

ผลของสารละลายออสโมติกต่อการดองน้ำออก ด้วยวิธีออสโมซิสของกล้วยไข่ Effect of Osmotic Agents on Osmotic Dehydration of Banana (*Musa sapientum* L.)

สุภาพรณ คงสมเพชร* และวิชมนิ ยืนยงพุททกาล

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

ตำบลแสนสุข อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี 20131

Supapun Khongsomphet* and Wichamanee Yuenyongputtakal

Department of Food Science, Faculty of Science, Burapha University,

Saensook, Muang, Chonburi 20131

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของความเข้มข้นของสารละลายผสมโอลิโกฟรุคโตสและซูโครสต่อการถ่ายเทมวลสารและคุณภาพทางประสาทสัมผัสของกล้วยไข่ โดยแปรส่วนผสมระหว่างโอลิโกฟรุคโตส (30-50 กรัม/100 กรัม) และซูโครส (10-20 กรัม/100 กรัม) จัดสิ่งทดลองแบบ central composition design หลังออสโมซิสกล้วยไข่เป็นเวลา 6 ชั่วโมง คำนวณค่าการถ่ายเทมวลสาร ได้แก่ ปริมาณน้ำที่สูญเสีย (WL) ปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้น (SG) และปริมาณน้ำหนักรวมที่ลดลง (WR) ผลการสร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างค่าการถ่ายเทมวลสารกับความเข้มข้นของโอลิโกฟรุคโตสและซูโครสโดยใช้วิธีเกรซซัน พบว่าทุกสมการมีความน่าเชื่อถือสำหรับการทำนาย (ค่า R^2 มากกว่า 0.8) เมื่อสร้างกราฟโดยวิธี response surface methodology พบว่าค่า WL, SG และ WR เพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของโอลิโกฟรุคโตสและซูโครส สารละลายออสโมติกที่เหมาะสมประกอบด้วยโอลิโกฟรุคโตส 47 กรัม/100 กรัม ซูโครส 19 กรัม/100 กรัม และโซเดียมคลอไรด์ 5 กรัม/100 กรัม ทำให้มีค่าการถ่ายเทมวลสารสูงสุด ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับทุกสิ่งทดลอง โดยมีค่า WL, SG และ WR เท่ากับร้อยละ 24.05, 2.35 และ 21.70 ตามลำดับ และได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุดอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย

คำสำคัญ : การออสโมซิส; สารละลายออสโมติก; โอลิโกฟรุคโตส; ซูโครส; กล้วยไข่

Abstract

The aim of this research was conducted to study the effect of mixture concentrations of oligofructose and sucrose on mass transfer parameters and sensory quality of banana (*Musa sapientum* L.). The variables of oligofructose concentration (30-50 g/100 g) and sucrose

concentration (10-20 g/100 g) were carried out using central composite design experiments. After osmosis for 6 h., mass transfer parameters namely water loss (WL), solid gain (SG) and weight reduction (WR) were calculated. The mathematical models for the mass transfer parameters were fitted as a function of osmotic solution concentration by using the regression analysis. It was found that all models were satisfied, (R^2 more than 0.8). The result from response surface methodology showed that WL, SG and WR were increased with concentration of oligofructose and sucrose. These composition gave the highest mass transfer among all treatments ($p \leq 0.05$), WL, SG and WR were 24.05, 2.35 and 21.70 %, respectively as well as the highest was received at slightly level.

Keywords: osmosis; osmotic agent; oligofructose; sucrose; banana (*Musa sapientum* L.)

1. บทนำ

กล้วยไข่เป็นหนึ่งในผลไม้ของประเทศไทยที่มีการผลิตและเป็นที่ยอมรับมาก ทำรายได้ให้กับประเทศ โดยมีแนวโน้มปริมาณและมูลค่าการส่งออกเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องปีละหลายล้านบาท จากข้อมูลกระทรวงพาณิชย์ในปี 2554 รายงานว่า ประเทศไทยส่งออกกล้วยไข่ไปยังประเทศต่าง ๆ 15,513,357 กิโลกรัม มูลค่า 861,056,991 บาท ซึ่งเพิ่มสูงขึ้นจากปี 2553 ที่มีการส่งออก 14,489,706 กิโลกรัม มูลค่า 100,753,825 บาท [1]

ปัญหาสำคัญในการส่งออกและการจำหน่ายกล้วยไข่สด คือ มีการสูญเสียจากการเน่าเสียในระหว่างการจำหน่าย โดยเฉพาะสูงถึง ร้อยละ 25 [2] การนำกล้วยไข่มาแปรรูปจึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการยืดอายุการเก็บและเพิ่มทางเลือกให้กับผู้บริโภค การดึงน้ำออกด้วยวิธีออสโมซิส (osmotic dehydration) เป็นการดึงน้ำออกก่อนบางส่วนเพื่อลดปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์ให้ต่ำลงได้โดยไม่ต้องใช้ความร้อนสูงในกระบวนการ จึงไม่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียคุณภาพไปจากของสดมากนัก ผลิตภัณฑ์ที่ได้หลังการออสโมซิสสามารถนำไปใช้ประโยชน์โดยสามารถเติมลงไปในการผลิตอาหารต่าง ๆ เช่น ผลิตภัณฑ์

ขนมอบ โยเกิร์ต และไอศกรีม และหากนำผลิตภัณฑ์หลังการออสโมซิสไปผ่านกระบวนการแปรรูปอย่างสมบูรณ์โดยเฉพาะการทำแห้ง สามารถผลิตเป็นผลิตภัณฑ์กึ่งแห้งหรือแห้งที่สามารถบริโภคได้ทันที [3-5] การออสโมซิสทำได้โดยการแช่ผักหรือผลไม้ในสารละลายออสโมติก (osmotic agent) ที่มีความเข้มข้นสูง เช่น สารละลายน้ำตาล และสารละลายเกลือ ทำให้เกิดการถ่ายเทมวลสารระหว่างเซลล์ของชิ้นผักหรือผลไม้และสารละลาย ในลักษณะสวนทางกันผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ซึ่งทำหน้าที่เป็นเยื่อเลือกผ่าน (semi-permeable membrane) กล่าวคือ ตัวถูกละลายจะแพร่จากสารละลายภายนอกเข้าสู่เซลล์ของชิ้นผักหรือผลไม้ ในขณะที่ตัวทำละลายในเซลล์ของชิ้นผักหรือผลไม้จะแพร่ออกสู่สารละลายภายนอก และจะเกิดสถานะเช่นนี้จนกระทั่งเข้าสู่สมดุลของสารละลายทั้งสอง [6]

ชนิดและความเข้มข้นของสารละลายออสโมติกเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญต่อการถ่ายเทมวลสารและคุณภาพของผลิตภัณฑ์โดยตรง โดยทั่วไปนิยมใช้สารละลายน้ำตาลซูโครสกับผลไม้ เนื่องจากหาได้ง่าย ราคาถูก และมีแรงดันออสโมติกสูง อย่างไรก็ตาม หากใช้สารละลายซูโครสความเข้มข้นมากเกินไป ทำให้

สารละลายมีความหนืดมากและอาจเกิดขึ้นบาง ๆ ที่ผิวของชั้นวัตถุดิบซึ่งจะขัดขวางการเคลื่อนที่ของน้ำและตัวถูกละลายระหว่างการออสโมซิสได้ [7] นอกจากนี้ยังทำให้ผลิตภัณฑ์มีรสหวานมากเกินไปซึ่งส่งผลเสียต่อสุขภาพ เช่น ทำให้เกิดโรคอ้วน และนำไปสู่โรคภัยร้ายแรงต่าง ๆ ได้แก่ โรคเบาหวาน โรคหัวใจ เป็นต้น [8] การเลือกใช้สารให้ความหวานแทนน้ำตาลสำหรับเป็นสารละลายออสโมติกจึงเป็นแนวทางเลือกหนึ่งที่ดีสำหรับการนำมาใช้กับในงานด้านออสโมซิส เมื่อไม่นานมานี้ นักวิจัยหลายท่านมีความสนใจนำโพลิโกฟรุคโตสมาใช้เป็นสารละลายออสโมติกเนื่องจากเป็นสารที่สกัดมาจากธรรมชาติ เป็นแหล่งของใยอาหารที่ดี มีสมบัติเป็นพรีไบโอติก จึงส่งผลดีต่อสุขภาพ นอกจากนี้ให้ความหวานน้อยกว่าซูโครสประมาณร้อยละ 50 [9,10] และจากการศึกษาของ Egea และคณะ [11] รายงานว่าการใช้โพลิโกฟรุคโตสเป็นสารละลายออสโมติกในการผลิตแอปเปิลอบแห้งทำให้ผลิตภัณฑ์เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคและมีศักยภาพในการจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ แต่เนื่องจากโพลิโกฟรุคโตสเป็นสารให้ความหวานที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงจึงทำให้เกิดแรงดันออสโมติกต่ำ ทำให้มีการสูญเสียและทำให้ของแข็งเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ ในระหว่างการออสโมซิส [12] นักวิจัยจึงมีความพยายามที่จะใช้ในรูปแบบของสารละลายผสมโดยการเติมโซเดียมคลอไรด์ซึ่งสามารถเพิ่มแรงขับของสารละลายได้ นอกจากนี้ยังช่วยลดค่า a_w ของผลิตภัณฑ์และป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ [13] งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดเตรียมสารละลายออสโมติกผสมจากโพลิโกฟรุคโตสเพื่อทดแทนการใช้ซูโครส โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของความเข้มข้นของสารละลายผสมโพลิโกฟรุคโตสและซูโครสที่เหมาะสม ร่วมกับการเติมโซเดียมคลอไรด์ต่อค่าการถ่ายเทมวลสารและคุณภาพทางประสาทสัมผัสของกล้วยไข่

2. อุปกรณ์และวิธีการ

วัตถุดิบกล้วยไข่พันธุ์กำแพงเพชรจากตลาดหมอม่น ตำบลแสนสุข จังหวัดชลบุรี โดยเลือกใช้กล้วยห่าม ซึ่งควบคุมระดับความสุกตามดัชนีสีเปลือกกล้วย (peel color index, PCI) ระดับที่ 3 เปลือกกล้วยมีสีเขียวมากกว่าสีเหลือง มีค่าสี L^* , a^* และ b^* อยู่ในช่วง 63.16 ± 0.46 , -9.46 ± 0.14 และ 43.77 ± 0.56 ตามลำดับ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ $23-24^\circ \text{Brix}$ ขนาดผลยาว 8-10 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5-3.0 เซนติเมตร สำหรับสารละลายออสโมติกเตรียมโดยใช้โพลิโกฟรุคโตส (RAFTILOSE® P95, Belgium) ซูโครส (Food grade, Thailand) และโซเดียมคลอไรด์ (Food grade, Thailand)

2.1 การเตรียมวัตถุดิบกล้วยไข่

นำกล้วยไข่ตัดหัวออก ปอกเปลือก หั่นเป็นชิ้นทรงกระบอก หนา 1 เซนติเมตร แช่ในสารละลายกรดซิตริก (Food grade, Thailand) ความเข้มข้น 1 กรัม/100 กรัม เป็นเวลา 3 นาที เพื่อลดการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลและวางพักบนตะแกรงให้สะเด็ดน้ำเป็นเวลา 2 นาที แล้วซับให้แห้งด้วยกระดาษทิชชู ก่อนนำมาใช้ในขั้นตอนต่อไป

2.2 การตั้งน้ำออกด้วยวิธีออสโมซิส

เตรียมสารละลายออสโมติกซึ่งเป็นส่วนผสมระหว่างโพลิโกฟรุคโตส (30-50 กรัม/100 กรัม) และซูโครส (10-20 กรัม/100 กรัม) โดยจัดสิ่งทดลองแบบ central composition design (CCD) ได้ 11 สิ่งทดลอง และกำหนดให้เติมโซเดียมคลอไรด์ (5 กรัม/100 กรัม) ทุกสิ่งทดลอง แสดงดังตารางที่ 1 โดยละลายโพลิโกฟรุคโตส ซูโครส และโซเดียมคลอไรด์ตามปริมาณกำหนดในน้ำสะอาดให้ความร้อนจนเดือดแล้วทิ้งไว้ให้สารละลายเย็นก่อนนำมาใช้งานในการออสโมซิส กำหนดให้อัตราส่วนระหว่างชิ้นกล้วยไข่และสารละลายออสโมติก คือ 1 : 3 (โดยน้ำหนัก) เพื่อ

ควบคุมให้ปริมาณสารละลายออสโมติกมากเพียงพอกับการแช่ชิ้นกล้วยไข่ได้อย่างทั่วถึง และเพื่อควบคุมให้สารละลายออสโมติกมีความเข้มข้นเพียงพอตลอดเวลาการแช่ เทสารละลายออสโมติกในโหลแก้ว แล้วแช่ชิ้นกล้วยไข่ให้จมอยู่ในสารละลายออสโมติกตลอดเวลา และปิดฝาด้วยอะลูมิเนียมฟอยด์ แช่ที่อุณหภูมิห้อง (27 ± 1 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 6 ชั่วโมง เมื่อครบ

เวลาสุ่มตัวอย่าง เพื่อชั่งน้ำหนักและหาปริมาณความชื้นด้วยการทำแห้งตัวอย่างที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ (AOAC, 1990) แล้วคำนวณค่าการถ่ายเทมวลสาร ได้แก่ ปริมาณน้ำที่สูญเสีย ปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้น และปริมาณน้ำหนักรีดลดลง ดังนี้

ตารางที่ 1 สิ่งทดลองที่ได้จากการแปรความเข้มข้นของโพลิโกฟรุคโตส และซูโครส โดยการจัดสิ่งทดลองแบบ central composition design (CCD)

สิ่งทดลอง	ค่ารหัส		ค่าจริง		
	โพลิโกฟรุคโตส	ซูโครส	โพลิโกฟรุคโตส (กรัม/100 กรัม)	ซูโครส (กรัม/100 กรัม)	โซเดียมคลอไรด์ (กรัม/100 กรัม)
1	-1	-1	33	12	5
2	+1	-1	47	12	5
3	-1	+1	33	19	5
4	+1	+1	47	19	5
5	-1.414	0	30	15	5
6	+1.414	0	50	15	5
7	0	-1.414	40	10	5
8	0	+1.414	40	20	5
9-11	0	0	40	15	5

2.2.1 ปริมาณน้ำที่สูญเสีย (water loss, WL) คำนวณได้จาก $WL (\%) = [(W_0 M_0 - W_t M_t) \div W_0] \times 100$

2.2.2 ปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้น (solid gain, SG) คำนวณได้จาก $SG (\%) = [(W_t(1-M_t) - W_0(1-M_0)) \div W_0] \times 100$

2.2.3 ปริมาณน้ำหนักรีดลดลง (weight reducing, WR) คำนวณได้จาก $WR (\%) = [(W_0 - W_t) \div W_0] \times 100$

เมื่อ W_0 และ W_t คือ น้ำหนักตัวอย่างที่เวลาเริ่มต้นและเวลาหลังการออสโมซิส (กรัม)

ตามลำดับ M_0 และ M_t คือ ปริมาณความชื้นเฉลี่ยของตัวอย่างที่เวลาเริ่มต้นและที่เวลาหลังการออสโมซิส (กรัม/น้ำ/กรัม/น้ำหนักรีดตัวอย่าง) ตามลำดับ

2.3 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

นำตัวอย่างที่ผ่านการออสโมซิสทั้งหมด 11 สิ่งทดลอง มาทดสอบคุณภาพด้านความชอบด้วยวิธี 9-point hedonic scale กำหนดระดับความชอบดังนี้ คะแนน 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด และคะแนน 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด ทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม เนื่องจากมี

สิ่งทดลองจำนวนมากจึงวางแผนการทดลองแบบบล็อก ไม่สมบูรณ์สมดุลประเภทที่ 4 คือ จำนวนสิ่งทดลอง เท่ากับจำนวนบล็อก (balanced incomplete block, BIB) ($t = 11$, $k = 5$, $r = 5$, $b = 11$, $\lambda = 2$) โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 11 คน กลุ่มทดสอบเป็นนิสิต ระดับปริญญาตรีและปริญญาโท ภาควิชาวิทยาศาสตร์ การอาหาร มหาวิทยาลัยบูรพา อายุ 21-25 ปี

2.4 การวิเคราะห์ทางสถิติ

ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (ANOVA) โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD สำหรับผลการวิเคราะห์ค่าการถ่ายเทมวลสาร ยกเว้นคุณภาพทางประสาทสัมผัส วางแผนการทดลองแบบ BIB เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test วิเคราะห์ผลทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรม SPSS version 13

วิเคราะห์สมการ multiple regressions ของค่าการถ่ายเทมวลสารโดยโปรแกรม SPSS version 13 ทั้งนี้พิจารณาค่า R^2 ค่า model significance และค่า root mean square (RMS) รวมด้วยและนำเสนอสมการที่น่าเชื่อถือมาสร้างกราฟ response surface plot ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Statistica version 5.0 เพื่อพิจารณาแนวโน้มความ

สัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ โอลิโกฟรุคโตสและ ซูโครสต่อค่าการถ่ายเทมวลสาร ดังนี้

$$Y = f(\text{OLF}, \text{SU})$$

เมื่อ Y คือ ค่าการถ่ายเทมวลสาร (ค่า WL, SG และ WR) OLF และ SU คือ ความเข้มข้นของ โอลิโกฟรุคโตสและซูโครส ตามลำดับ

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์

3.1 ผลของค่าการถ่ายเทมวลสาร

จากการนำข้อมูลค่าการถ่ายเทมวลสาร ได้แก่ ปริมาณน้ำที่สูญเสีย (water loss, WL) ปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้น (solid gain, SG) และปริมาณ น้ำหนักที่ลดลง (weight reduction, WR) มาสร้างสมการรีเกรสชันหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าการถ่ายเทมวลกับความเข้มข้นของโอลิโกฟรุคโตสและซูโครสที่ เวลาการออสโมซิส 6 ชั่วโมง พิจารณาความน่าเชื่อถือของสมการจากค่า R^2 ซึ่งแสดงความน่าเชื่อถือของสมการ โดยทั่วไปสมการที่มักนำไปใช้ควรมีค่า R^2 อย่างน้อย 0.75 ค่า model significance ซึ่งบ่งบอกความสัมพันธ์ของตัวแปรในสมการควรมีค่าน้อยกว่า 0.05 และค่า root mean square (RMS) ซึ่งบ่งบอกถึงค่าความคาดเคลื่อนของการทำนายจากการใช้สมการควรมีค่าต่ำกว่าร้อยละ 20 [14,15]

ตารางที่ 2 สมการความสัมพันธ์ระหว่างค่าการถ่ายเทมวลสาร (WL, SG และ WR) ของซึนกล้วยไข่หลังการ ออสโมซิส 6 ชั่วโมง กับความเข้มข้นของโอลิโกฟรุคโตส (OLF) และซูโครส (SU)

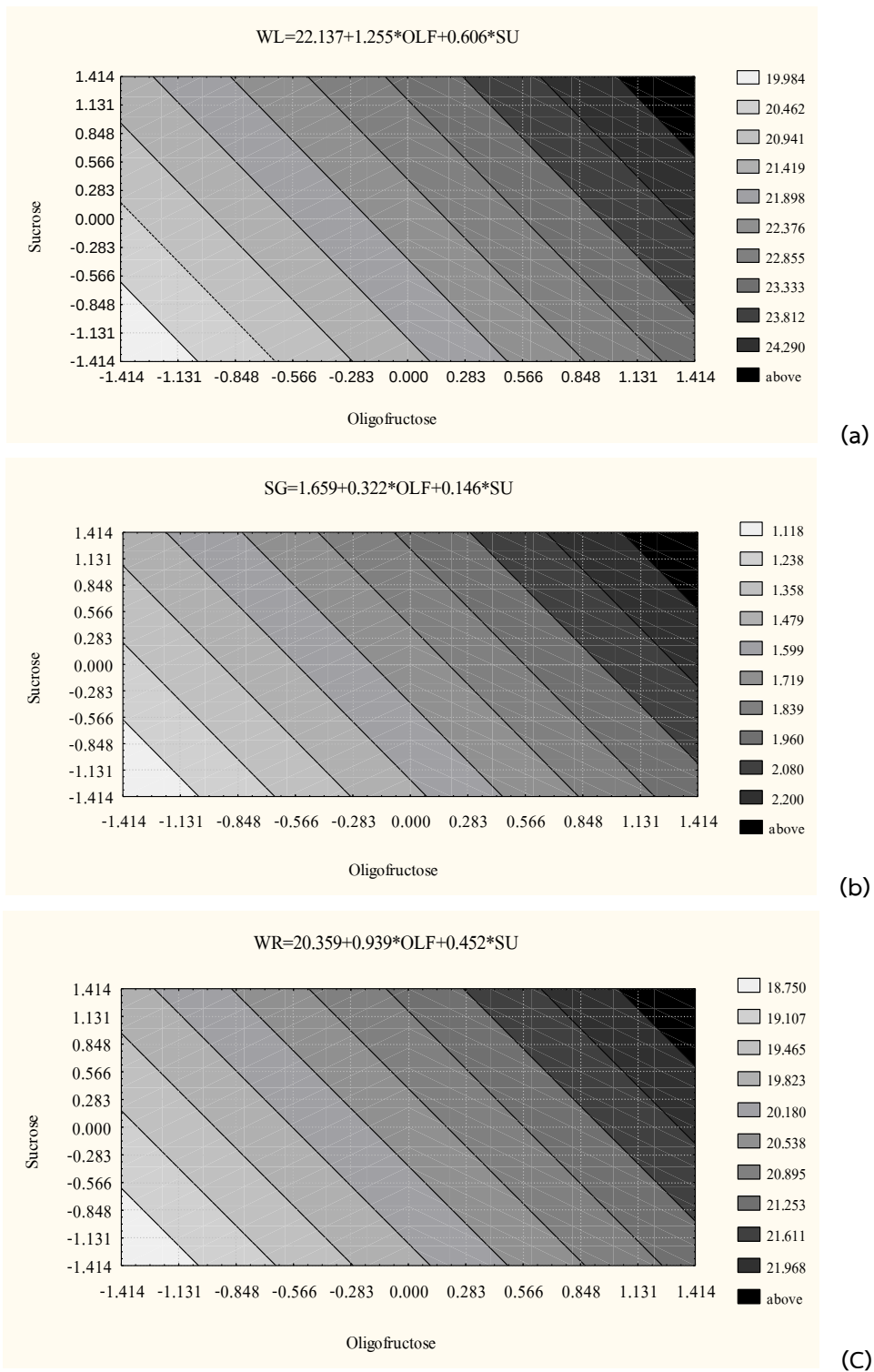
ค่าการถ่ายเทมวล	สมการรีเกรสชัน	R^2	Model significance	RMS ร้อยละ
ปริมาณน้ำที่สูญเสีย (WL)	$WL = 22.137 + 1.255 \text{ OLF} + 0.606 \text{ SU}$	0.945	0.000	1.28
ปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้น (SG)	$SG = 1.659 + 0.322 \text{ OLF} + 0.146 \text{ SU}$	0.839	0.001	8.88
ปริมาณน้ำหนักที่ลดลง (WR)	$WR = 20.359 + 0.939 \text{ OLF} + 0.452 \text{ SU}$	0.954	0.000	0.91

เมื่อพิจารณาค่า R^2 model significance และ RMS จากตารางที่ 2 พบว่าทุกสมการมีความน่าเชื่อถือตามเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณา โดยมีรูปแบบสมการความสัมพันธ์แบบสมการเส้นตรงแบบหลายตัวแปร (multiple linear equation) กล่าวคือ ความเข้มข้นของโอลิโกฟรุคโตสและซูโครสมีอิทธิพลต่อค่า WL, SG และ WR เมื่อนำสมการเหล่านี้มาสร้างกราฟโดย response surface methodology เพื่อแสดงให้เห็นถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของค่า WL, SG และ WR ตามความเข้มข้นของโอลิโกฟรุคโตสและซูโครสที่ใช้เป็นสารละลายออสโมติก (รูปที่ 1)

จากรูปที่ 1 พบว่าค่า WL, SG และ WR มีแนวโน้มในทางเดียวกัน คือ เมื่อเพิ่มปริมาณของ โอลิโกฟรุคโตสและซูโครสทำให้แนวโน้มของค่า WL, SG และ WR เพิ่มขึ้น โดยสิ่งทดลองมีค่า WL, SG และ WR อยู่ในช่วงร้อยละ 20.15-24.05, 1.25-2.35 และ 18.75-21.70 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากในระหว่างกระบวนการออสโมซิสค่าความเข้มข้นของสารละลายจะเจือจางลง ส่งผลให้แรงดันออสโมติกลดลง แต่เมื่อปริมาณสารละลายมากเพียงพอจะทำให้ค่าความเข้มข้นคงที่ แรงดันออสโมติกจึงคงที่ตลอดกระบวนการ ปริมาณการเคลื่อนที่ของน้ำออกจากตัวอย่างและการเคลื่อนที่ของของแข็งเข้าสู่ตัวอย่างจึงมีค่าสูงเมื่อเปรียบเทียบกับที่ปริมาณสารละลายต่ำกว่า [16] และผลการทดลองจะเห็นได้ว่าค่า SG ของสิ่งทดลองจะมีค่าต่ำกว่า WL มาก ซึ่งแสดงถึงปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้นในชิ้นกล้วยไข่มีค่าเพียงเล็กน้อยเท่านั้นเมื่อเทียบกับปริมาณน้ำที่สูญเสียจากชิ้นกล้วยไข่ อาจเนื่องมาจากการสะสมของตัวถูกละลายที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงทำให้เกิดแรงต้านของการแพร่ของน้ำและตัวถูกละลาย อย่างไรก็ตาม การเติมโซเดียมคลอไรด์ช่วยป้องกันการเกิดผลึกของน้ำตาลที่บริเวณผิวหน้าตัวอย่างได้ เนื่องจากสามารถละลายน้ำได้ดีและ

สามารถแพร่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ของเนื้อเยื่อพืชได้ดีกว่าน้ำตาล จึงทำให้แรงดันออสโมติกเพิ่มขึ้น และเป็นผลทำให้เนื้อเยื่อเซลล์ของตัวอย่างเกิดความเปราะ (porosity) เอื้อต่อการถ่ายเทมวลน้ำออกจากตัวอย่าง และมีโอกาสทำให้ตัวอย่างเกิดการหดตัวได้มากขึ้น [17] นอกจากนี้โอลิโกฟรุคโตส ซูโครส และโซเดียมคลอไรด์มีมวลโมเลกุลสูงกว่าน้ำ จึงแพร่เข้าไปในเยื่อหุ้มเซลล์ของชิ้นกล้วยไข่ได้น้อยกว่าการแพร่ของน้ำที่ออกจากชิ้นกล้วยไข่ [18] ทำให้ค่า SG ต่ำกว่า WL ลักษณะรูปแบบปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้นสอดคล้องกับงานวิจัยของนักวิจัยหลายท่าน คือ ปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้นในระหว่างกระบวนการออสโมซิสจะมีค่าน้อยกว่าปริมาณน้ำที่สูญเสีย [19-21] ทำให้น้ำหนักสุทธิของชิ้นผลไม้มีน้ำหนักลดลงซึ่งทำให้ค่า WR มีแนวโน้มเช่นเดียวกับค่า WL

จากตารางที่ 3 พบว่าความเข้มข้นของสารละลายโอลิโกฟรุคโตสและซูโครสมีผลต่อค่า WL, SG และ WR แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยสิ่งทดลองที่ 4 มีค่าการถ่ายเทมวลสารสูงที่สุดแตกต่างจากสิ่งทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากสิ่งทดลองดังกล่าวใช้โอลิโกฟรุคโตสและซูโครสในระดับสูง (+1, +1) สารละลายออสโมติกจึงมีความเข้มข้นสูง และเกิดแรงดันออสโมติกมาก นอกจากนี้โครงสร้างทางกายภาพของเซลล์พืชมักเปลี่ยนแปลงไป เมื่อแช่ในสารละลายออสโมติกความเข้มข้นสูงเป็นเวลานานโดยเกิดการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของผนังเซลล์ ทำให้ความแข็งแรงของผนังเซลล์ลดลง หรือเกิดการเสียรูปของผนังเซลล์ส่งผลให้เยื่อหุ้มเซลล์ยอมให้เกิดการถ่ายเทมวลสารได้มาก [16] ทำให้สิ่งทดลองมีค่า WL, SG และ WR สูง เมื่อสังเกตผลการทดลองเห็นได้ว่าแม้ใช้ปริมาณโอลิโกฟรุคโตสในระดับสูงสุด (+1.414) แต่ใช้ปริมาณซูโครสในระดับกลาง (0) ดังสิ่งทดลองที่ 6 มีผล



รูปที่ 1 พื้นที่ผิวตอบสนองแสดงความสัมพันธ์ของค่า WL (a), SG (b) และ WR (c) หลังการออสโมซิส 6 ชั่วโมง กับความเข้มข้นของโอลิโกฟรุคโตสและซูโครส ตามลำดับ

ตารางที่ 3 ค่าการถ่ายเทมวลสาร (WL, SG และ WR) ของสิ่งทดลองหลังการออสโมซิส 6 ชั่วโมง เมื่อแปรความเข้มข้นของโพลิโกฟรุคโตสและซูโครสรวมกับการเติมโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 5 กรัม/100 กรัม

สิ่งทดลองที่	ค่ารหัส		ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	โพลิโกฟรุคโตส (กรัม/100 กรัม)	ซูโครส (กรัม/100 กรัม)	WL (ร้อยละ)	SG (ร้อยละ)	WR (ร้อยละ)
1	-1	-1	20.15 ^f $\pm$ 0.05	1.41 ^{efg} $\pm$ 0.15	18.75 ^s $\pm$ 0.17
2	+1	-1	22.92 ^c $\pm$ 0.07	1.79 ^{cd} $\pm$ 0.16	21.13 ^c $\pm$ 0.12
3	-1	+1	21.46 ^e $\pm$ 0.15	1.25 ^s $\pm$ 0.09	20.20 ^e $\pm$ 0.09
4	+1	+1	24.05 ^a $\pm$ 0.04	2.35 ^a $\pm$ 0.13	21.70 ^a $\pm$ 0.10
5	-1.414	0	20.16 ^f $\pm$ 0.04	1.29 ^{fs} $\pm$ 0.14	18.87 ^s $\pm$ 0.11
6	+1.414	0	23.50 ^b $\pm$ 0.05	2.07 ^b $\pm$ 0.14	21.44 ^b $\pm$ 0.12
7	0	-1.414	21.28 ^e $\pm$ 0.05	1.38 ^{fs} $\pm$ 0.11	19.91 ^f $\pm$ 0.21
8	0	+1.414	22.98 ^c $\pm$ 0.06	1.94 ^{bc} $\pm$ 0.14	21.04 ^c $\pm$ 0.10
9	0	0	22.93 ^d $\pm$ 0.18	1.63 ^{de} $\pm$ 0.16	20.30 ^{de} $\pm$ 0.25
10	0	0	21.95 ^d $\pm$ 0.14	1.65 ^{de} $\pm$ 0.11	20.31 ^{de} $\pm$ 0.15
11	0	0	22.10 ^d $\pm$ 0.03	1.51 ^{ef} $\pm$ 0.11	20.49 ^d $\pm$ 0.10

^{a-s} ค่าในแนวตั้งเดียวกันอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ทำให้ค่า WL, SG และ WR น้อยกว่าสิ่งทดลองที่ 4 ($p \leq 0.05$) เนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีและลักษณะของโครงสร้างของน้ำตาลมีความแตกต่างกัน โดยโพลิโกฟรุคโตสเป็นน้ำตาลประเภทโพลีแซคคาไรด์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง (828 g/mol) จึงแพร่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์เข้าไปภายในชิ้นกล้วยไข่ได้ยากและช้ากว่าซูโครสซึ่งเป็นน้ำตาลประเภทไดแซคคาไรด์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ (342.30 g/mol) [22] ทำให้เกิดการถ่ายเทมวลสารได้น้อย ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Matusek และคณะ [12] ที่รายงานว่าการใช้โพลิโกฟรุคโตสเป็นสารละลายออสโมติกทำให้ชิ้นแอปเปิลมีปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้นน้อยกว่าครึ่งหนึ่งของการใช้ซูโครสเป็นสารละลายออสโมติกที่ความเข้มข้นเดียวกัน ในขณะที่ตัวอย่างชิ้นกล้วยไข่ที่ผ่านการออสโมซิสจากสิ่งทดลองที่ 1 และ 5 มีค่าการถ่ายเทมวลสารต่ำที่สุด

ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เนื่องจากสิ่งทดลองดังกล่าวใช้โพลิโกฟรุคโตสและซูโครสในสัดส่วนที่ต่ำ โดยสิ่งทดลองที่ 1 ใช้โพลิโกฟรุคโตสและซูโครสในระดับต่ำ (-1, -1) และสิ่งทดลองที่ 5 ใช้โพลิโกฟรุคโตสในระดับต่ำสุดรวมกับการใช้ซูโครสในระดับกลาง (-1.414, 0) ทำให้สารละลายออสโมติกมีความเข้มข้นต่ำ การถ่ายเทมวลสารจึงเกิดขึ้นไปอย่างช้า ๆ เหตุผลนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Agarry และ Owabor [23] ที่กล่าวว่า การใช้สารละลายความเข้มข้นต่ำทำให้แรงขับในกระบวนการออสโมซิสต่ำถึงแม้ว่าจะใช้เวลาในการออสโมซิสนาน มีงานวิจัยของนักวิจัยหลายท่านพิสูจน์ให้เห็นว่า ค่าการถ่ายเทมวลสารมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อใช้สารละลายน้ำตาลมากกว่าร้อยละ 60 [20,24,25] อย่างไรก็ตาม การใช้สารละลายออสโมติกที่เข้มข้นมากเกินไปสามารถทำให้

ค่าการถ่ายเทมวลสารลดลงได้ [23] ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Fazli และ Ahani [26] พบว่าการใช้น้ำเชื่อมความเข้มข้นร้อยละ 70 ทำให้สารละลายมีความหนืดมาก ก่อให้เกิดชั้นผลึกบาง ๆ ของน้ำตาลบนผิวหน้าของชิ้นอาหาร ทำให้ไปขัดขวางการเคลื่อนที่ของน้ำและตัวถูกละลายระหว่างการออสโมซิส

3.2 ผลของคุณภาพทางประสาทสัมผัสของชิ้นกล้วยไข่หลังการออสโมซิส

จากการทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-point hedonic scale ของชิ้นกล้วยไข่เมื่อใช้สารละลายออสโมติกที่มีความเข้มข้นของ

โอลิโกฟรุคโตสและซูโครสแตกต่างกันที่เวลาการออสโมซิส 6 ชั่วโมง พบว่าคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของชิ้นกล้วยไข่ที่ผ่านการออสโมซิสทั้ง 11 สิ่งทดลอง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยทุกสิ่งทดลองได้คะแนนความชอบในแต่ละด้านอยู่ในช่วง 6.20-8.20, 6.00-7.80, 5.40-7.00, 5.00-7.00, 5.40-7.20 และ 5.00-7.40 ตามลำดับ ซึ่งหมายถึงผลิตภัณฑ์ได้รับคะแนนความชอบอยู่ในระดับเฉย ๆ ถึงชอบมาก (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของสิ่งทดลองหลังการออสโมซิส 6 ชั่วโมง เมื่อแปรความเข้มข้นของโอลิโกฟรุคโตสและซูโครส ร่วมกับการเติมโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 5 กรัม/100 กรัม

สิ่งทดลอง	การห้ำ		ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน					
	โอลิโกฟรุคโตส	ซูโครส	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่นรส	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
1	-1	-1	6.40 ^e $\pm$ 0.89	6.40 ^{cde} $\pm$ 0.55	5.40 ^d $\pm$ 0.81	5.00 ^c $\pm$ 0.81	5.40 ^f $\pm$ 0.83	5.20 ^{de} $\pm$ 0.58
2	+1	-1	7.80 ^{abc} $\pm$ 0.95	7.80 ^a $\pm$ 0.84	7.00 ^a $\pm$ 0.70	7.00 ^a $\pm$ 0.83	7.20 ^a $\pm$ 0.83	7.40 ^a $\pm$ 0.71
3	-1	+1	7.00 ^{cde} $\pm$ 0.81	6.40 ^{cde} $\pm$ 0.89	5.60 ^d $\pm$ 0.76	5.00 ^c $\pm$ 0.89	6.00 ^{de} $\pm$ 0.95	6.00 ^{bcd} $\pm$ 0.90
4	+1	+1	8.00 ^{ab} $\pm$ 0.71	7.80 ^a $\pm$ 0.75	6.80 ^{ab} $\pm$ 0.52	6.40 ^{abc} $\pm$ 0.92	6.80 ^{abc} $\pm$ 0.92	6.80 ^{ab} $\pm$ 0.66
5	-1.414	0	6.20 ^e $\pm$ 0.83	6.00 ^e $\pm$ 0.67	5.80 ^{cd} $\pm$ 0.78	5.40 ^{abc} $\pm$ 0.76	5.40 ^f $\pm$ 0.78	5.00 ^e $\pm$ 0.82
6	+1.414	0	8.20 ^a $\pm$ 0.84	7.80 ^a $\pm$ 0.84	6.80 ^{ab} $\pm$ 0.55	6.40 ^{abc} $\pm$ 0.73	6.40 ^{cd} $\pm$ 0.51	6.00 ^{bcd} $\pm$ 0.84
7	0	-1.414	6.60 ^{de} $\pm$ 0.92	6.40 ^{cde} $\pm$ 0.80	5.60 ^d $\pm$ 0.77	5.20 ^{bc} $\pm$ 0.87	5.60 ^{ef} $\pm$ 0.84	5.20 ^{de} $\pm$ 0.79
8	0	+1.414	7.40 ^{abcd} $\pm$ 0.79	7.60 ^{ab} $\pm$ 0.55	6.80 ^{ab} $\pm$ 0.86	6.60 ^{ab} $\pm$ 0.88	7.00 ^{ab} $\pm$ 0.85	6.20 ^{bc} $\pm$ 0.92
9	0	0	6.60 ^{de} $\pm$ 0.89	7.00 ^{abcd} $\pm$ 0.55	6.40 ^{abc} $\pm$ 0.71	6.20 ^{abc} $\pm$ 0.89	6.00 ^{de} $\pm$ 0.71	5.80 ^{cde} $\pm$ 0.57
10	0	0	6.60 ^{de} $\pm$ 0.89	7.20 ^{abc} $\pm$ 0.55	6.40 ^{abc} $\pm$ 0.93	6.20 ^{abc} $\pm$ 0.76	5.80 ^{ef} $\pm$ 0.90	5.80 ^{cde} $\pm$ 0.66
11	0	0	6.80 ^{de} $\pm$ 0.56	7.20 ^{abc} $\pm$ 0.48	6.40 ^{abc} $\pm$ 0.73	6.20 ^{abc} $\pm$ 0.69	6.00 ^{de} $\pm$ 0.69	5.80 ^{cde} $\pm$ 0.71

^{a-f} ค่าในแนวตั้งเดียวกันอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เมื่อพิจารณาคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบค่อนข้างสูงซึ่งอยู่ในช่วง 6-8 คะแนน หมายถึง

ผลิตภัณฑ์ได้รับคะแนนความชอบอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบมาก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากชิ้นกล้วยไข่ทุกสิ่งทดลองยังคงมีสีเหลือง ไม่ดำคล้ำ มีรูปร่างเป็นชิ้น

สมบูรณ์ ผิวหน้าของชิ้นกล้วยไข่ไม่เกิดการหดตัว ซึ่งให้ลักษณะปรากฏที่ไม่แตกต่างจากกล้วยไข่สดมากนัก (รูปที่ 2) และส่งผลทำให้คะแนนความชอบด้านสีอยู่ในช่วง 6-7 คะแนน หมายถึงผลิตภัณฑ์ได้รับคะแนนความชอบอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง มีรายงานว่าโดยทั่วไปนิยมศึกษาเวลาออสโมซิสในช่วง 3-6 ชั่วโมง เนื่องจากเป็นช่วงที่มีการถ่ายเทมวลระหว่างน้ำในชิ้นผักผลไม้และตัวถูกละลายภายนอกมากที่สุด นอกจากนี้ลดโอกาสการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของวัตถุดิบที่เกิดขึ้นในระหว่างการออสโมซิส [27] ซึ่งในการทดลองนี้ใช้เวลาในการออสโมซิส 6 ชั่วโมง ร่วมกับทุกสิ่งทดลองผ่านการเตรียมขั้นต้นโดยการแช่ในสารละลายกรดซิตริกเพื่อยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลของเอนไซม์ polyphenol oxidase ของผักผลไม้ระหว่างการออสโมซิส [28] เป็นผลทำให้สามารถปรับปรุงคุณภาพด้านสีของชิ้นกล้วยไข่ให้ยังคงมีสีเหลือง ไม่ดำคล้ำเมื่อสัมผัสกับอากาศ และจากผลการทดลองในตารางที่ 3 พบว่าการใช้สารละลายโอลิโกฟรุคโตสในระดับสูง (+1) คือสิ่งทดลองที่ 2 และสิ่งทดลองที่ 4 และในระดับสูงที่สุด (+1.414) คือสิ่งทดลองที่ 6 ทำให้ผลิตภัณฑ์ได้รับคะแนนการยอมรับด้านสีสูงที่สุดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) คือ 7.8 คะแนน เนื่องจากในสิ่งทดลองมีการใช้สารละลายน้ำตาลผสมความเข้มข้นสูง (ร้อยละ 59-66) น้ำตาลสามารถยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เกิดขึ้นจากเอนไซม์ได้โดยป้องกันชิ้นอาหารสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศเนื่องจากออกซิเจนสามารถละลายอยู่ในสารละลายน้ำตาลได้น้อยกว่าน้ำ จึงมีสมบัติในการป้องกันปฏิกิริยาออกซิเดชัน ทำให้ลดการเกิดสีน้ำตาลที่เกิดขึ้นรอบๆ ชิ้นผลไม้ได้ [5,29]

สำหรับคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสและรสชาติมีแนวโน้มคล้ายกัน คือ สิ่งทดลองได้รับคะแนนความชอบอยู่ในช่วง 5-7 คะแนน หมายถึงผลิตภัณฑ์

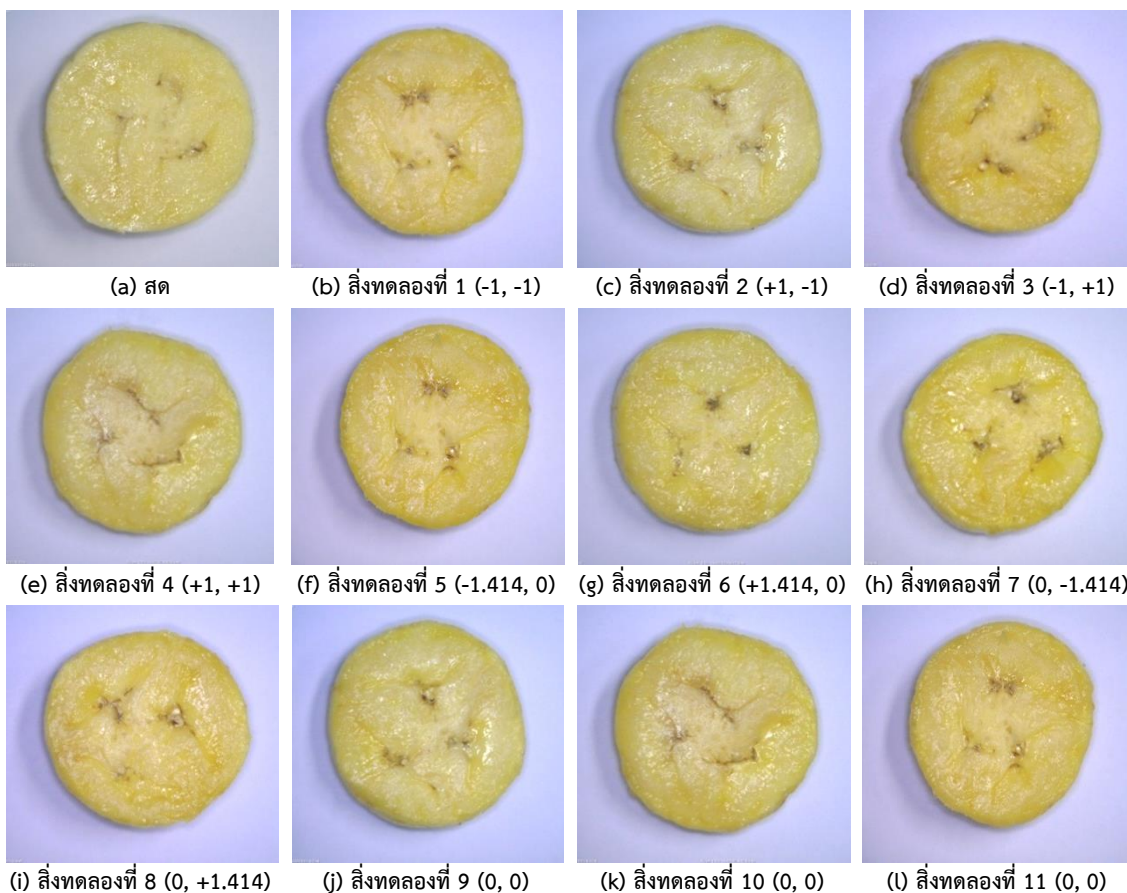
ได้รับคะแนนความชอบอยู่ในระดับเฉย ๆ ถึงชอบปานกลาง เนื่องจากในการทดลองกำหนดให้เดิมโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 5 รวมด้วย ทำให้ผลิตภัณฑ์มีรสชาติเค็มจากโซเดียมคลอไรด์ การใช้โอลิโกฟรุคโตสในระดับต่ำ (-1) และระดับต่ำที่สุด (-1.414) ในสิ่งทดลองที่ 1 สิ่งทดลองที่ 3 และสิ่งทดลองที่ 5 หรือการใช้ซูโครสในระดับต่ำที่สุด (-1.414) ในสิ่งทดลองที่ 7 อาจทำให้สิ่งทดลองดังกล่าวมีรสชาติหวานน้อยและมีรสเค็มด้วย ซึ่งผู้บริโภคอาจไม่คุ้นเคยกับรสชาติในลักษณะนี้จึงให้คะแนนความชอบด้านกลิ่นรสและรสชาติค่อนข้างน้อยคืออยู่ในช่วง 5.00-5.60 คะแนน และพบว่าการใช้ละลายน้ำตาลที่มีความเข้มข้นสูงทำให้ผลิตภัณฑ์มีรสหวานขึ้นผู้บริโภคมีความคุ้นเคยมากกว่าจึงเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากกว่า สิ่งทดลองที่ 2 (+1, -1) จึงได้รับคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสและรสชาติค่อนข้างมากคือ 7 คะแนน (ชอบปานกลาง)

สำหรับคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัส พบว่า สิ่งทดลองที่ 2 สิ่งทดลองที่ 4 และสิ่งทดลองที่ 8 ได้รับคะแนนความชอบสูงที่สุดไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) ซึ่งมีคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสเท่ากับ 7.20, 6.80 และ 7.00 ตามลำดับ เป็นที่น่าสังเกตว่าการใช้โอลิโกฟรุคโตสและซูโครสในระดับสูง (+1, +1) ในสิ่งทดลองที่ 4 ทำให้แนวโน้มคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสลดลงคือ 6.8 คะแนน กล่าวได้ว่าความชอบด้านเนื้อสัมผัสเป็นผลมาจากความเข้มข้นของโอลิโกฟรุคโตสและซูโครส เนื่องจากการเพิ่มความเข้มข้นของตัวถูกละลายในสารละลายออสโมติกส่งเสริมให้เกิดแรงขับในการแพร่ของน้ำ ทำให้เนื้อสัมผัสนิ่มลง จึงส่งผลให้ได้รับคะแนนความชอบเนื้อสัมผัสลดลง

สำหรับคะแนนความชอบโดยรวม พบว่า สิ่งทดลองได้รับคะแนนความชอบอยู่ในช่วง 5-7 คะแนน หมายถึงผลิตภัณฑ์ได้รับคะแนนความชอบอยู่ในระดับเฉย ๆ ถึงชอบปานกลาง จากผลการทดลอง

พบว่า สิ่งทดลองที่ 2 มีคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด เนื่องจากใช้ความเข้มข้นของโอลิโกฟรุคโตสและซูโครสไม่สูงมาก (+1, -1) ทำให้ผลิตภัณฑ์มีคะแนนความชอบโดยรวมสูง และสอดคล้องกับแนวโน้มของ

คะแนนความชอบด้านต่าง ๆ อย่างไรก็ตาม ความชอบโดยรวมของสิ่งทดลองที่ 4 (+1, +1) ได้คะแนนความชอบโดยรวมสูงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)



รูปที่ 2 ลักษณะของกล้วยไข่หลังการออสโมซิสทั้ง 11 สิ่งทดลอง (a)-(l) หลังการออสโมซิส 6 ชั่วโมง เมื่อแปรความเข้มข้นของโอลิโกฟรุคโตสและซูโครสรวมกับการเติมโซเดียมคลอไรด์ 5 กรัม/100 กรัม

3.3 การเลือกสิ่งทดลองที่เหมาะสม

ค่าการถ่ายเทมวลสารเป็นดัชนีบ่งชี้ผลของการออสโมซิสซึ่งเกี่ยวกับปริมาณน้ำที่สูญเสียไปปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้น รวมทั้งน้ำหนักสุทธิที่เสียไปของกล้วยไข่ ส่วนคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวม เป็นคุณภาพที่แสดงผลการยอมรับของผู้บริโภค จากผลการทดลองพบว่า สิ่งทดลองที่ 4

คือ การใช้โอลิโกฟรุคโตสและซูโครสในระดับสูง (+1, +1) มีความเหมาะสมที่สุดที่จะนำมาใช้เป็นสารละลายออสโมติกในการดองน้ำออกด้วยวิธีออสโมซิสกล้วยไข่ เนื่องจากมีค่าการถ่ายเทมวลสาร (WL, SG และ WR) สูงที่สุด ($p \leq 0.05$) และได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด มีคะแนนความชอบโดยรวมอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย

4. สรุป

ความเข้มข้นของสารละลายออสโมติกมีผลต่อค่าการถ่ายเทมวลสารและคุณภาพทางประสาทสัมผัสของกล้วยไข่ ($p \leq 0.05$) โดยสารละลายออสโมติกที่เหมาะสมสำหรับการดึงน้ำออกด้วยวิธีออสโมซิสกล้วยไข่คือการใช้สารละลายน้ำตาลโอลิโกฟรุคโตส 47 กรัม/100 กรัม และซูโครส 19 กรัม/100 กรัม ร่วมกับการเติมโซเดียมคลอไรด์ 5 กรัม/100 กรัม ทำให้มีค่าการถ่ายเทมวลสารสูงที่สุด โดยมีค่า WL, SG และ WR เท่ากับร้อยละ 24.05, 2.35 และ 21.70 ตามลำดับ และได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุดอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย

5. รายการอ้างอิง

- [1] กระทรวงพาณิชย์, การส่งออกกล้วยไข่สดของประเทศไทย, แหล่งที่มา : [http:// www.ops3.moc.go.th](http://www.ops3.moc.go.th), 26 กันยายน 2556.
- [2] กรกัญญา อักษรเนียม และสุชัยญญา ไชยชมภู, 2549, พิธีมอบรางวัลนักแอคทีฟ อีกหนึ่งแนวทางเลือกในการยืดอายุการเก็บรักษากล้วยไข่, ว.เคทหารเกษตร 30(5): 112-116.
- [3] Lenart, A., 1996, Osmo-convective drying of fruits and vegetables: technology and application, Drying Technol. 14: 391-413.
- [4] Torreggiani, D. and Bertolo, G., 2001, Osmotic pre-treatments in fruit processing: Chemical, physical and structural effects, J. Food Eng. 49: 247-253.
- [5] Tapia, M.S., Lopez-Malo, A., Consuegra, R., Corte, P. and Weltri-Chanes, J., 1999, Minimally processed papaya by vacuum osmotic dehydration (VOD) techniques, J. Food Sci. Technol. Int. 5: 41-49.
- [6] Torreggiani, D., 1993, Osmotic dehydration in food and vegetable processing, J. Food Res. Int. 26: 59-68.
- [7] Sankat, C.K., Castaigne, F. and Maharaj, R., 1996, The air drying behavior of fresh and osmotically dehydrated banana slices, Int. J. Food Sci. Technol. 31: 123-135.
- [8] ธิษณา จรรยาชัยเลิศ, 2551, น้ำตาล, แหล่งที่มา : <http://www.doctor.or.th/article/detail/1147>, 28 สิงหาคม 2556.
- [9] Klewicki, R. and Uczciwek, M., 2008, Effect of osmotic dehydration in fructose, sucrose and fructooligosaccharide solutions on the content of saccharides in plum and apples and their energy value, Agri. Food Sci. 17: 367-375.
- [10] Konopacka, D., Jesionkowska, K., Klewicki, R. and Bonazzi, C., 2009, The effect of different osmotic agent on the sensory perception of osmo-treated dried fruit, J. Hort. Sci. Biotechnol. 84(6): 80-84.
- [11] Egea, M.B., Borsato, D., Silva, R.S. and Yamashita, F., 2012, Osmo-dehydrated functional product containing fructooligosaccharides: Physical, chemical and sensorial characteristics, J. Braz. Arch. Biol. Technol. 55: 927-936.
- [12] Matusek, A., Czukur, B. and Meresz, P., 2008, Comparison of sucrose and fructooligosaccharides as osmotic agents in apple, J. Innov. Food Sci. Emerg. Technol. 9: 365-373.

- [13] Dermesonlouglou, E.K., Giannakourou, M.C. and Taoukis, P., 2007, Stability of dehydrofrozen tomatoes pretreated with alternative osmotic solutes, *J. Food Eng.* 78: 272-280.
- [14] Haaland, T., 1989, *Experimental Design in Biotechnology*, Marcel Dekker, Inc., New York.
- [15] Hu, Y., 1999, Study on rough rice fissuring during intermittent drying, *Drying Technol.* 17: 1779-1793.
- [16] นวภัทรา หนูนา และอมรรัตน์ มุขประเสริฐ, 2554, จลนศาสตร์การถ่ายเทมวลในระหว่างกระบวนการออสโมติก ไชโป้วหวาน, *ว. วิศวกรรมสาร มช.* 38: 53-63.
- [17] Hatem, S.A., Hesham, A.M., Mostatfa, T.R. and Gamal, H.R., 2010, Osmotic dehydration of banana rings and tomato halves, *J. Am. Sci.* 6: 383-390.
- [18] Harris, N.L., Eugene, K. and Athanasios, N., 1995, Mass transfer kinetics during osmotic preconcentration aiming at minimal solid uptake, *J. Food Eng.* 25: 151-166.
- [19] Mastrantonio, S.D.S., Pereira, L.M. and Hubinger, M.D., 2005, Osmotic dehydration kinetics of guavas in maltose solutions with calcium salt, *Alim. Nutr., Araraquara* 16: 309-314.
- [20] Khan, M.A., Shukla, R.N. and Zaida, S., 2011, Mass transfer during osmotic dehydration of apple using sucrose, fructose and maltodextrin solution, *Proceedings, The 12th International Congress on Engineering and Food (ICEF)*, Athens, Greece, 896 p.
- [21] Nimmanpipug, N. and Therdthai, N., 2013, Effect of osmotic dehydration time on hot air drying and microwave vacuum drying of papaya, *Food Appl. Biosci. J.* 1: 1-10.
- [22] Moazzam, R.K., 2012, Osmotic dehydration technique for fruit preservation: A review, *Pak. J. Food Sci.* 22(2): 71-85.
- [23] Agarry, S.E. and Owabor, C.N., 2012, Statistical optimization of process variables for osmotic dehydration of okra (*Abelmoschus esculentus*) in sucrose solution, *Nig. J. Technol.* 31: 370-382.
- [24] Chaven, U.D., 2012, Osmotic dehydration process for preservation of fruits and vegetables, *J. Food Res.* 1: 202-209.
- [25] Jalali, V.R.R., Narain, N. and Silva, G.F., 2008, Effect of osmotic predehydration on drying characteristics of banana fruits, *Cienc. Tecnol. Aliment. Campinas* 28: 269-273.
- [26] Fazli, F.A. and Ahani, M., 2010, Minimally processed food: A case study on orange and kiwi fruit, *Int. J. Environ. Sci. Develop.* 1: 53-56
- [27] Hawkes, J. and Flink, J.M., 1978, Osmotic concentration of fruit slices prior to freeze dehydration, *J. Food Proc. Preserv.* 2: 265-284.
- [28] Atares, L., Gallagher, M.J.S. and Oliveira, F.A.R., 2011, Process conditions effect on

- the quality of banana osmotically dehydrated, J. Food Eng. 103: 401-408.
- [29] Raoult-Wack, A.L., 1994, Recent advances in the osmotic dehydration of foods, Trends Food Sci. Technol. 5: 255-260.
- [30] Varela, P., Salvador, A. and Fiszman, S., 2005, Shelf-life estimation of 'Fuji' apples: Sensory characteristics and consumer acceptability, Postharvest Biol. Technol. 38: 18-24.