโมติกที่แปรสัดส่วนระหว่างโอลิโกฟรุคโตสและน้ำตาลมะพร้าวแตกต่างกันมีผลทำให้น้อยหน่ามีค่า WL WR และ SG รวมถึงปริมาณความชื้น ค่า $a_w$ ค่าสี และคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏและสี แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่พบว่าคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ผลการคัดเลือกสิ่งทดลองที่เหมาะสมที่สุด คือการใช้น้ำตาลโอลิโกฟรุคโตสกับน้ำตาลมะพร้าว เท่ากับ 50:10 (w/w) เนื่องจากมีดัชนีที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายเทมวลสารสูงและมีการใช้น้ำตาลโอลิโกฟรุคโตสได้มากที่สุด โดยมีค่า WL SG และ WR หลังการออสโมซิส 6 ชั่วโมง เท่ากับ 30.32% 12.030% และ 18.29% ตามลำดับ โดยได้รับคะแนนความชอบโดยรวม เท่ากับ 6.61 ซึ่งอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงปานกลาง

## 5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปี

งบประมาณ พ.ศ.2560 มหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ เลขที่สัญญา 167/2560

## 6. เอกสารอ้างอิง

1. Office of Agri Research and Extension, 1999, *Annona atemoya* Hotr. [Online], Available : http://portal.rae.mju.ac.th/. [27 December 2016] (In Thai)

2. Department of Agriculture, n.d., Marketing Problems of *Annona atemoya* Hotr. [Online], Available: http://www.doa.go.th/sugarapple. [16 December 2016] (In Thai)

3. Torreggiani, D., 1993, "Osmotic Dehydration in Fruit and Vegetable Processing," *Food Research International*, 26, pp. 59-68.

4. Raoult-Wack, A.L., 1994, "Recent Advances in the Osmotic Dehydration Foods," *Trends in Food Science and Technology*, 5, pp. 255-260.

5. Ciurzynska, A., Kowalska, H., Czajkowska, K. and Lenart, A., 2016, "Osmotic Dehydration in Production of Sustainable and Healthy Food," *Trends in Food Science and Technology*, 50, pp. 186-192.

6. Patamavenu, U., 1996, Routes to the Sugar, T.P. Print, Bankok. (In Thai)

7. Foster-Powell, K., Holt, S. HA. and Brand-Miller, J.C., 2002, "International Table of Glycemic Index and Glycemic Load Values : 2002," *The American Journal of Clinical Nutrition*, 76, pp. 5-56.

8. Naknean, P., 2012, "Factors Affecting Mass Transfer during Osmotic Dehydration of Fruits," *International Food Research Journal*, 19, pp. 7-18.

9. Ahmed, I., Qazi, I.M. and Jamal, S., 2016, "Developments in Osmotic Dehydration Technique for the Preservation of Fruits and Vegetables," *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 34, pp. 29-43.

10. Harris, N.L., Eugene, K. and Athanasios, N., 1995, "Mass Transfer Kinetics During Osmotic Preconcentration Aiming at Minimal Solid Uptake," *Journal of Food Engineering*, 25, pp. 151-166.

11. Gaynor, P., 2011, Determination of the GRAS Status of the Addition of Oligofructose to Infant Formula as a Nutritional Supplement.

12. Matusek, A., Czukor, B., Meresz, P. and Orsi, F., 2008, "Comparison of Diffusion of Fructo-Oligosaccharide Components During Vacuum Impregnation and Osmotic Dehydration," *European Food Research and Technology*, 227, pp. 417-423.

13. AOAC., 1990, Official Method of Analysis, 15th ed., The Association of Official Analysis Chemists, Alington, Virginia, USA.

14. Lowette K., Roosen L., Tack J. and Berghe P.V., 2015, "Effects of High-Fructose Diets on Central Appetite Signaling and Cognitive Function," *Frontiers in Nutrition*, 2, pp. 1-5.

15. Uttraporn, N., 2008, Effect of Processing Parameters and Storage on Quality of Coconut Sugar, Master of ScienceThesis, Department of Food Science, Silpakorn University. (in Thai)

16. Barrera, C., Betoret, N. and Fito, P., 2004, "$Ca^{2+}$ and $Fe^{2+}$ Influence on the Osmotic Dehydration Kinetics of Apple Slices (var. Granny Smith)," *Journal of Food Engineering*, 65, pp. 9-14.

17. Lewicki, P.P. and Lenart, A., 2006,"Osmotic Dehydration of Fruits and Vegetables," pp. 665-688, in A.S. Mujumdar (Ed.), *Handbook of Industrial Drying*, 3rd ed., Taylor and Francis Group, Boca Raton, F.L.

18. Azoubel, P.M., El-Aouar, A.A., Tonon, R.V., Kurozawa, L., Antonio, G.C. and Murr, E.X., 2009, "Effect of Osmotic Dehydration on the Drying Kinetics and Quality of Cashew Apple," *International Journal of Food Science and Technology*, 44, pp. 980-986.

19. Yuenyongputtakal, W., 2013, "Factors Influencing on Dewatering by Osmotic Dehydration of Fruits and Vegetables," *Burapha Science Journal*, 18, pp. 226-233. (in Thai)

20. Dermesonlouoglou, E., Zachariou, I., Andreou, V. and Taoukis, P.S., 2016, "Effect of Pulsed Electric Fields on Mass Transfer and Quality of Osmotically Dehydrated Kiwifruit," *Food and Bioproducts Processing*, 100, pp. 535-544.