บทที่ 4
ผลการวิจัย

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของวัตถุดิบกล้วยไข่ที่ใช้ในการวิจัย

กล้วยไข่ที่ใช้ในการวิจัย คือ กล้วยไข่พันธุ์กำแพงเพชร เป็นกล้วยห่าม ควบคุมระดับความสุก ตามดัชนีสีเปลือกกล้วย (Peel Color Index; PCI) ระดับที่ 3 เปลือกกล้วยมีสีเขียวมากกว่าสีเหลือง ซึ่งมีการสุกแล้วบางส่วนประมาณร้อยละ 30 (เบญจมาศ ศิลาย้อย, 2545; Nelson, 2004) เนื่องจากคุณภาพของวัตถุดิบเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์และการถ่ายเทมวลสารในระหว่างการออสโมซิส จึงใช้ค่าคุณภาพบางประการ ได้แก่ ค่าสีของเปลือกกล้วยไข่ ค่าสีของเนื้อกล้วยไข่ และปริมาณความชื้น เป็นเกณฑ์คัดเลือกวัตถุดิบให้มีคุณภาพใกล้เคียงกันตลอดการวิจัย รายละเอียดค่าคุณภาพของกล้วยไข่ที่ใช้ในการวิจัย แสดงผลการทดลองดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 ค่าคุณภาพของกล้วยไข่ที่ใช้ในการวิจัย

ค่าคุณภาพ		ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ค่าสีของเปลือกกล้วยไข่		
	L*	63.16 ± 0.46
	a*	-9.46 ± 0.14
	b*	43.77 ± 0.56
	Hue angle	102.19 ± 0.21
	Chroma	44.78 ± 0.55
ค่าสีของเนื้อกล้วยไข่	L*	71.07 ± 0.31
	a*	8.88 ± 0.08
	b*	40.09 ± 0.56
	Hue angle	77.49 ± 0.11
	Chroma	40.97 ± 0.56
ค่าความแน่นเนื้อ (กรัม)		170.63 ± 1.69
ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)		70.05 ± 0.35
ค่า a_w		0.98 ± 0.56
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์)		23.67 ± 0.58
ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (กรัมต่อ 100 กรัม)		7.34 ± 0.13
ปริมาณเหล็ก (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม)		0.51 ± 0.02
ปริมาณแคลเซียม (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม)		3.55 ± 0.01

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตอนที่ 2 ผลของการออสโมซิสโดยใช้สารละลายผสมต่อค่าการถ่ายเทมวลสารและคุณภาพของกล้วยไข่

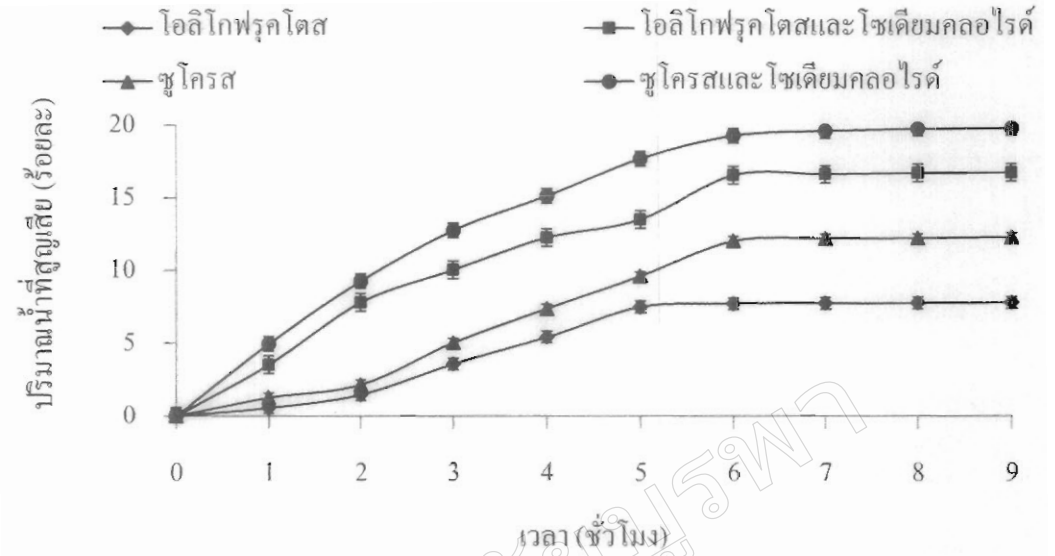
2.1 ผลของชนิดของน้ำตาลและการใช้โซเดียมคลอไรด์ต่อค่าการถ่ายเทมวลสารของกล้วยไข่

จากการศึกษาผลของชนิดของน้ำตาลโอลิโกฟรุคโตส (45 กรัมต่อ 100 กรัม) และซูโครส (45 กรัมต่อ 100 กรัม) ร่วมกับการใช้และไม่ใช้สารละลายโซเดียมคลอไรด์ (5 กรัมต่อ 100 กรัม) ต่อค่าถ่ายเทมวลสารในระหว่างการออสโมซิสกล้วยไข่ โดยนำชิ้นกล้วยไข่ที่เตรียมมาแช่ในสารละลายออสโมติก แล้วคำนวณค่าการถ่ายเทมวลสาร ได้แก่ ปริมาณน้ำที่สูญเสีย (Water Loss; WL) ปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้น (Solid Gain; SG) และปริมาณน้ำหนักที่ลดลง (Weigh Reduction; WR) ในระหว่างการออสโมซิสทุก 1 ชั่วโมง เป็นเวลา 9 ชั่วโมง ผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 4-1 ถึง 4-3 และตารางที่ 4-2 ถึง 4-4

เมื่อพิจารณาแนวโน้มของค่าการถ่ายเทมวลสาร ได้แก่ ค่า WL SG และ WR ของทุกสิ่งทดลองในระหว่างการออสโมซิส แสดงดังภาพที่ 4-1 ถึง 4-3 พบว่า เมื่อเวลาในการออสโมซิสนานขึ้นมีผลทำให้ค่าการถ่ายเทมวลสารทุกค่าเพิ่มขึ้น โดยมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงแรกของการออสโมซิส (1-5 ชั่วโมง) ซึ่งมีค่า WL SG และ WR อยู่ในช่วงร้อยละ 0.56-17.68 0.23-3.17 และ 0.32-14.52 ตามลำดับ และเริ่มมีแนวโน้มคงที่ในช่วงหลังของการออสโมซิส (6-9 ชั่วโมง) ซึ่งมีค่า WL SG และ WR อยู่ในช่วงร้อยละ 7.70-19.78 2.18-3.58 และ 5.52-16.20 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาแนวโน้มของค่าการถ่ายเทมวลสารทุกค่าตลอดการออสโมซิส 9 ชั่วโมง แสดงดังตารางที่ 4-2 ถึง 4-4 พบว่า ที่เวลาการออสโมซิสเท่ากัน ทุกสิ่งทดลองมีค่าการถ่ายเทมวลสารแตกต่างกัน ($p<0.05$) และเมื่อพิจารณาเวลาการออสโมซิส 9 ชั่วโมง พบว่า การใช้สารละลายผสมระหว่างซูโครสและโซเดียมคลอไรด์ทำให้กล้วยไข่มีค่า WL SG และ WR สูงที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับร้อยละ 19.78 3.58 และ 16.20 ตามลำดับ รองลงมาคือ การใช้สารละลายผสมระหว่างโอลิโกฟรุคโตสและโซเดียมคลอไรด์ สารละลายซูโครส และสารละลายโอลิโกฟรุคโตส ตามลำดับ ($p<0.05$)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ 4-1 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำที่สูญเสีย (ร้อยละ) ของกล้วยไข่ในระหว่างการออสโมซิส เมื่อใช้สารละลายออสโมติกที่ได้จากการแปรชนิดของน้ำตาลและการใช้โซเดียมคลอไรด์

ตารางที่ 4-2 ปริมาณน้ำที่สูญเสีย (ร้อยละ) ของกล้วยไข่ในระหว่างการออสโมซิส เมื่อใช้สารละลายออสโมติกที่ได้จากการแปรชนิดของน้ำตาลและการใช้โซเดียมคลอไรด์

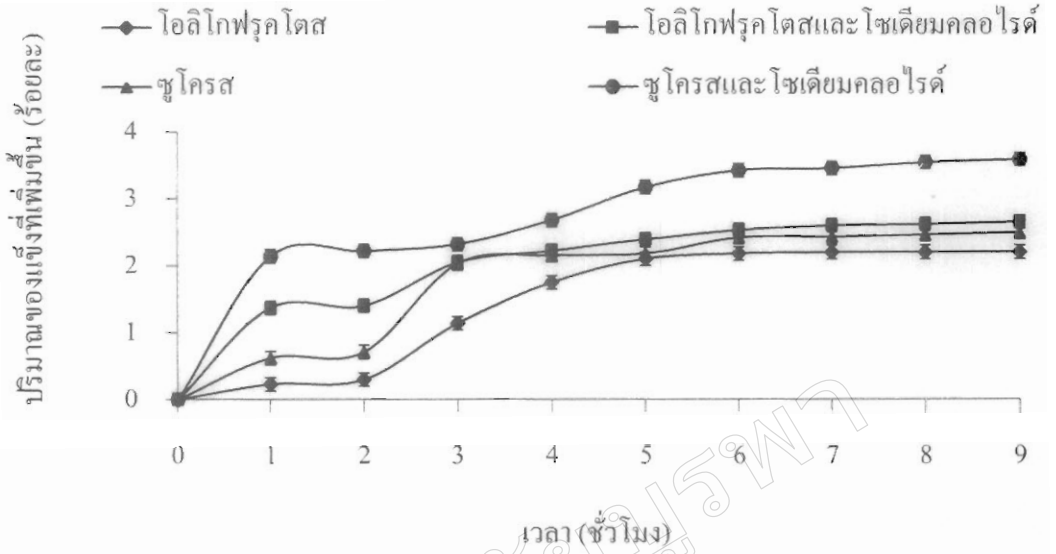
เวลา (ชั่วโมง)	สิ่งทดลอง			
	โอลิโกฟรุคโตส	ซูโครส	โอลิโกฟรุคโตส และโซเดียมคลอไรด์	ซูโครส และโซเดียมคลอไรด์
1	$0.56^{fD} \pm 0.11$	$1.26^{fC} \pm 0.05$	$3.51^{fB} \pm 0.16$	$4.96^{gA} \pm 0.08$
2	$1.46^{eD} \pm 0.20$	$2.15^{eC} \pm 0.05$	$7.79^{eB} \pm 0.13$	$9.25^{fA} \pm 0.29$
3	$3.57^{dD} \pm 0.27$	$5.04^{dC} \pm 0.13$	$10.02^{dB} \pm 0.14$	$12.74^{eA} \pm 0.21$
4	$5.43^{cD} \pm 0.05$	$7.37^{cC} \pm 0.13$	$12.23^{cB} \pm 0.06$	$15.12^{dA} \pm 0.16$
5	$7.48^{bD} \pm 0.08$	$9.59^{bC} \pm 0.06$	$13.48^{bB} \pm 0.09$	$17.68^{cA} \pm 0.12$
6	$\underline{7.70^{abD} \pm 0.06}$	$\underline{12.00^{aC} \pm 0.05}$	$\underline{16.55^{aB} \pm 0.07}$	$19.25^{bA} \pm 0.06$
7	$7.74^{aD} \pm 0.07$	$12.16^{aC} \pm 0.03$	$16.61^{aB} \pm 0.11$	$\underline{19.59^{aA} \pm 0.04}$
8	$7.76^{aD} \pm 0.06$	$12.20^{aC} \pm 0.02$	$16.70^{aB} \pm 0.10$	$19.72^{aA} \pm 0.03$
9	$7.78^{aD} \pm 0.06$	$12.25^{aC} \pm 0.04$	$16.73^{aB} \pm 0.10$	$19.78^{aA} \pm 0.05$

$^{a-g}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

$^{A-D}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

<u>ตัวเลขที่ขีดเส้นใต้</u> คือ ปริมาณน้ำที่สูญเสียที่เวลาสมดุล

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ 4-2 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้น (ร้อยละ) ของกล้วยไข่ในระหว่างการออสโมซิส เมื่อใช้สารละลายออสโมติกที่ได้จากการแปรชนิดของน้ำตาลและการใช้โซเดียมคลอไรด์

ตารางที่ 4-3 ปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้น (ร้อยละ) ของกล้วยไข่ในระหว่างการออสโมซิส เมื่อใช้สารละลายออสโมติกที่ได้จากการแปรชนิดของน้ำตาลและการใช้โซเดียมคลอไรด์

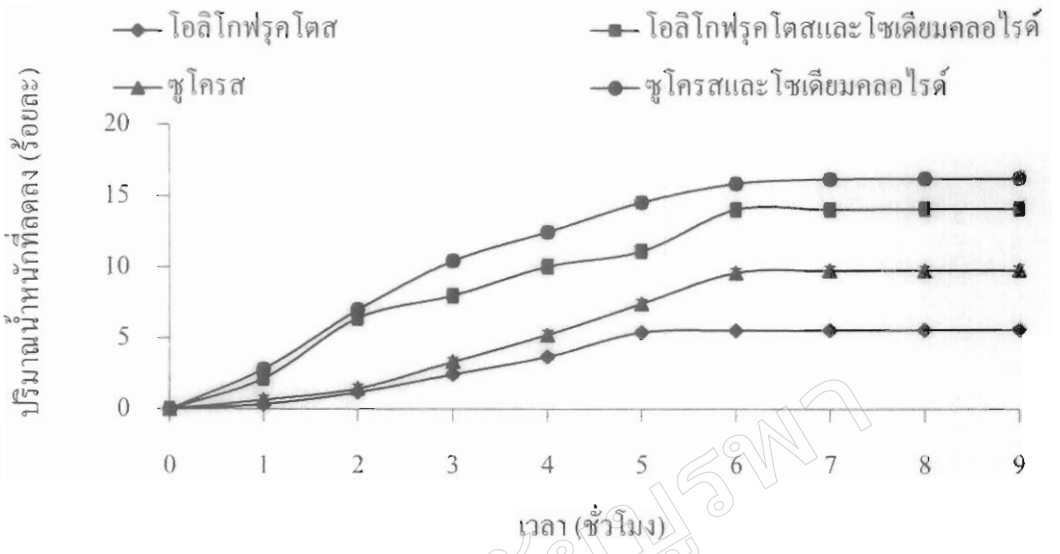
เวลา (ชั่วโมง)	สิ่งทดลอง			
	โอลิโกฟรุคโตส	ซูโครส	โอลิโกฟรุคโตส และโซเดียมคลอไรด์	ซูโครส และโซเดียมคลอไรด์
1	$0.23^{dD} \pm 0.09$	$0.62^{eC} \pm 0.14$	$1.37^{dB} \pm 0.07$	$2.14^{dA} \pm 0.18$
2	$0.30^{dD} \pm 0.04$	$0.71^{eC} \pm 0.12$	$1.40^{dB} \pm 0.12$	$2.22^{dA} \pm 0.04$
3	$1.14^{cC} \pm 0.02$	$2.03^{dB} \pm 0.14$	$2.05^{cB} \pm 0.17$	$2.32^{dA} \pm 0.09$
4	$1.75^{bC} \pm 0.15$	$2.15^{cdB} \pm 0.15$	$2.22^{bcB} \pm 0.06$	$2.68^{cA} \pm 0.02$
5	$\underline{2.10^{aC} \pm 0.08}$	$2.18^{bcdBC} \pm 0.17$	$\underline{2.39^{abB} \pm 0.10}$	$3.17^{bA} \pm 0.03$
6	$2.18^{aC} \pm 0.13$	$\underline{2.42^{abcBC} \pm 0.15}$	$2.53^{aB} \pm 0.19$	$\underline{3.42^{aA} \pm 0.13}$
7	$2.20^{aC} \pm 0.13$	$2.43^{abBC} \pm 0.16$	$2.60^{aB} \pm 0.18$	$3.45^{aA} \pm 0.12$
8	$2.20^{aB} \pm 0.09$	$2.46^{abBC} \pm 0.15$	$2.62^{aB} \pm 0.16$	$3.54^{aA} \pm 0.18$
9	$2.20^{aC} \pm 0.09$	$2.49^{aB} \pm 0.16$	$2.65^{aB} \pm 0.15$	$3.58^{aA} \pm 0.05$

$^{a-g}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

$^{A-D}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

<u>ตัวเลขที่ขีดเส้นใต้</u> คือ ปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้นที่เวลาสมดุล

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ 4-3 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำหนักที่ลดลง (ร้อยละ) ของกล้วยไข่ในระหว่างการออสโมซิส เมื่อใช้สารละลายออสโมติกที่ได้จากการแปรชนิดของน้ำตาลและการใช้โซเดียมคลอไรด์

ตารางที่ 4-4 ปริมาณน้ำหนักที่ลดลง (ร้อยละ) ของกล้วยไข่ในระหว่างการออสโมซิส เมื่อใช้สารละลายออสโมติกที่ได้จากการแปรชนิดของน้ำตาลและการใช้โซเดียมคลอไรด์

เวลา (ชั่วโมง)	สิ่งทดลอง			
	โอลิโกฟรุคโตส	ซูโครส	โอลิโกฟรุคโตส และโซเดียมคลอไรด์	ซูโครส และโซเดียมคลอไรด์
1	$0.32^{eD} \pm 0.06$	$0.63^{fC} \pm 0.17$	$2.15^{fB} \pm 0.17$	$2.82^{gA} \pm 0.14$
2	$1.16^{dD} \pm 0.16$	$1.44^{eC} \pm 0.15$	$6.39^{eB} \pm 0.03$	$6.97^{fA} \pm 0.10$
3	$2.44^{cD} \pm 0.25$	$3.34^{dC} \pm 0.20$	$7.97^{dB} \pm 0.24$	$10.41^{eA} \pm 0.07$
4	$3.69^{bD} \pm 0.16$	$5.22^{cC} \pm 0.25$	$10.01^{cB} \pm 0.10$	$12.44^{dA} \pm 0.04$
5	$\underline{5.39^{aD} \pm 0.05}$	$7.41^{bC} \pm 0.19$	$11.09^{bB} \pm 0.10$	$14.52^{cA} \pm 0.13$
6	$5.52^{aD} \pm 0.07$	$\underline{9.58^{aC} \pm 0.20}$	$\underline{14.02^{aB} \pm 0.21}$	$15.83^{bA} \pm 0.19$
7	$5.54^{aD} \pm 0.05$	$9.73^{aC} \pm 0.17$	$14.02^{aB} \pm 0.29$	$\underline{16.15^{aA} \pm 0.12}$
8	$5.56^{aD} \pm 0.06$	$9.74^{aC} \pm 0.15$	$14.08^{aB} \pm 0.23$	$16.18^{aA} \pm 0.10$
9	$5.58^{aD} \pm 0.08$	$9.76^{aC} \pm 0.12$	$14.08^{aB} \pm 0.22$	$16.20^{aA} \pm 0.05$

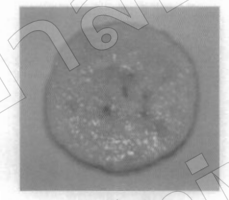
$^{a-g}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

$^{A-D}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

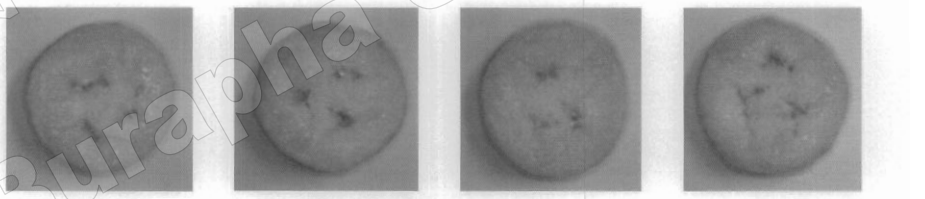
<u>ตัวเลขที่ขีดเส้นใต้</u> คือ ปริมาณน้ำหนักที่ลดลงที่เวลาสมดุล

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

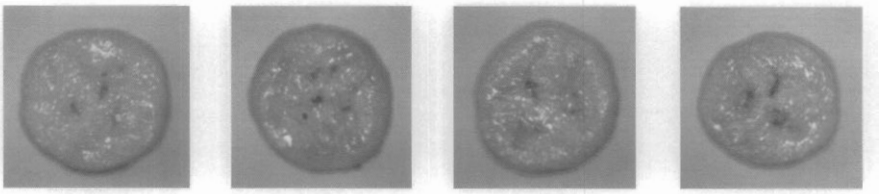
พิจารณาเวลาการออสโมซิสที่ทำให้ค่าการถ่ายเทมวลสารทุกค่าคงที่หรือเวลาสมดุล (Equilibrium Time) เพื่อใช้กำหนดเวลาในการออสโมซิสในขั้นตอนต่อไป โดยพิจารณาจากเวลาที่เริ่มทำให้ค่าการถ่ายเทมวลสารไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) จากตารางที่ 4-2 ถึง 4-4 พบว่า ทุกสิ่งทดลองมีค่า WL สมดุลที่ 6 ชั่วโมง ยกเว้นการใช้สารละลายผสมระหว่างซูโครสและโซเดียมคลอไรด์ใช้เวลาสมดุล 7 ชั่วโมง สำหรับค่า SG สิ่งทดลองที่ใช้โอลิโกฟรุคโตสใช้เวลาสมดุล 5 ชั่วโมง ในขณะที่สิ่งทดลองที่ใช้ซูโครสใช้เวลาสมดุล 6 ชั่วโมง และสำหรับค่า WR พบว่า สิ่งทดลองใช้เวลาสมดุลตั้งแต่ 5-7 ชั่วโมง และจากการพิจารณาลักษณะชิ้นกล้วยไข่หลังการออสโมซิส พบว่า การออสโมซิสเป็นเวลา 7 ชั่วโมง ทำให้กล้วยไข่ทุกสิ่งทดลองมีความนิ่มมากและมีลักษณะช้ำมากกว่ากล้วยไข่ที่ผ่านการออสโมซิส 6 ชั่วโมง อย่างชัดเจน ลักษณะของชิ้นกล้วยไข่สดและกล้วยไข่หลังการออสโมซิส 6 และ 7 ชั่วโมง ของแต่ละสิ่งทดลอง แสดงดังภาพที่ 4-4



(ก) กล้วยไข่สด



(ข)โอลิโกฟรุคโตส (ค) โอลิโกฟรุคโตสและโซเดียมคลอไรด์ (ง) ซูโครส (จ) ซูโครสและโซเดียมคลอไรด์



(ฉ) โอลิโกฟรุคโตส (ช) โอลิโกฟรุคโตสและโซเดียมคลอไรด์ (ซ) ซูโครส (ญ) ซูโครสและโซเดียมคลอไรด์

ภาพที่ 4-4 ลักษณะของชิ้นกล้วยไข่สด (ก) ลักษณะของกล้วยไข่หลังการออสโมซิส 6 ชั่วโมง (ข)-(จ) และหลังการออสโมซิส 7 ชั่วโมง (ฉ)-(ญ) เมื่อใช้สารละลายออสโมติกที่ได้จากการแปรชนิดของน้ำตาลและการใช้โซเดียมคลอไรด์

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

2.2 ผลของความเข้มข้นของโอลิโกฟรุคโตสและซูโครสต่อค่าการถ่ายเทมวลสารและคุณภาพของกล้วยไข่

จากการศึกษาผลของความเข้มข้นของโอลิโกฟรุคโตสและซูโครส โดยแปรส่วนผสมระหว่างโอลิโกฟรุคโตส (30-50 กรัมต่อ 100 กรัม) และซูโครส (10-20 กรัมต่อ 100 กรัม) ร่วมกับการเติมโซเดียมคลอไรด์ (5 กรัมต่อ 100 กรัม) ในการเตรียมสารละลายออสโมติก โดยจัดสิ่งทดลองแบบ CCD ได้ 11 สิ่งทดลอง แล้วดำเนินการออสโมซิสกล้วยไข่เป็นเวลา 6 ชั่วโมง เมื่อครบเวลานำกล้วยไข่หลังการออสโมซิสมาคำนวณค่าการถ่ายเทมวลสาร ได้แก่ ปริมาณน้ำที่สูญเสีย (Water Loss; WL) ปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้น (Solid Gain; SG) และปริมาณน้ำหนักที่ลดลง (Weigh Reduction; WR) และวิเคราะห์คุณภาพด้านต่าง ๆ ได้แก่ ค่าสี ความแน่นเนื้อ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยวิธี 9-Point Hedonic Scale ผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 4-6 และตารางที่ 4-7 ถึง 4-10

ผลการวิเคราะห์ค่าการถ่ายเทมวลสารของกล้วยไข่หลังการออสโมซิส แสดงดังตารางที่ 4-5 พบว่า ความเข้มเข้มข้นของสารละลายโอลิโกฟรุคโตสและซูโครสมีผลทำให้ค่า WL SG และ WR ของกล้วยไข่หลังการออสโมซิสแตกต่างกัน ($p<0.05$) การใช้โอลิโกฟรุตโตสร่วมกับซูโครสในระดับสูง (+1, +1) ในสิ่งทดลองที่ 4 ทำให้กล้วยไข่มีค่า WL SG และ WR สูงที่สุด ($p<0.05$) โดยมีค่า WL SG และ WR เท่ากับ ร้อยละ 24.05 2.34 และ 21.70 ตามลำดับ ในขณะที่การใช้โอลิโกฟรุตโตสร่วมกับซูโครสในระดับต่ำ (-1, -1) ในสิ่งทดลองที่ 1 และการใช้โอลิโกฟรุตโตสในระดับต่ำที่สุดร่วมกับซูโครสในระดับกึ่งกลาง (-1.014, 0) ในสิ่งทดลองที่ 5 ทำให้กล้วยไข่มีค่า WL SG และ WR ต่ำที่สุด ($p<0.05$) ซึ่งมีค่า WL SG และ WR อยู่ในช่วงร้อยละ 20.15-20.19 1.29-1.41 และ 18.75-18.87 ตามลำดับ

จากการนำข้อมูลค่าการถ่ายเทมวลสารมาสร้างสมการรีเกรสชันเชิงเส้นตรงแบบพหุ (Multiple Linear Regression) โดยหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าการถ่ายเทมวลสาร WL SG และ WR ของกล้วยไข่หลังการออสโมซิสกับความเข้มข้นของโอลิโกฟรุคโตสและซูโครส ได้ผลแสดงดังตารางที่ 4-6 พบว่า ทุกสมการมีค่า R^2 ในช่วง 0.839-0.954 มีค่า Model Significance อยู่ในช่วง 0.000-0.001 และมีค่า RMS อยู่ในช่วงร้อยละ 0.911-8.876 เมื่อนำสมการที่น่าเชื่อถือทั้งหมดมาสร้างกราฟพื้นผิวการตอบสนอง เพื่อแสดงให้เห็นถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของค่า WL SG และ WR ของกล้วยไข่หลังการออสโมซิสกับความเข้มข้นของโอลิโกฟรุคโตสและซูโครสที่ใช้เป็นสารละลายออสโมติก แสดงดังภาพที่ 4-5 พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณของโอลิโกฟรุคโตสและซูโครสทำให้แนวโน้มของค่า WL SG และ WR เพิ่มขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
Burapha University

ตารางที่ 4-5 ปริมาณน้ำที่สูญเสีย (WL) ปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้น (SG) และปริมาณน้ำหนักที่ลดลง (WR) ของกล้วยไข่หลังการออสโมซิส 6 ชั่วโมง เมื่อใช้สารละลายออสโมติกที่ได้จากการแปรความเข้มข้นของโอลิโกฟรุคโตส (30-50 กรัมต่อ 100 กรัม) และซูโครส (10-20 กรัมต่อ 100 กรัม) ร่วมกับการใช้โซเดียมคลอไรด์ 5 กรัมต่อ 100 กรัม

สิ่งทดลองที่	ค่ารหัส		ค่าจริง		ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	โอลิโกฟรุคโตส	ซูโครส	โอลิโกฟรุคโตส (กรัมต่อ 100 กรัม)	ซูโครส (กรัมต่อ 100 กรัม)	WL (ร้อยละ)	SG (ร้อยละ)	WR (ร้อยละ)
1	-1	-1	33	12	$20.15^{f} \pm 0.05$	$1.41^{efg} \pm 0.15$	$18.75^{g} \pm 0.17$
2	+1	-1	47	12	$22.92^{c} \pm 0.07$	$1.79^{cd} \pm 0.16$	$21.13^{c} \pm 0.12$
3	-1	+1	33	19	$21.46^{e} \pm 0.15$	$1.25^{g} \pm 0.09$	$20.20^{e} \pm 0.09$
4	+1	+1	47	19	$24.05^{a} \pm 0.04$	$2.34^{a} \pm 0.13$	$21.70^{a} \pm 0.10$
5	-1.414	0	30	15	$20.19^{f} \pm 0.04$	$1.29^{fg} \pm 0.14$	$18.87^{g} \pm 0.11$
6	+1.414	0	50	15	$23.50^{b} \pm 0.05$	$2.07^{b} \pm 0.14$	$21.44^{b} \pm 0.12$
7	0	-1.414	40	10	$21.28^{e} \pm 0.05$	$1.38^{fg} \pm 0.11$	$19.91^{f} \pm 0.21$
8	0	+1.414	40	20	$22.98^{c} \pm 0.06$	$1.93^{bc} \pm 0.14$	$21.04^{c} \pm 0.10$
9	0	0	40	15	$21.93^{d} \pm 0.18$	$1.63^{de} \pm 0.16$	$20.30^{de} \pm 0.25$
10	0	0	40	15	$21.95^{d} \pm 0.14$	$1.65^{de} \pm 0.11$	$20.31^{de} \pm 0.15$
11	0	0	40	15	$22.10^{d} \pm 0.03$	$1.51^{ef} \pm 0.11$	$20.30^{d} \pm 0.10$

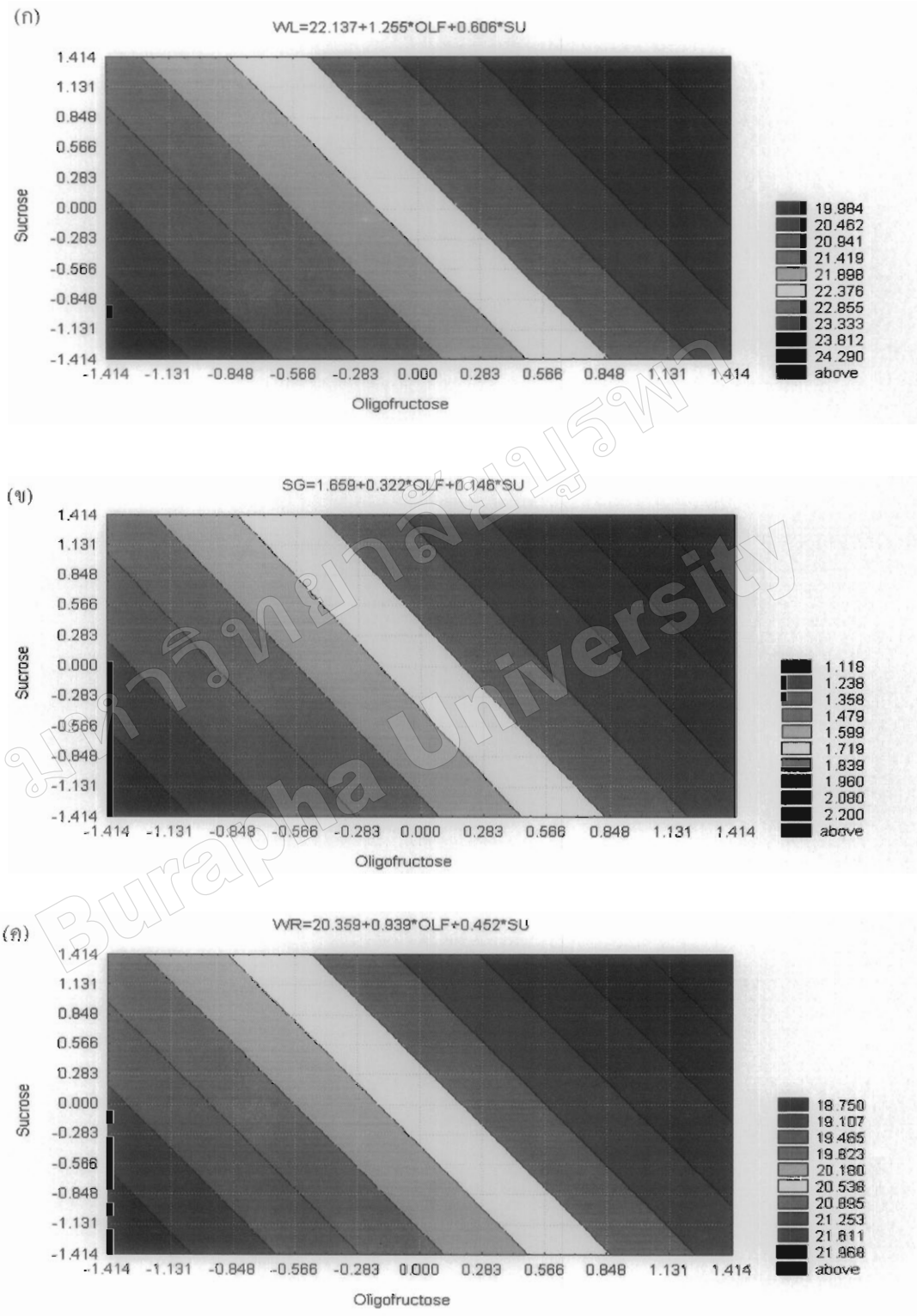
$^{a-g}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 4-6 สมการความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณน้ำที่สูญเสีย (WL) ปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้น (SG) และปริมาณน้ำหนักที่ลดลง (WR) ของกล้วยไข่หลังการออสโมซิส 6 ชั่วโมง กับความเข้มข้นของโอลิโกฟรุคโตส (OLF) และซูโครส (SU)

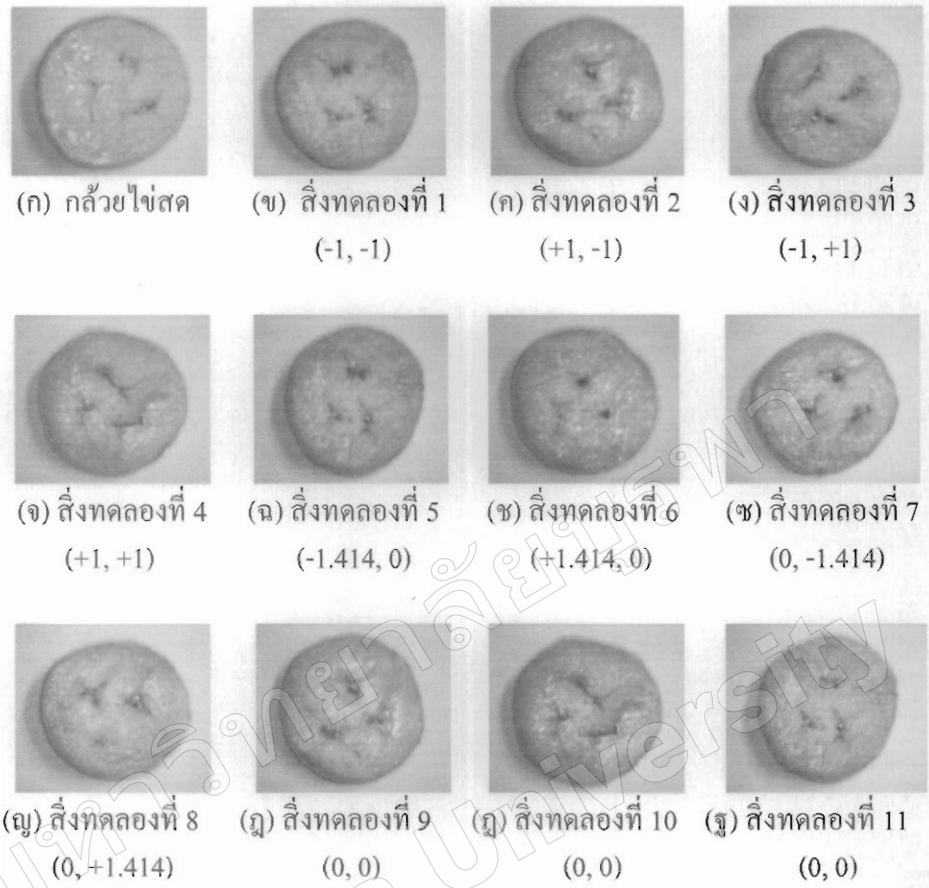
ค่าการถ่ายเทมวลสาร	สมการ	R^2	Model Significance	RMS (ร้อยละ)
WL	WL = 22.137 + 1.255 OLF + 0.606 SU	0.945	0.000	1.280
SG	SG = 1.659 + 0.322 OLF + 0.146 SU	0.839	0.001	8.876
WR	WR = 20.359 + 0.939 OLF + 0.452 SU	0.954	0.000	0.911

จากภาพที่ 4-6 พบว่า กล้วยไข่หลังการออสโมซิสทุกสิ่งทดลองมีลักษณะปรากฏไม่แตกต่างกันมากนัก สำหรับผลการทดลองด้านค่าสีในตารางที่ 4-7 พบว่า ความเข้มข้นของสารละลายโอลิโกฟรุคโตสและซูโครสมีผลทำให้ค่า L* a* และ b* ของกล้วยไข่หลังการออสโมซิสแตกต่างกัน ($p<0.05$) โดยมีค่า L* a* และ b* อยู่ในช่วง 62.29-73.68 8.91-12.02 และ 43.92-51.58 ตามลำดับ การใช้โอลิโกฟรุคโตสร่วมกับซูโครสในระดับสูง (+1, +1) ในสิ่งทดลองที่ 4 ทำให้กล้วยไข่หลังการออสโมซิสมีค่า L* และ b* สูงที่สุด แต่มีค่า a* ต่ำที่สุด ($p<0.05$) โดยมีค่า L* a* และ b* เท่ากับ 73.68 8.91 และ 51.58 ตามลำดับ ในขณะที่การใช้โอลิโกฟรุคโตสร่วมกับซูโครสในระดับต่ำ (-1, -1) ในสิ่งทดลองที่ 1 ทำให้กล้วยไข่หลังการออสโมซิสมีค่า L* และ b* ต่ำที่สุด แต่มีค่า a* สูงที่สุด ($p<0.05$) โดยมีค่า L* a* และ b* เท่ากับ 62.29 12.02 และ 43.92 ตามลำดับ เมื่อนำค่า a* และ b* มาคำนวณหาค่า Hue angle และ Chroma ได้ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4-8 พบว่า กล้วยไข่หลังการออสโมซิสมีค่า Hue angle อยู่ในช่วงร้อยละ 74.69-80.20 และมีค่า Chroma อยู่ในช่วง 45.53-52.34 การใช้โอลิโกฟรุคโตสร่วมกับซูโครสในระดับสูง (+1, +1) ในสิ่งทดลองที่ 4 ทำให้กล้วยไข่มีแนวโน้มค่า Hue angle และ Chroma ค่อนข้างสูง ซึ่งมีค่า Hue angle และ Chroma เท่ากับ 80.20 และ 52.34 ตามลำดับ และพบว่า กล้วยไข่หลังการออสโมซิสมีค่า ΔE อยู่ในช่วงร้อยละ 7.15-11.75



ภาพที่ 4-5 พื้นผิวการตอบสนองแสดงความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำที่สูญเสีย (WL) (ก) ปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้น (SG) (ข) และปริมาณน้ำหนักที่ลดลง (WR) (ค) ของกล้วยไข่หลังการออสโมซิส 6 ชั่วโมง กับความเข้มข้นของโอลิโกฟรุคโตสและซูโครส

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ 4-6 ลักษณะของชิ้นกล้วยไข่สด (ก) ลักษณะของกล้วยไข่หลังการออสโมซิสทั้ง 11 สิ่งทดลอง (ข)-(ฐ) เมื่อใช้สารละลายออสโมติกที่ได้จากการแปรความเข้มข้นของโอลิโกฟรุคโตส (30-50 กรัมต่อ 100 กรัม) และซูโครส (10-20 กรัมต่อ 100 กรัม) ร่วมกับการเติมโซเดียมคลอไรด์ 5 กรัมต่อ 100 กรัม (คำในวงเล็บ แสดงค่ารหัสความเข้มข้นของโอลิโกฟรุคโตส, ซูโครส)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 4-7 ค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีแดง (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ของกล้วยไข่หลังการออสโมซิส 6 ชั่วโมง เมื่อใช้สารละลายออสโมติกที่ได้จากการแปรความเข้มข้นของโอลิโกฟรุคโตส (30-50 กรัมต่อ 100 กรัม) และซูโครส (10-20 กรัมต่อ 100 กรัม) ร่วมกับการเติมโซเดียมคลอไรด์ 5 กรัมต่อ 100 กรัม

สิ่งทดลองที่	ค่ารหัส		ค่าจริง		ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	โอลิโกฟรุคโตส	ซูโครส	โอลิโกฟรุคโตส (กรัมต่อ 100 กรัม)	ซูโครส (กรัมต่อ 100 กรัม)	L*	a*	b*
1	-1	-1	33	12	$62.29^{f} \pm 0.42$	$12.02^{a} \pm 0.03$	$43.92^{g} \pm 0.77$
2	+1	-1	47	12	$70.73^{bc} \pm 0.45$	$8.81^{g} \pm 0.05$	$50.74^{b} \pm 0.20$
3	-1	+1	33	19	$68.15^{cde} \pm 0.12$	$10.20^{b} \pm 0.12$	$47.94^{d} \pm 0.11$
4	+1	+1	47	19	$73.68^{a} \pm 0.36$	$8.91^{e} \pm 0.02$	$51.58^{a} \pm 0.21$
5	-1.414	0	30	15	$66.96^{e} \pm 0.11$	$10.34^{b} \pm 0.06$	$45.15^{f} \pm 0.34$
6	+1.414	0	50	15	$72.35^{ab} \pm 0.46$	$9.24^{de} \pm 0.06$	$50.84^{b} \pm 0.13$
7	0	-1.414	40	10	$67.66^{de} \pm 0.22$	$9.93^{bc} \pm 0.05$	$46.91^{e} \pm 0.04$
8	0	+1.414	40	20	$72.23^{ab} \pm 0.07$	$9.44^{cd} \pm 0.06$	$50.89^{b} \pm 0.30$
9	0	0	40	15	$70.57^{bcd} \pm 0.14$	$9.45^{cd} \pm 0.11$	$48.99^{c} \pm 0.53$
10	0	0	40	15	$70.18^{bcd} \pm 0.02$	$9.83^{bc} \pm 0.05$	$48.50^{cd} \pm 0.26$
11	0	0	40	15	$70.30^{bcd} \pm 0.20$	$9.87^{bc} \pm 0.06$	$48.74^{c} \pm 0.10$

[a-g] หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 4-8 ค่าเฉดสี (Hue angle) ค่าความเข้มของสี (Chroma) และค่าการเปลี่ยนแปลงของสี (ΔE) เมื่อเปรียบเทียบกับกล้วยไข่สด ของกล้วยไข่หลังการออสโมซิส 6 ชั่วโมง เมื่อใช้สารละลายออสโมติกที่ได้จากการแปรความเข้มข้นของโอลิโกฟรุคโตส (30-50 กรัมต่อ 100 กรัม) และซูโครส (10-20 กรัมต่อ 100 กรัม) ร่วมกับการเติมโซเดียมคลอไรด์ 5 กรัมต่อ 100 กรัม

สิ่งทดลองที่	ค่ารหัส		ค่าจริง		ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	โอลิโกฟรุคโตส	ซูโครส	โอลิโกฟรุคโตส (กรัมต่อ 100 กรัม)	ซูโครส (กรัมต่อ 100 กรัม)	Hue angle	Chroma	ΔE
1	-1	-1	33	12	$74.69^{d} \pm 0.23$	$45.53^{c} \pm 0.25$	$10.66^{ab} \pm 0.22$
2	+1	-1	47	12	$79.06^{ab} \pm 0.02$	$51.68^{a} \pm 0.21$	$10.82^{ab} \pm 0.15$
3	-1	+1	33	19	$77.99^{bc} \pm 0.15$	$49.01^{bc} \pm 0.11$	$8.80^{bc} \pm 0.25$
4	+1	+1	47	19	$80.20^{a} \pm 0.04$	$52.34^{a} \pm 0.21$	$11.75^{a} \pm 0.13$
5	-1.414	0	30	15	$77.10^{c} \pm 0.15$	$46.32^{de} \pm 0.32$	$7.15^{c} \pm 0.19$
6	+1.414	0	50	15	$79.70^{ab} \pm 0.09$	$51.67^{a} \pm 0.12$	$10.86^{ab} \pm 0.09$
7	0	-1.414	40	10	$78.05^{bc} \pm 0.06$	$47.95^{cd} \pm 0.05$	$8.07^{c} \pm 0.14$
8	0	+1.414	40	20	$79.49^{ab} \pm 0.06$	$51.76^{a} \pm 0.41$	$10.91^{ab} \pm 0.17$
9	0	0	40	15	$79.08^{ab} \pm 0.07$	$49.89^{b} \pm 0.30$	$9.07^{bc} \pm 0.23$
10	0	0	40	15	$78.54^{abc} \pm 0.07$	$49.49^{bc} \pm 0.30$	$9.02^{bc} \pm 0.18$
11	0	0	40	15	$78.55^{abc} \pm 0.06$	$49.73^{bc} \pm 0.10$	$9.24^{bc} \pm 0.21$

$^{a-e}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ผลการวิเคราะห์ค่าความแน่นเนื้อของกล้วยไข่หลังการออสโมซิส แสดงดังตารางที่ 4-9 พบว่า ความเข้มข้นของโอลิโกฟรุคโตสและซูโครสมีผลทำให้ค่าความแน่นเนื้อของกล้วยไข่หลังการออสโมซิสแตกต่างกัน ($p<0.05$) โดยกล้วยไข่มีค่าความแน่นเนื้ออยู่ในช่วง 92.31-162.35 กรัม การใช้โอลิโกฟรุคโตสร่วมกับซูโครสในระดับสูง (+1, +1) ในสิ่งทดลองที่ 4 และการใช้โอลิโกฟรุคโตสในระดับกึ่งกลางร่วมกับซูโครสในระดับสูงที่สุด (0, +1.414) ในสิ่งทดลองที่ 8 ทำให้กล้วยไข่หลังการออสโมซิสมีค่าความแน่นเนื้อสูงที่สุด ($p<0.05$) คือ 155.69 และ 153.48 กรัม ตามลำดับ ในขณะที่การใช้โอลิโกฟรุคโตสร่วมกับซูโครสในระดับต่ำ (-1, -1) ในสิ่งทดลองที่ 1 และการใช้โอลิโกฟรุคโตสในระดับกึ่งกลางร่วมกับซูโครสในระดับต่ำที่สุด (0, -1.414) ในสิ่งทดลองที่ 7 มีแนวโน้มทำให้ค่าความแน่นเนื้อของกล้วยไข่ หลังการออสโมซิสค่อนข้างต่ำซึ่งมีค่าเท่ากับ 105.64 และ 112.51 กรัม ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของกล้วยไข่หลังการออสโมซิส แสดงดังตารางที่ 4-10 พบว่า ความเข้มข้นของโอลิโกฟรุคโตสและซูโครสมีผลทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของกล้วยไข่แตกต่างกัน ($p<0.05$) สารละลายออสโมติกก่อนการออสโมซิสมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดอยู่ในช่วง 50.00-71.00 องศาบริกซ์ สารละลายออสโมติกหลังการออสโมซิสมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดอยู่ในช่วง 21.50-28.50 องศาบริกซ์ และกล้วยไข่หลังการออสโมซิสมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 27.67-44.00 องศาบริกซ์ การใช้โอลิโกฟรุคโตสร่วมกับซูโครสในระดับสูง (+1, +1) ในสิ่งทดลองที่ 4 และการใช้โอลิโกฟรุคโตสในระดับกึ่งกลางร่วมกับซูโครสในระดับสูงที่สุด (0, +1.414) ในสิ่งทดลองที่ 6 ทำให้กล้วยไข่หลังการออสโมซิสมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดสูงที่สุด ($p<0.05$) คือ 44.00 และ 43.33 องศาบริกซ์ ตามลำดับ ในขณะที่การใช้โอลิโกฟรุคโตสร่วมกับซูโครสในระดับต่ำ (-1, -1) ในสิ่งทดลองที่ 1 การใช้โอลิโกฟรุคโตสในระดับต่ำร่วมกับซูโครสในระดับสูง (-1, +1) ในสิ่งทดลองที่ 3 และการใช้โอลิโกฟรุคโตสในระดับต่ำที่สุดร่วมกับการใช้ซูโครสในระดับกึ่งกลาง (-1.414, 0) ในสิ่งทดลองที่ 5 มีผลทำให้กล้วยไข่หลังการออสโมซิสมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต่ำที่สุด ($p<0.05$) คือ 27.67 28.17 และ 27.83 องศาบริกซ์ ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของกล้วยไข่หลังการออสโมซิส แสดงดังตารางที่ 4-10 พบว่า ความเข้มข้นของโอลิโกฟรุคโตสและซูโครสมีผลทำให้ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของกล้วยไข่แตกต่างกัน ($p<0.05$) โดยกล้วยไข่หลังการออสโมซิสมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดอยู่ในช่วง 13.47-16.22 กรัมต่อ 100 กรัม การใช้โอลิโกฟรุคโตสร่วมกับซูโครสในระดับสูง (+1, +1) ในสิ่งทดลองที่ 4 และการใช้โอลิโกฟรุคโตสในระดับกึ่งกลางร่วมกับซูโครสในระดับสูงที่สุด ในสิ่งทดลองที่ 8 (0, +1.414) ทำให้กล้วยไข่มีปริมาณน้ำตาลสูงที่สุด ($p<0.05$) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 16.14

และ 16.22 กรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ ในขณะที่การใช้โอลิโกฟรุคโตสร่วมกับซูโครสในระดับต่ำ (-1, -1) ในสิ่งทดลองที่ 1 และการใช้โอลิโกฟรุคโตสในระดับกึ่งกลางร่วมกับซูโครสในระดับต่ำที่สุด (0, -1.414) ในสิ่งทดลองที่ 7 ทำให้กล้วยไข่หลังการออสโมซิสมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดต่ำที่สุดไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 13.47 และ 13.58 กรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ

ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบของกล้วยไข่หลังการออสโมซิสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยวิธี 9-Point Hedonic Scale แสดงดังตารางที่ 4-11 พบว่า ความเข้มข้นของโอลิโกฟรุคโตสและซูโครสมีผลทำให้ได้รับคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมแตกต่างกัน ($p<0.05$) โดยคะแนนความชอบในแต่ละด้านอยู่ในช่วง 6.2-8.2 6.0-7.8 5.4-7.0 5.0-7.0 5.4-7.2 และ 5.0-7.4 ตามลำดับ ซึ่งหมายถึง มีความชอบอยู่ในระดับเฉย ๆ หรือบอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบถึงชอบมาก และพบว่า การใช้โอลิโกฟรุคโตสร่วมกับซูโครสในระดับสูง (+1, +1) ในสิ่งทดลองที่ 4 ทำให้กล้วยไข่หลังการออสโมซิสได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด ($p<0.05$)

จากเกณฑ์ในการคัดเลือกสิ่งทดลอง คือ เลือกสิ่งทดลองที่ทำให้มีค่าการถ่ายเทมวลสารสูงที่สุด โดยได้รับคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวมตั้งแต่ 6 ขึ้นไป (มีความชอบระดับชอบเล็กน้อยขึ้นไป) พบว่า สิ่งทดลองที่ 4 ที่มีการใช้โอลิโกฟรุคโตสร่วมกับซูโครสในระดับสูง (+1, +1) ซึ่งประกอบด้วยโอลิโกฟรุคโตส 47 กรัมต่อ 100 กรัม และซูโครส 19 กรัมต่อ 100 กรัม ร่วมกับการเติมโซเดียมคลอไรด์ 5 กรัมต่อ 100 กรัม มีความเหมาะสมที่สุดที่จะนำไปศึกษาในขั้นตอนต่อไป

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 4-9 ค่าความแน่นเนื้อของกล้วยไข่หลังการออสโมซิส 6 ชั่วโมง เมื่อใช้สารละลายออสโมติกที่ได้จากการแปรความเข้มข้นของโอลิโกฟรุคโตส (30-50 กรัมต่อ 100 กรัม) และซูโครส (10-20 กรัมต่อ 100 กรัม) ร่วมกับการเติมโซเดียมคลอไรด์ 5 กรัมต่อ 100 กรัม

สิ่งทดลองที่	ค่ารหัส		ค่าจริง		ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	โอลิโกฟรุคโตส	ซูโครส	โอลิโกฟรุคโตส (กรัมต่อ 100 กรัม)	ซูโครส (กรัมต่อ 100 กรัม)	ค่าความแน่นเนื้อ (กรัม)
1	-1	-1	33	12	$105.64^{g} \pm 1.95$
2	+1	-1	47	12	$137.71^{d} \pm 1.75$
3	-1	+1	33	19	$142.81^{c} \pm 1.09$
4	+1	+1	47	19	$155.69^{a} \pm 1.55$
5	-1.414	0	30	15	$121.79^{e} \pm 1.77$
6	+1.414	0	50	15	$147.32^{b} \pm 1.92$
7	0	-1.414	40	10	$112.51^{f} \pm 1.82$
8	0	+1.414	40	20	$153.48^{a} \pm 1.89$
9	0	0	40	15	$136.67^{d} \pm 1.58$
10	0	0	40	15	$136.27^{d} \pm 1.58$
11	0	0	40	15	$137.50^{d} \pm 1.12$

$^{a-g}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 4-10 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดและปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของกล้วยไข่หลังการออสโมซิส 6 ชั่วโมง เมื่อใช้สารละลายออสโมติกที่ได้จากการแปรความเข้มข้นของโอลิโกฟรุคโตส (30-50 กรัมต่อ 100 กรัม) และซูโครส (10-20 กรัมต่อ 100 กรัม) ร่วมกับการเติมโซเดียมคลอไรด์ 5 กรัมต่อ 100 กรัม

สิ่งทดลองที่	ค่ารหัส		ค่าจริง		ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน			
	โอลิโกฟรุคโตส	ซูโครส	โอลิโกฟรุคโตส (กรัมต่อ 100 กรัม)	ซูโครส (กรัมต่อ 100 กรัม)	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์)			ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (กรัมต่อ 100 กรัม)
					กล้วยไข่หลังการออสโมซิส	สารละลายออสโมติกก่อนการออสโมซิส	สารละลายออสโมติกหลังการออสโมซิส	
1	-1	-1	33	12	$27.67^{f} \pm 0.58$	$50.00^{h} \pm 0.58$	$22.17^{e} \pm 0.29$	$13.47^{f} \pm 0.07$
2	+1	-1	47	12	$35.33^{c} \pm 1.04$	$64.00^{d} \pm 0.76$	$27.83^{ab} \pm 0.29$	$14.20^{d} \pm 0.16$
3	-1	+1	33	19	$28.17^{f} \pm 1.26$	$57.00^{f} \pm 0.57$	$28.50^{a} \pm 0.50$	$15.88^{b} \pm 0.20$
4	+1	+1	47	19	$44.00^{a} \pm 0.50$	$71.00^{a} \pm 0.50$	$26.83^{c} \pm 0.76$	$16.14^{a} \pm 0.27$
5	-1.414	0	30	15	$27.83^{f} \pm 0.29$	$50.00^{h} \pm 0.57$	$21.50^{e} \pm 0.50$	$13.85^{e} \pm 0.12$
6	+1.414	0	50	15	$43.33^{a} \pm 0.29$	$70.00^{b} \pm 0.28$	$26.67^{c} \pm 0.58$	$15.96^{ab} \pm 0.30$
7	0	-1.414	40	10	$29.33^{e} \pm 0.58$	$55.00^{g} \pm 0.00$	$25.50^{d} \pm 0.29$	$13.58^{ef} \pm 0.18$
8	0	+1.414	40	20	$36.50^{b} \pm 0.87$	$65.00^{c} \pm 0.22$	$28.50^{a} \pm 0.87$	$16.22^{a} \pm 0.17$
9	0	0	40	15	$31.83^{d} \pm 0.29$	$60.00^{e} \pm 0.58$	$28.00^{ab} \pm 0.00$	$14.67^{c} \pm 0.03$
10	0	0	40	15	$32.00^{d} \pm 0.50$	$60.00^{e} \pm 0.20$	$28.00^{ab} \pm 0.57$	$14.69^{c} \pm 0.15$
11	0	0	40	15	$32.17^{d} \pm 0.29$	$60.00^{e} \pm 0.00$	$27.33^{bc} \pm 0.57$	$14.68^{c} \pm 0.20$

$^{a-h}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 4-11 คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ของกล้วยไข่หลังการออสโมซิส 6 ชั่วโมง เมื่อแปรความเข้มข้นของโอลิโกฟรุคโตส (30-50 กรัมต่อ 100 กรัม) และซูโครส (10-20 กรัมต่อ 100 กรัม) ร่วมกับการเติมโซเดียมคลอไรด์ 5 กรัมต่อ 100 กรัม

สิ่งทดลองที่	ค่ารหัส		ค่าจริง		คะแนนความชอบเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน					
	โอลิโกฟรุคโตส	ซูโครส	โอลิโกฟรุคโตส (กรัมต่อ 100 กรัม)	ซูโครส (กรัมต่อ 100 กรัม)	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่นรส	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
1	-1	-1	33	12	$6.4^{e} \pm 0.9$	$6.4^{cd} \pm 0.5$	$5.4^{d} \pm 0.8$	$5.0^{c} \pm 0.8$	$5.4^{f} \pm 0.8$	$5.2^{de} \pm 0.5$
2	+1	-1	47	12	$7.8^{abc} \pm 0.9$	$7.8^{a} \pm 0.8$	$7.0^{a} \pm 0.7$	$7.0^{a} \pm 0.8$	$6.4^{cd} \pm 0.5$	$6.8^{ab} \pm 0.7$
3	-1	+1	33	19	$7.0^{cde} \pm 0.8$	$6.4^{cd} \pm 0.8$	$5.6^{d} \pm 0.7$	$5.0^{c} \pm 0.8$	$6.0^{de} \pm 0.9$	$6.0^{bcd} \pm 0.9$
4	+1	+1	47	19	$8.0^{ab} \pm 0.5$	$7.8^{a} \pm 0.7$	$6.8^{ab} \pm 0.5$	$6.4^{abc} \pm 0.9$	$7.2^{a} \pm 0.8$	$7.4^{a} \pm 0.6$
5	-1.414	0	30	15	$6.2^{e} \pm 0.8$	$6.0^{d} \pm 0.7$	$5.8^{cd} \pm 0.8$	$5.4^{bc} \pm 0.7$	$5.4^{f} \pm 0.7$	$5.0^{e} \pm 0.8$
6	+1.414	0	50	15	$8.2^{a} \pm 0.8$	$7.8^{a} \pm 0.8$	$6.8^{ab} \pm 0.5$	$6.4^{abc} \pm 0.7$	$6.8^{abc} \pm 0.9$	$6.0^{bcd} \pm 0.8$
7	0	-1.414	40	10	$6.6^{de} \pm 0.9$	$6.4^{cd} \pm 0.8$	$5.6^{d} \pm 0.7$	$5.2^{bc} \pm 0.8$	$5.6^{ef} \pm 0.8$	$5.2^{de} \pm 0.7$
8	0	+1.414	40	20	$7.4^{abcd} \pm 0.8$	$7.6^{ab} \pm 0.9$	$6.8^{ab} \pm 0.8$	$6.6^{ab} \pm 0.9$	$7.0^{ab} \pm 0.8$	$6.2^{bc} \pm 0.9$
9	0	0	40	15	$6.6^{de} \pm 0.9$	$7.0^{abcd} \pm 0.5$	$6.4^{abc} \pm 0.7$	$6.2^{abc} \pm 0.8$	$6.0^{de} \pm 0.8$	$5.8^{cde} \pm 0.5$
10	0	0	40	15	$6.6^{de} \pm 0.9$	$7.2^{abc} \pm 0.5$	$6.4^{abc} \pm 0.9$	$6.2^{abc} \pm 0.7$	$5.8^{ef} \pm 0.7$	$5.8^{cde} \pm 0.6$
11	0	0	40	15	$6.8^{de} \pm 0.5$	$7.2^{abc} \pm 0.5$	$6.4^{abc} \pm 0.7$	$6.2^{abc} \pm 0.7$	$6.0^{de} \pm 0.9$	$5.8^{cde} \pm 0.7$

$^{a-f}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตอนที่ 3 ผลของการใช้สภาวะสุญญากาศในการเตรียมขั้นต้นก่อนการออสโมซิสต่อค่าการถ่ายเทมวลสารและคุณภาพของกล้วยไข่

จากการศึกษาผลของการใช้สภาวะสุญญากาศในการเตรียมขั้นต้นก่อนการออสโมซิส โดยนำกล้วยไข่มาเตรียมขั้นต้นในสภาวะสุญญากาศ โดยแปรระดับความดันสุญญากาศ 50 และ 100 มิลลิบาร์ และเวลาการสุญญากาศ 5 และ 10 นาที โดยตัวอย่างควบคุม คือ การไม่ใช้สภาวะสุญญากาศในการเตรียมขั้นต้น ออสโมซิสกล้วยไข่ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 ชั่วโมง โดยใช้สารละลายออสโมติกผสมระหว่างโอลิโกฟรุคโตส 47 กรัมต่อ 100 กรัม และซูโครส 19 กรัมต่อ 100 กรัม ที่มีการเติมโซเดียมคลอไรด์ 5 กรัมต่อ 100 กรัม ที่เลือกได้จากตอนที่ 2 เมื่อครบเวลานำกล้วยไข่หลังการออสโมซิสมาคำนวณค่าการถ่ายเทมวลสารและวิเคราะห์คุณภาพด้านต่าง ๆ ได้แก่ ค่าสี ความแน่นเนื้อ การเปลี่ยนแปลงปริมาตร การเปลี่ยนแปลงรูปร่าง โครงสร้างทางจุลภาค และคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยวิธี 9-Point Hedonic Scale ผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 4-7 ถึง 4-8 และตารางที่ 4-13 ถึง 4-17

เมื่อพิจารณาค่าการถ่ายเทมวลสารของกล้วยไข่หลังการออสโมซิส เมื่อแปรระดับความดันสุญญากาศและเวลาการสุญญากาศ แสดงดังตารางที่ 4-12 พบว่า การใช้สภาวะสุญญากาศทุกสภาวะในการเตรียมขั้นต้นก่อนการออสโมซิสมีผลทำให้ค่าการถ่ายเทมวลสาร ได้แก่ ค่า WL SG และ WR ของกล้วยไข่เพิ่มขึ้นมากกว่ากล้วยไข่ที่ไม่ผ่านการเตรียมขั้นต้นในสภาวะสุญญากาศ ($p<0.05$) โดยกล้วยไข่หลังการออสโมซิสที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นในสภาวะสุญญากาศมีค่า WL SG และ WR อยู่ในช่วงร้อยละ 25.24-27.48 2.48-2.58 และ 22.77-24.90 ตามลำดับ ในขณะที่กล้วยไข่หลังการออสโมซิสที่ไม่ผ่านการเตรียมขั้นต้นในสภาวะสุญญากาศมีค่า WL SG และ WR เท่ากับ ร้อยละ 24.02 2.37 และ 21.64 ตามลำดับ และหากพิจารณาสิ่งทดลองที่ใช้การเตรียมขั้นต้นในสภาวะสุญญากาศ จากผลการทดลองพบว่า การใช้ความดันสุญญากาศ 50 มิลลิบาร์ เป็นเวลา 10 นาที ในสิ่งทดลองที่ 3 ทำให้กล้วยไข่มีค่าการถ่ายเทมวลสารสูงที่สุด ($p<0.05$) โดยมีค่า WL SG และ WR เท่ากับ ร้อยละ 27.48 2.58 และ 24.90 ตามลำดับ ในขณะที่การใช้ความดันสุญญากาศ 100 มิลลิบาร์ เป็นเวลา 5 นาที ในสิ่งทดลองที่ 4 ทำให้กล้วยไข่มีค่าการถ่ายเทมวลสารต่ำที่สุด ($p<0.05$) ซึ่งมีค่า WL SG และ WR เท่ากับ ร้อยละ 25.24 2.48 และ 22.77 ตามลำดับ และพบว่า การใช้ความดันสุญญากาศ 50 มิลลิบาร์ เป็นเวลา 5 นาที ในสิ่งทดลองที่ 2 และการใช้ความดันสุญญากาศ 100 มิลลิบาร์ เป็นเวลา 10 นาที มีผลทำให้กล้วยไข่มีค่าการถ่ายเทมวลสารไม่แตกต่างกัน ($p\geq0.05$)

ตารางที่ 4-12 ปริมาณน้ำที่สูญเสีย (WL) ปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้น (SG) และปริมาณน้ำหนักที่ลดลง (WR) ของกล้วยไข่หลังการออสโมซิส เมื่อแปรระดับความดันสุญญากาศและเวลาการสุญญากาศในการเตรียมขั้นต้นก่อนการออสโมซิส

สิ่งทดลองที่	สภาวะสุญญากาศ		ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	ความดัน (มิลลิบาร์)	เวลา (นาที)	WL (ร้อยละ)	SG (ร้อยละ)	WR (ร้อยละ)
1	-	-	$24.02^{d} \pm 0.02$	$2.37^{c} \pm 0.05$	$21.64^{d} \pm 0.07$
2	50	5	$27.17^{b} \pm 0.07$	$2.52^{ab} \pm 0.02$	$24.65^{b} \pm 0.05$
3	50	10	$27.48^{a} \pm 0.03$	$2.58^{a} \pm 0.07$	$24.90^{a} \pm 0.09$
4	100	5	$25.24^{c} \pm 0.01$	$2.48^{b} \pm 0.05$	$22.77^{c} \pm 0.04$
5	100	10	$27.14^{b} \pm 0.07$	$2.55^{ab} \pm 0.04$	$24.59^{b} \pm 0.05$

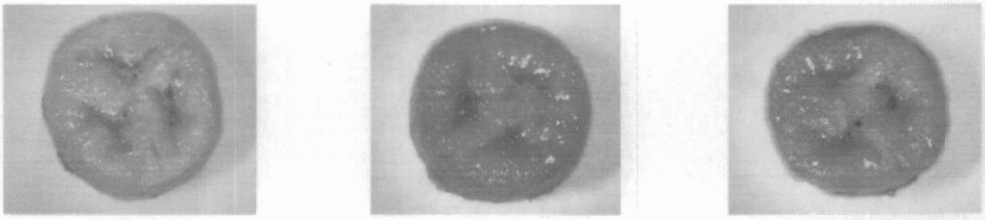
$^{a-d}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

- หมายถึง ไม่ใช้สภาวะสุญญากาศ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

จากภาพที่ 4-7 พบว่า กล้วยไข่หลังการออสโมซิสที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นในสภาวะสุญญากาศมีลักษณะช้ำเล็กน้อยและมีสีค่อนข้างเหลืองมากกว่ากล้วยไข่ที่ไม่ผ่านการเตรียมขั้นต้นในสภาวะสุญญากาศ อย่างไรก็ตามกล้วยไข่หลังการออสโมซิสที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นในสภาวะสุญญากาศทุกสิ่งทดลองยังคงมีรูปร่างเป็นชิ้นสมบูรณ์

จากตารางที่ 4-13 เมื่อนำมาวัดค่าสีโดยใช้เครื่องวัดสี พบว่า การเตรียมขั้นต้นในสภาวะสุญญากาศทำให้กล้วยไข่หลังการออสโมซิสมีค่า L* และ Hue angle ลดลง แต่มีค่า a* b*และ Chroma เพิ่มขึ้น ($p<0.05$) โดยกล้วยไข่หลังการออสโมซิสที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นในสภาวะสุญญากาศมีค่า L* 56.89-60.76 a* 9.42-10.94 b* 53.33-54.41 Hue angle 78.62-79.98 และ Chroma 54.15-55.50 ในขณะที่กล้วยไข่หลังการออสโมซิสที่ไม่ผ่านการเตรียมขั้นต้นในสภาวะสุญญากาศมีค่า L* a* b* Hue angle และ Chroma เท่ากับ 73.41 8.98 51.53 80.08 และ 52.11 ตามลำดับ หากพิจารณาสิ่งทดลองที่ใช้การเตรียมขั้นต้นในสภาวะสุญญากาศ พบว่า การใช้ความดันสุญญากาศ 50 มิลลิบาร์ เป็นเวลา 10 นาที ในสิ่งทดลองที่ 3 ทำให้กล้วยไข่หลังการออสโมซิสมีค่า L* และ Hue angle น้อยที่สุด แต่มีค่า a* และ Chroma มากที่สุด ($p<0.05$) ในขณะที่การใช้ความดันสุญญากาศ 100 มิลลิบาร์ เป็นเวลา 5 นาที ในสิ่งทดลองที่ 4 ทำให้กล้วยไข่หลังการออสโมซิสมีค่า L* และ Hue angle มากที่สุด แต่มีค่า a* และ Chroma น้อยที่สุด ($p<0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับค่า ΔE เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมที่ไม่ใช้สภาวะสุญญากาศที่พบว่า การใช้ความดันสุญญากาศ 100 มิลลิบาร์ เป็นเวลา 5 นาที มีผลทำให้กล้วยไข่หลังการออสโมซิสมีค่าการเปลี่ยนแปลงสี (12.82) น้อยที่สุด ($p<0.05$) อย่างไรก็ตามระดับความดันและเวลาการสุญญากาศในการเตรียมขั้นต้นก่อนการออสโมซิสมีผลทำให้กล้วยไข่หลังการออสโมซิสมีค่า b* ไม่แตกต่างกัน ($p\geq0.05$) และพบว่าการใช้ความดันสุญญากาศ 50 มิลลิบาร์ เป็นเวลา 5 นาที ในสิ่งทดลองที่ 2 และการใช้ความดันสุญญากาศ 100 มิลลิบาร์ เป็นเวลา 10 นาที ในสิ่งทดลองที่ 5 ทำให้กล้วยไข่หลังการออสโมซิสมีค่าสี L* a* b* Hue angle Chroma และ ΔE ไม่แตกต่างกัน ($p\geq0.05$)



(ก) สิ่งทดลองที่ 1 (ไม่ใช้สภาวะสุญญากาศ)

(ข) สิ่งทดลองที่ 2 (ความดัน 50 มิลลิบาร์ 5 นาที)

(ค) สิ่งทดลองที่ 3 (ความดัน 50 มิลลิบาร์ 10 นาที)

(ง) สิ่งทดลองที่ 4 (ความดัน 100 มิลลิบาร์ 5 นาที)

(จ) สิ่งทดลองที่ 5 (ความดัน 100 มิลลิบาร์ 10 นาที)

ภาพที่ 4-7 ลักษณะของชิ้นกล้วยไข่หลังการออสโมซิส เมื่อไม่ผ่านการเตรียมขั้นต้นในสภาวะสุญญากาศ (ก) และผ่านการเตรียมขั้นต้นในสภาวะสุญญากาศ เมื่อแปรระดับความดันสุญญากาศและเวลาการสุญญากาศ (ข)-(จ)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 4-13 ค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีแดง (a*) ค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ค่าเฉดสี (Hue angle) ค่าความเข้มของสี (Chroma) และค่าการเปลี่ยนแปลงของสี (ΔE) ของกล้วยไข่หลังการออสโมซิส เมื่อแปรระดับความดันสุญญากาศและเวลาการสุญญากาศในการเตรียมขั้นต้นก่อนการออสโมซิส

สิ่งทดลองที่	สภาวะสุญญากาศ		ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน					
	ความดัน (มิลลิบาร์)	เวลา (นาที)	L*	a*	b*	Hue angle	Chroma	$\Delta E^{\#}$
1	-	-	$73.41^{a} \pm 0.31$	$8.98^{c} \pm 0.10$	$51.33^{b} \pm 0.33$	$80.08^{a} \pm 0.14$	$52.11^{c} \pm 0.31$	-
2	50	5	$57.72^{c} \pm 0.02$	$10.23^{b} \pm 0.46$	$53.92^{a} \pm 0.86$	$79.25^{b} \pm 0.48$	$54.88^{ab} \pm 0.86$	$15.97^{a} \pm 0.28$
3	50	10	$56.89^{d} \pm 0.69$	$10.94^{a} \pm 0.17$	$54.41^{a} \pm 0.49$	$78.62^{c} \pm 0.06$	$55.50^{a} \pm 0.51$	$16.92^{a} \pm 0.98$
4	100	5	$60.76^{b} \pm 0.27$	$9.42^{c} \pm 0.33$	$53.33^{a} \pm 0.23$	$79.98^{a} \pm 0.32$	$54.15^{b} \pm 0.25$	$12.82^{b} \pm 0.55$
5	100	10	$57.69^{c} \pm 0.06$	$10.16^{b} \pm 0.49$	$54.02^{a} \pm 0.98$	$79.35^{b} \pm 0.33$	$54.97^{ab} \pm 1.05$	$16.01^{a} \pm 0.12$

$^{a-c}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

- หมายถึง ไม่ใช้สภาวะสุญญากาศ

$^{\#}$ หมายถึง คำนวณค่า ΔE เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมที่ไม่ใช้สภาวะสุญญากาศ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ผลการวิเคราะห์ค่าความแน่นเนื้อของกล้วยไข่หลังการใช้สภาวะสุญญากาศและหลังการออสโมซิส แสดงดังตารางที่ 4-14 พบว่า ระดับความดันและเวลาการสุญญากาศในการเตรียมขั้นต้นก่อนการออสโมซิสมีผลทำให้กล้วยไข่หลังการใช้สภาวะสุญญากาศมีค่าความแน่นเนื้อแตกต่างกัน ($p<0.05$) โดยกล้วยไข่หลังการใช้สภาวะสุญญากาศมีค่าความแน่นเนื้ออยู่ในช่วง 96.17-106.70 กรัม การเตรียมขั้นต้นในสภาวะสุญญากาศ 50 มิลลิบาร์ เป็นเวลา 10 นาที ในสิ่งทดลองที่ 3 ทำให้กล้วยไข่มีค่าความแน่นเนื้อน้อยที่สุด (96.17 กรัม) ($p<0.05$) ในขณะที่การเตรียมขั้นต้นในสภาวะสุญญากาศ 100 มิลลิบาร์ เป็นเวลา 5 นาที ในสิ่งทดลองที่ 4 ทำให้กล้วยไข่มีค่าความแน่นเนื้อมากที่สุด (106.70 กรัม) ($p<0.05$) เมื่อพิจารณาค่าความแน่นเนื้อของกล้วยไข่หลังการออสโมซิส พบว่า การไม่ใช้สภาวะสุญญากาศในการเตรียมขั้นต้นทำให้กล้วยไข่หลังการออสโมซิสมีค่าความแน่นเนื้อ (156.23 กรัม) มากกว่ากล้วยไข่หลังการออสโมซิสที่ผ่านการใช้สภาวะสุญญากาศในการเตรียมขั้นต้นทุกสิ่งทดลอง (59.39-66.77 กรัม) ($p<0.05$) จากผลการทดลองพบว่า ระดับความดันและเวลาการสุญญากาศมีผลทำให้ค่าความแน่นเนื้อของกล้วยไข่หลังการออสโมซิสลดลงแตกต่างกัน ($p\leq0.05$) โดยผลการทดลองมีแนวโน้มคล้ายกับค่าความแน่นเนื้อของกล้วยไข่หลังการใช้สภาวะสุญญากาศ คือ การเตรียมขั้นต้นในสภาวะสุญญากาศ 50 มิลลิบาร์ เป็นเวลา 10 นาที ในสิ่งทดลองที่ 3 มีค่าความแน่นเนื้อน้อยที่สุดเท่ากับ 59.39 กรัม ในขณะที่การเตรียมขั้นต้นในสภาวะสุญญากาศ 100 มิลลิบาร์ เป็นเวลา 5 นาที ในสิ่งทดลองที่ 4 มีค่าความแน่นเนื้อมากที่สุดเท่ากับ 75.35 กรัม และการเตรียมขั้นต้นในสภาวะสุญญากาศ 50 มิลลิบาร์ เป็นเวลา 5 นาที ในสิ่งทดลองที่ 2 และการเตรียมขั้นต้นในสภาวะสุญญากาศ 100 มิลลิบาร์ เป็นเวลา 10 นาที ในสิ่งทดลองที่ 5 ทำให้กล้วยไข่หลังการออสโมซิส มีค่าความแน่นเนื้อไม่แตกต่างกัน ($p\geq0.05$) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 66.77 และ 66.27 กรัม ตามลำดับ

ค่าการเปลี่ยนแปลงปริมาตรคำนวณได้จากสัดส่วนของปริมาตรของชิ้นกล้วยไข่หลังการใช้สุญญากาศหรือหลังการออสโมซิสและปริมาตรของชิ้นกล้วยไข่สด หากมีค่าเข้าใกล้ 1 มากหมายถึง กล้วยไข่หลังการใช้สุญญากาศหรือหลังการออสโมซิสมีการเปลี่ยนแปลงปริมาตรน้อย ผลการวิเคราะห์ค่าการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของกล้วยไข่หลังการใช้สภาวะสุญญากาศและหลังการออสโมซิส แสดงดังตารางที่ 4-15 พบว่า ระดับความดันและเวลาการสุญญากาศในการเตรียมขั้นต้นก่อนการออสโมซิสมีผลทำให้กล้วยไข่หลังการใช้สภาวะสุญญากาศมีการเปลี่ยนแปลงปริมาตรไป เมื่อเปรียบเทียบกับกล้วยไข่สด โดยมีค่าการเปลี่ยนแปลงปริมาตรอยู่ในช่วง 0.79-0.93 ($p<0.05$) การเตรียมขั้นต้นในสภาวะสุญญากาศ 50 มิลลิบาร์ เป็นเวลา 10 นาที ในสิ่งทดลองที่ 2 ทำให้กล้วยไข่หลังการใช้สภาวะสุญญากาศมีการเปลี่ยนแปลงปริมาตรมากที่สุด (0.79) ($p<0.05$) ในขณะที่การเตรียมขั้นต้นในสภาวะสุญญากาศ 100 มิลลิบาร์ เป็นเวลา 5 นาที ในสิ่งทดลองที่ 4

ทำให้กล้วยไข่หลังการใช้สุญญากาศมีการเปลี่ยนแปลงปริมาตรไม่แตกต่างจากสิ่งทดลองที่ 1 ที่ไม่เตรียมขั้นต้นในสภาวะสุญญากาศ ($p \geq 0.05$) ซึ่งมีค่าการเปลี่ยนแปลงปริมาตรเท่ากับ 0.93 และ 1.00 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของกล้วยไข่หลังการออสโมซิส พบว่า มีแนวโน้มคล้ายกับค่าการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของกล้วยไข่หลังการใช้สภาวะสุญญากาศ คือ การเตรียมขั้นต้นในสภาวะสุญญากาศ 50 มิลลิบาร์ เป็นเวลา 10 นาที ในสิ่งทดลองที่ 2 ทำให้กล้วยไข่หลังการออสโมซิสมีการเปลี่ยนแปลงปริมาตรมากที่สุด (0.62) ($p<0.05$) ในขณะที่การเตรียมขั้นต้นในสภาวะสุญญากาศ 100 มิลลิบาร์ เป็นเวลา 5 นาที ในสิ่งทดลองที่ 4 และการไม่เตรียมขั้นต้นในสภาวะสุญญากาศในสิ่งทดลองที่ 2 ทำให้กล้วยไข่หลังการออสโมซิสมีการเปลี่ยนแปลงปริมาตรน้อยที่สุด ($p<0.05$) ซึ่งมีค่าการเปลี่ยนแปลงปริมาตรเท่ากับ 0.75 และ 0.78 ตามลำดับ และพบว่าการใช้ความดันสุญญากาศ 50 มิลลิบาร์ เป็นเวลา 5 นาที ในสิ่งทดลองที่ 2 และการใช้ความดันสุญญากาศ 100 มิลลิบาร์ เป็นเวลา 10 นาที ในสิ่งทดลองที่ 5 มีผลทำให้กล้วยไข่หลังการออสโมซิสมีการเปลี่ยนแปลงปริมาตรไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.70 และ 0.68 ตามลำดับ

ค่าการเปลี่ยนแปลงรูปร่างคำนวณได้จากสัดส่วนของค่า Shape Factor ของชิ้นกล้วยไข่หลังการใช้สุญญากาศหรือหลังการออสโมซิสและ Shape Factor ของชิ้นกล้วยไข่สด หากมีค่าเข้าใกล้ 1 มาก หมายถึง กล้วยไข่หลังการใช้สุญญากาศหรือหลังการออสโมซิสมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างน้อย ผลการวิเคราะห์ค่าการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของกล้วยไข่หลังการใช้สภาวะสุญญากาศและหลังการออสโมซิส แสดงดังตารางที่ 4-16 พบว่า ระดับความดันและเวลาการสุญญากาศในการเตรียมขั้นต้นก่อนการออสโมซิสมีผลทำให้กล้วยไข่หลังการใช้สภาวะสุญญากาศมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างไปเมื่อเปรียบเทียบกับกล้วยไข่สด โดยมีค่าการเปลี่ยนแปลงรูปร่างอยู่ในช่วง 0.93-0.96 ($p<0.05$) การเตรียมขั้นต้นในสภาวะสุญญากาศ 50 มิลลิบาร์ เป็นเวลา 10 นาที ในสิ่งทดลองที่ 2 ทำให้กล้วยไข่หลังการใช้สภาวะสุญญากาศมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างมากที่สุด (0.93) ($p<0.05$) ในขณะที่การเตรียมขั้นต้นในสภาวะสุญญากาศ 100 มิลลิบาร์ เป็นเวลา 5 นาที ในสิ่งทดลองที่ 4 ทำให้กล้วยไข่หลังการใช้สุญญากาศมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างไม่แตกต่างจากสิ่งทดลองที่ 1 ที่ไม่เตรียมขั้นต้นในสภาวะสุญญากาศ ($p \geq 0.05$) ซึ่งมีค่าการเปลี่ยนแปลงรูปร่างเท่ากับ 0.98 และ 1.00 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของกล้วยไข่หลังการออสโมซิส พบว่า มีแนวโน้มคล้ายกับค่าการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของกล้วยไข่หลังการใช้สภาวะสุญญากาศ คือ การเตรียมขั้นต้นในสภาวะสุญญากาศ 50 มิลลิบาร์ เป็นเวลา 10 นาที ในสิ่งทดลองที่ 2 ทำให้กล้วยไข่หลังการออสโมซิสมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างมากที่สุด (0.84) ($p<0.05$) และพบว่า การใช้ความดันสุญญากาศ 50 มิลลิบาร์ เป็นเวลา 5 นาที ในสิ่งทดลองที่ 2 และการใช้ความดันสุญญากาศ 100 มิลลิบาร์ เป็นเวลา 10 นาที ในสิ่งทดลองที่ 5 มีผลทำให้กล้วยไข่หลังการออสโมซิสมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) ซึ่งมีค่าการเปลี่ยนแปลงรูปร่างเท่ากับ 0.88 และ 0.89 ตามลำดับ

ตารางที่ 4-14 ค่าความแน่นเนื้อของกล้วยไข่หลังการใช้สภาวะสุญญากาศและหลังการออสโมซิส เมื่อแปรระดับความดันสุญญากาศและเวลาการสุญญากาศในการเตรียมขั้นต้นก่อนการออสโมซิส

สิ่งทดลองที่	สภาวะสุญญากาศ		ค่าความแน่นเนื้อเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
	ความดัน (มิลลิบาร์)	เวลา (นาที)	หลังการใช้สภาวะสุญญากาศ (กรัม)	หลังการออสโมซิส (กรัม)
1	-	-	-	$156.23^{a} \pm 1.66$
2	50	5	$100.40^{b} \pm 0.95$	$66.77^{c} \pm 3.33$
3	50	10	$96.17^{c} \pm 1.95$	$59.39^{d} \pm 2.07$
4	100	5	$106.70^{a} \pm 1.62$	$75.35^{b} \pm 2.20$
5	100	10	$98.22^{bc} \pm 1.53$	$66.27^{c} \pm 3.67$

$^{a-c}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

- หมายถึง ไม่ใช้สภาวะสุญญากาศ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 4-15 การเปลี่ยนแปลงปริมาตร (Volume Change) ของกล้วยไข่หลังการใช้สภาวะสุญญากาศและหลังการออสโมซิส เมื่อแปรระดับความดันสุญญากาศและเวลาการสุญญากาศในการเตรียมขั้นต้นก่อนการออสโมซิส

สิ่งทดลองที่	สภาวะสุญญากาศ		ค่าการเปลี่ยนแปลงปริมาตรเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
	ความดัน (มิลลิบาร์)	เวลา (นาที)	หลังการใช้สภาวะสุญญากาศ	หลังการออสโมซิส
1	-	-	$1.00^{a} \pm 0.03$	$0.78^{a} \pm 0.06$
2	50	5	$0.85^{bc} \pm 0.03$	$0.70^{b} \pm 0.01$
3	50	10	$0.79^{c} \pm 0.04$	$0.62^{c} \pm 0.02$
4	100	5	$0.93^{ab} \pm 0.01$	$0.75^{a} \pm 0.02$
5	100	10	$0.86^{bc} \pm 0.07$	$0.68^{b} \pm 0.02$

$^{a-c}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

- หมายถึง ไม่ใช้สภาวะสุญญากาศ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 4- 16 การเปลี่ยนแปลงรูปร่าง (Shape Change) ของกล้วยไข่หลังการใช้สภาวะสุญญากาศและหลังการออสโมซิส เมื่อแปรระดับสุญญากาศและเวลาการสุญญากาศในการเตรียมขั้นต้นก่อนการออสโมซิส

สิ่งทดลองที่	สภาวะสุญญากาศ		ค่าการเปลี่ยนแปลงรูปร่างเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
	ความดัน (มิลลิบาร์)	เวลา (นาที)	หลังการใช้สภาวะสุญญากาศ	หลังการออสโมซิส
1	-	-	$1.00^{a} \pm 0.01$	$0.96^{a} \pm 0.03$
2	50	5	$0.96^{bc} \pm 0.01$	$0.88^{bc} \pm 0.03$
3	50	10	$0.93^{d} \pm 0.01$	$0.84^{c} \pm 0.02$
4	100	5	$0.98^{ab} \pm 0.02$	$0.92^{b} \pm 0.05$
5	100	10	$0.95^{c} \pm 0.01$	$0.89^{bc} \pm 0.02$

$^{a-c}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

- หมายถึง ไม่ใช้สภาวะสุญญากาศ

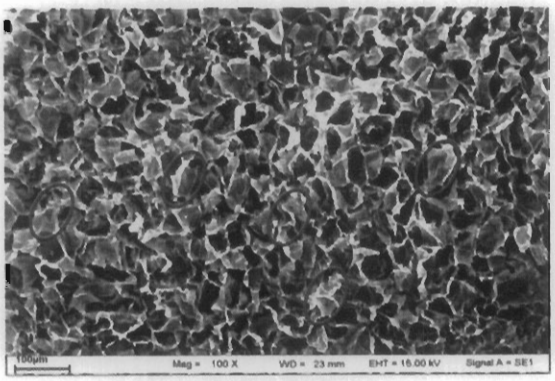
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

จากการนำกล้วยไข่สด กล้วยไข่หลังการออสโมซิสที่ไม่ผ่านการเตรียมขั้นต้นในสภาวะสุญญากาศและกล้วยไข่หลังการออสโมซิสที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นในสภาวะสุญญากาศ 50 มิลลิบาร์ เป็นเวลา 5 นาที มาวิเคราะห์โครงสร้างทางจุลภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด ซึ่งแสดงถึงโครงสร้างและรูปร่างของของผนังเซลล์ ผลการศึกษาลักษณะโครงสร้างทางจุลภาคของภาพตัดขวางของชิ้นกล้วยไข่ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด แสดงดังภาพที่ 4-8 พบว่า เซลล์กล้วยไข่หลังการออสโมซิสที่ไม่ผ่านและผ่านการเตรียมขั้นต้นในสภาวะสุญญากาศมีลักษณะแตกต่างจากลักษณะเซลล์กล้วยไข่สด โดยปกติเซลล์กล้วยไข่สดมีรูปร่างและขนาดค่อนข้างสม่ำเสมอ ผนังเซลล์ยังคงสมบูรณ์ เรียงและมีการเชื่อมต่อจากเซลล์หนึ่งไปอีกเซลล์หนึ่งอย่างเป็นระเบียบ ซึ่งจะสังเกตเห็นแผ่นเยื่อบาง ๆ ที่อยู่รอบผนังเซลล์ได้ชัดเจน (แสดงดังวงกลมสีแดงในภาพที่ 4-8 ก) เมื่อนำชิ้นกล้วยไข่มาออสโมซิสโดยไม่ผ่านการเตรียมขั้นต้นในสภาวะสุญญากาศ พบว่า ผนังเซลล์กล้วยไข่ถูกทำลายโดยแผ่นเยื่อดังกล่าวลดลงหรือหายไปค่อนข้างมาก (แสดงดังวงกลมสีแดงในภาพที่ 4-8 ข) จึงทำให้เซลล์มีรูปร่างและขนาดผิดปกติไปจากเซลล์กล้วยไข่สด ผนังเซลล์เกิดการหดตัว และบางส่วนเกิดการขยายตัวในแนวยาว ในขณะที่การเตรียมขั้นต้นในสภาวะสุญญากาศ 50 มิลลิบาร์ เป็นเวลา 5 นาที แล้วนำมาออสโมซิสต่อที่สภาวะบรรยากาศ สังเกตเห็นผนังเซลล์ถูกทำลายมากที่สุด โดยแผ่นเยื่อดังกล่าวลดลงหรือหายไปมากที่สุด (แสดงดังวงกลมสีแดงในภาพที่ 4-8 ค) จนสังเกตเห็นตำแหน่งภายในช่องว่างภายในเซลล์น้อยลง ผนังเซลล์และเซลล์ถูกทำลายจนปิดทับช่องว่างภายในเซลล์เป็นส่วนใหญ่

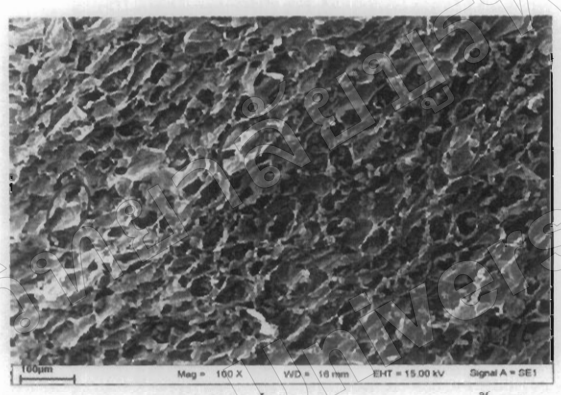
ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบของกล้วยไข่หลังการออสโมซิสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมโดยวิธี 9-Point Hedonic Scale แสดงดังตารางที่ 4-17 พบว่า กล้วยไข่หลังการออสโมซิสที่ผ่านและไม่ผ่านการเตรียมขั้นต้นในสภาวะสุญญากาศได้รับคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสและรสชาติไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) โดยได้รับคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสและรสชาติอยู่ในช่วง 5.6-6.7 และ 5.8-6.4 ซึ่งหมายถึงมีความชอบอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลางและอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย ตามลำดับ อย่างไรก็ตามกล้วยไข่หลังการออสโมซิสที่ผ่านและไม่ผ่านการเตรียมขั้นต้นในสภาวะสุญญากาศได้รับคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมแตกต่างกัน ($p<0.05$) โดยได้รับคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมอยู่ในช่วง 6.4-8.2 6.4-7.6 5.8-7.0 และ 5.9-6.7 ตามลำดับ ซึ่งหมายถึงมีความชอบอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบมาก และจากผลการทดลองพบว่า การเตรียมขั้นต้นในสภาวะสุญญากาศ 50 มิลลิบาร์ เป็นเวลา 10 นาที ในสิ่งทดลองที่ 3 ทำให้กล้วยไข่หลังการออสโมซิสได้รับคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมน้อยที่สุด ($p<0.05$)

จากเกณฑ์ในการคัดเลือกสิ่งทดลอง คือ เลือกสิ่งทดลองที่ทำให้มีค่าการถ่ายเทมวลสารสูงที่สุด โดยได้รับคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวมตั้งแต่ 6 ขึ้นไป (มีความชอบระดับชอบเล็กน้อยขึ้นไป) พบว่า การเตรียมขั้นต้นในสภาวะสุญญากาศ 50 มิลลิบาร์ เป็นเวลา 10 นาที ในสิ่งทดลองที่ 3 ทำให้กล้วยไข่หลังการออสโมซิสมีค่าการถ่ายเทมวลสารทุกค่าสูงที่สุด แต่ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมไม่เป็นไปตามเกณฑ์ในการคัดเลือกสิ่งทดลอง รวมถึงได้รับคะแนนความชอบด้านต่าง ๆ ต่ำ และเมื่อพิจารณาสิ่งทดลองที่ 2 ซึ่งเป็นการเตรียมขั้นต้นในสุญญากาศ 50 มิลลิบาร์ 5 นาที มีค่าการถ่ายเทมวลสารรองลงมา แต่ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมเป็นไปตามเกณฑ์รวมถึงได้รับคะแนนความชอบด้านต่าง ๆ มากกว่า ดังนั้นจึงเลือกสิ่งทดลองที่เตรียมขั้นต้นในสภาวะสุญญากาศ 50 มิลลิบาร์ เป็นเวลา 5 นาที เพื่อที่จะนำไปศึกษาในขั้นตอนต่อไป

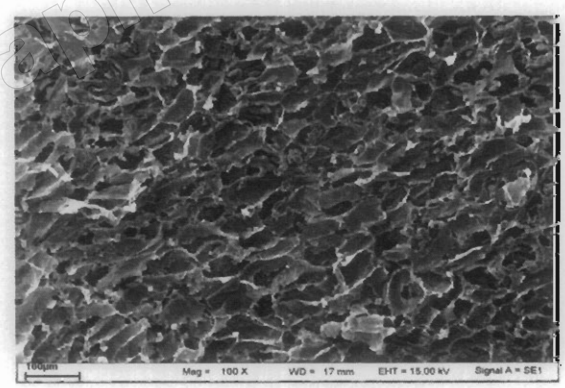
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



(ก) เซลล์กล้วยไข่สด



(ข) เซลล์กล้วยไข่หลังการออสโมซิสเมื่อไม่ผ่านการเตรียมขั้นต้นในสภาวะสุญญากาศ



(ค) เซลล์กล้วยไข่หลังการออสโมซิส
เมื่อผ่านการเตรียมขั้นต้นในสภาวะสุญญากาศ 50 มิลลิบาร์ เป็นเวลา 5 นาที

ภาพที่ 4-8 เซลล์กล้วยไข่สด (ก) เซลล์กล้วยไข่หลังการออสโมซิสเมื่อไม่ผ่านการเตรียมขั้นต้นในสภาวะสุญญากาศ (ข) และเซลล์กล้วยไข่หลังการออสโมซิสเมื่อผ่านการเตรียมขั้นต้นในสภาวะสุญญากาศ 50 มิลลิบาร์ เป็นเวลา 5 นาที (ค) จากกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราด กำลังขยาย 100X

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 4-17 คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของกล้วยไข่หลังการออสโมซิส เมื่อแปรระดับความดันสุญญากาศและเวลาการสุญญากาศในการเตรียมขั้นต้นก่อนการออสโมซิส

สิ่งทดลองที่	สภาวะสุญญากาศ		คะแนนความชอบเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน					
	ความดัน (มิลลิบาร์)	เวลา (นาที)	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่นรส^{ns}	รสชาติ^{ns}	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
1	-	-	$8.2^{a} \pm 0.8$	$7.6^{a} \pm 0.7$	6.7 ± 0.9	6.4 ± 0.9	$7.0^{a} \pm 0.8$	$6.7^{a} \pm 1.2$
2	50	5	$7.4^{b} \pm 0.9$	$6.9^{b} \pm 0.6$	6.6 ± 1.2	6.2 ± 1.0	$6.3^{bc} \pm 1.2$	$6.3^{abc} \pm 1.0$
3	50	10	$6.4^{c} \pm 1.3$	$6.4^{c} \pm 0.8$	5.6 ± 1.1	5.8 ± 0.7	$5.8^{c} \pm 1.0$	$5.9^{c} \pm 1.1$
4	100	5	$7.5^{b} \pm 0.8$	$7.1^{b} \pm 1.0$	6.6 ± 1.0	6.3 ± 1.0	$6.6^{ab} \pm 1.0$	$6.5^{ab} \pm 1.3$
5	100	10	$7.3^{b} \pm 1.1$	$7.0^{b} \pm 0.9$	6.5 ± 0.8	6.1 ± 1.1	$6.2^{bc} \pm 1.1$	$6.1^{bc} \pm 1.3$

$^{a-c}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$)

- หมายถึง ไม่ใช้สภาวะสุญญากาศ

Burapha University มหาวิทยาลัยบูรพา

ตอนที่ 4 ผลของการเสริมแร่ธาตุในสารละลายออสโมติกต่อค่าการถ่ายเทมวลสารและคุณภาพของกล้วยไข่

จากการศึกษาผลของการเสริมเหล็กและแคลเซียมในกล้วยไข่ โดยนำกล้วยไข่มาแช่ในสารละลายออสโมติกซึ่งเป็นสารละลายผสมระหว่างโอลิโกฟรุคโตส 47 กรัมต่อ 100 กรัม ซูโครส 19 กรัมต่อ 100 และโซเดียมคลอไรด์ 5 กรัมต่อ 100 กรัม ที่มีการเติมเหล็กในรูปไอรอนกลูโคเนต ความเข้มข้น 0-2 กรัมต่อ 100 กรัม และแคลเซียมในรูปของแคลเซียมแลคเตทความเข้มข้น 0-2 กรัมต่อ 100 กรัม ลงในสารละลายออสโมติก และตัวอย่างควบคุม คือ การไม่เติมไอรอนกลูโคเนตและแคลเซียมแลคเตท ใช้สภาวะสุญญากาศในการเตรียมขั้นต้น 50 มิลลิบาร์ เป็นเวลา 5 นาที ตามที่เลือกได้จากตอนที่ 3 เมื่อครบเวลานำกล้วยไข่หลังการออสโมซิสมาคำนวณค่าการถ่ายเทมวลสาร และวิเคราะห์คุณภาพด้านต่าง ๆ ได้แก่ ค่าสี ค่าความแน่นเนื้อ ปริมาณเหล็กและแคลเซียม ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายออสโมติก และคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยวิธี 9-Point Hedonic Scale ผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 4-9 และตารางที่ 4-18 ถึง 4-23

เมื่อพิจารณาค่าการถ่ายเทมวลสารของกล้วยไข่หลังการออสโมซิส เมื่อแปรความเข้มข้นของไอรอนกลูโคเนตและแคลเซียมแลคเตท ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4-18 พบว่า สิ่งทดลองที่มีการแปรความเข้มข้นการใช้ไอรอนกลูโคเนตและแคลเซียมแลคเตทมีค่าการถ่ายเทมวลสาร ได้แก่ ค่า WL SG และ WR แตกต่างกัน ($p<0.05$) การเติมไอรอนกลูโคเนตและแคลเซียมแลคเตทในสารละลายออสโมติกมีผลทำให้ค่าการถ่ายเทมวลสารทุกค่าของกล้วยไข่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับการไม่เติมไอรอนกลูโคเนตและแคลเซียมแลคเตทในสารละลายออสโมติก โดยการเติมไอรอนกลูโคเนตและแคลเซียมแลคเตททำให้กล้วยไข่มีค่า WL SG และ WR อยู่ในช่วงร้อยละ 27.32-28.04 2.67-3.30 และ 24.65-25.02 ตามลำดับ ในขณะที่การไม่เติมไอรอนกลูโคเนตและแคลเซียมแลคเตทมีค่า WL SG และ WR เท่ากับ ร้อยละ 27.18 2.54 และ 24.65 ตามลำดับ การเติมไอรอนกลูโคเนต 2 กรัมต่อ 100 กรัม ร่วมกับแคลเซียมแลคเตท 2 กรัมต่อ 100 กรัม ในสารละลายออสโมติกสำหรับสิ่งทดลองที่ 5 ทำให้กล้วยไข่มีค่า WL SG และ WR สูงที่สุด ($p<0.05$) ซึ่งมีค่าเท่ากับ ร้อยละ 28.32 3.30 และ 25.02 ตามลำดับ

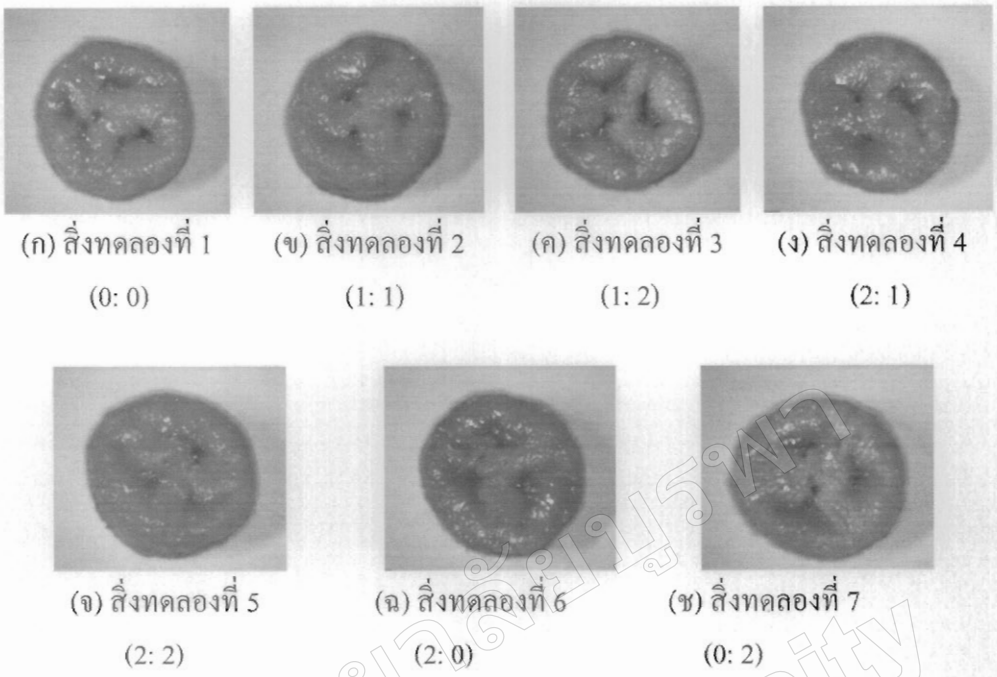
ตารางที่ 4-18 ค่าปริมาณน้ำที่สูญเสีย (WL) ปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้น (SG) และปริมาณน้ำหนักที่ลดลง (WR) ของกล้วยไข่หลังการออสโมซิส เมื่อใช้สารละลายออสโมติกที่ได้จากการแปรความเข้มข้นของไอรอนกลูโคเนต (0-2 กรัมต่อ 100 กรัม) และแคลเซียมแลคเตท (0-2 กรัมต่อ 100 กรัม)

สิ่งทดลองที่	ไอรอนกลูโคเนต (กรัมต่อ 100 กรัม)	แคลเซียมแลคเตท (กรัมต่อ 100 กรัม)	ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
			WL (ร้อยละ)	SG (ร้อยละ)	WR (ร้อยละ)
1	0	0	$27.18^{d} \pm 0.16$	$2.54^{e} \pm 0.04$	$24.65^{c} \pm 0.13$
2	1	1	$27.54^{c} \pm 0.06$	$2.82^{c} \pm 0.07$	$24.71^{bc} \pm 0.02$
3	1	2	$27.86^{b} \pm 0.02$	$3.20^{ab} \pm 0.10$	$24.84^{b} \pm 0.06$
4	2	1	$28.04^{b} \pm 0.11$	$3.16^{b} \pm 0.11$	$24.70^{bc} \pm 0.09$
5	2	2	$28.32^{a} \pm 0.18$	$3.30^{a} \pm 0.07$	$25.02^{a} \pm 0.14$
6	2	0	$27.35^{cd} \pm 0.06$	$2.67^{d} \pm 0.01$	$24.65^{c} \pm 0.02$
7	0	2	$27.32^{d} \pm 0.06$	$2.70^{cd} \pm 0.05$	$24.65^{c} \pm 0.05$

$^{a-e}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

จากภาพที่ 4-9 พบว่า การเติมไอรอนกลูโคเนตและแคลเซียมแลคเตทลงในสารละลายออสโมติกทำให้กล้วยไข่หลังการออสโมซิสมีลักษณะปรากฏด้านสีไม่แตกต่างจากกล้วยไข่หลังการออสโมซิสที่ไม่เติมไอรอนกลูโคเนตและแคลเซียมแลคเตทมากนัก เมื่อนำมาวัดค่าสีโดยใช้เครื่องวัดสี ผลการวิเคราะห์ค่าสีของกล้วยไข่หลังการออสโมซิส แสดงดังตารางที่ 4-19 พบว่า ความเข้มข้นของไอรอนกลูโคเนตและแคลเซียมแลคเตทมีผลทำให้ค่าสี L* a* b* Hue angle และ Chroma แตกต่างจากกล้วยไข่ที่ไม่มีการเติมแร่ธาตุ ($p<0.05$) โดยการเติมไอรอนกลูโคเนต และแคลเซียมแลคเตททำให้กล้วยไข่หลังการออสโมซิสมีค่า L* 57.58-60.47 a* 10.06-13.22 b* 47.57-55.76 Hue angle 74.47-79.77 และ Chroma 49.38-56.66 ในขณะที่การไม่เติมแร่ธาตุในสารละลายออสโมติกมีค่า L* 57.69 a* 10.27 b* 53.72 Hue angle 79.18 และ Chroma 54.69 การเติมไอรอนกลูโคเนตในสารละลายออสโมติกในสิ่งทดลองที่ 2-6 ทำให้กล้วยไข่หลังการออสโมซิสมีค่า a* เพิ่มขึ้น ($p<0.05$) การเติมไอรอนกลูโคเนต 2 กรัมต่อ 100 กรัม เพียงอย่างเดียว ในสิ่งทดลองที่ 6 ทำให้กล้วยไข่หลังการออสโมซิสมีค่า ΔE มากที่สุด และการเติมแคลเซียมแลคเตท 2 กรัมต่อ 100 กรัม เพียงอย่างเดียว ในสิ่งทดลองที่ 7 ทำให้กล้วยไข่หลังการออสโมซิสมีค่า a* ต่ำที่สุด และมีค่า L* b* Hue angle Chroma และ ΔE สูงที่สุด ($p<0.05$)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ 4-9 ลักษณะของชิ้นกล้วยไข่หลังการออสโมซิสทั้ง 7 สิ่งทดลอง (ก)-(ช) เมื่อใช้สารละลายออสโมติกที่ได้จากการแปรความเข้มข้นของไอรอนกลูโคเนต (0-2 กรัมต่อ 100 กรัม) และแคลเซียมแลคเตท (0-2 กรัมต่อ 100 กรัม) (ค่าในวงเล็บ แสดงค่าความเข้มข้นของไอรอนกลูโคเนต: แคลเซียมแลคเตท)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 4-19 ค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีแดง (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ค่าเฉดสี (Hue angle) ค่าความเข้มของสี (Chroma) และค่าการเปลี่ยนแปลงของสี (ΔE) ของกล้วยไข่หลังการออสโมซิส เมื่อใช้สารละลายออสโมติกที่ได้จากการแปรความเข้มข้นของไอรอนกลูโคเนต (0-2 กรัมต่อ 100 กรัม) และแคลเซียมแลคเตท (0-2 กรัมต่อ 100 กรัม)

สิ่งทดลองที่	ไอรอนกลูโคเนต (กรัมต่อ 100 กรัม)	แคลเซียมแลคเตท (กรัมต่อ 100 กรัม)	ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน					
			L*	a*	b*	Hue angle	Chroma	$\Delta E^{\#}$
1	0	0	$57.69^{e} \pm 0.11$	$10.27^{d} \pm 0.05$	$53.72^{b} \pm 0.20$	$79.18^{b} \pm 0.09$	$54.69^{b} \pm 0.19$	-
2	1	1	$58.33^{d} \pm 0.13$	$11.29^{c} \pm 0.20$	$51.44^{d} \pm 0.27$	$77.62^{c} \pm 0.25$	$52.66^{d} \pm 0.23$	$2.64^{d} \pm 0.15$
3	1	2	$59.79^{b} \pm 0.51$	$11.22^{c} \pm 0.23$	$52.73^{c} \pm 0.06$	$77.90^{c} \pm 0.25$	$53.91^{c} \pm 0.10$	$2.54^{d} \pm 0.14$
4	2	1	$57.33^{e} \pm 0.07$	$12.51^{b} \pm 0.12$	$49.77^{e} \pm 0.23$	$75.89^{d} \pm 0.08$	$51.32^{e} \pm 0.23$	$4.57^{b} \pm 0.27$
5	2	2	$59.15^{c} \pm 0.35$	$11.47^{c} \pm 0.41$	$53.57^{b} \pm 0.08$	$77.91^{c} \pm 0.48$	$54.79^{b} \pm 0.08$	$2.02^{e} \pm 0.10$
6	2	0	$57.58^{e} \pm 0.19$	$13.22^{a} \pm 0.41$	$47.57^{f} \pm 0.24$	$74.47^{e} \pm 0.41$	$49.38^{f} \pm 0.31$	$6.83^{a} \pm 0.25$
7	0	2	$60.47^{a} \pm 0.36$	$10.06^{d} \pm 0.20$	$55.76^{a} \pm 0.54$	$79.77^{a} \pm 0.30$	$56.66^{a} \pm 0.50$	$3.47^{c} \pm 0.22$

$^{a-f}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

$^{\#}$ หมายถึง คำนวณค่า ΔE เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมที่ไม่มีการเติมไอรอนกลูโคเนตและแคลเซียมแลคเตท

ผลการวิเคราะห์ค่าความแน่นเนื้อของกล้วยไข่หลังการออสโมซิส แสดงดังตารางที่ 4-20 พบว่า การเติมแคลเซียมแลคเตทมีผลทำให้กล้วยไข่หลังการออสโมซิสมีค่าความแน่นเนื้อมากกว่าการเติมไอรอนกลูโคเนต ($p<0.05$) การเติมแคลเซียมแลคเตทในระดับสูงที่สุด คือ 2 กรัมต่อ 100 กรัม ในสิ่งทดลองที่ 3 5 และ 7 ทำให้กล้วยไข่หลังการออสโมซิสมีค่าความแน่นเนื้อสูงที่สุด ($p<0.05$) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 97.98 97.39 และ 98.88 กรัม ตามลำดับ ในขณะที่การเติมไอรอนกลูโคเนตความเข้มข้น 2 กรัมต่อ 100 กรัม เพียงอย่างเดียว ในสิ่งทดลองที่ 6 ทำให้กล้วยไข่หลังการออสโมซิสมีค่าความแน่นเนื้อไม่แตกต่างกับกล้วยไข่หลังการออสโมซิสที่ไม่มีการเติมแร่ธาตุในสารละลายออสโมติกในสิ่งทดลองที่ 1 ($p<0.05$)

ตารางที่ 4-20 ค่าความแน่นเนื้อของกล้วยไข่หลังการออสโมซิส เมื่อใช้สารละลายออสโมติกที่ได้จากการแปรความเข้มข้นของไอรอนกลูโคเนต (0-2 กรัมต่อ 100 กรัม) และแคลเซียมแลคเตท (0-2 กรัมต่อ 100 กรัม)

สิ่งทดลองที่	ไอรอนกลูโคเนต (กรัมต่อ 100 กรัม)	แคลเซียมแลคเตท (กรัมต่อ 100 กรัม)	ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความแน่นเนื้อ (กรัม)
1	0	0	$66.94^{c} \pm 1.15$
2	1	1	$78.17^{b} \pm 0.82$
3	1	2	$97.98^{a} \pm 0.18$
4	2	1	$77.28^{b} \pm 1.26$
5	2	2	$97.39^{a} \pm 0.28$
6	2	0	$67.04^{c} \pm 1.40$
7	0	2	$98.88^{a} \pm 0.60$

$^{a-c}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณเหล็กและแคลเซียมของกล้วยไข่หลังการออสโมซิส แสดงดังตารางที่ 4-21 พบว่า การเพิ่มความเข้มข้นของไอรอนกลูโคเนตและแคลเซียมแลคเตทมีแนวโน้มทำให้กล้วยไข่หลังการออสโมซิสมีปริมาณเหล็กและแคลเซียมเพิ่มขึ้น ($p<0.05$) การเติมไอรอนกลูโคเนต 2 กรัมต่อ 100 กรัม ร่วมกับแคลเซียมแลคเตท 2 กรัมต่อ 100 กรัม ในสิ่งทดลองที่ 5 ทำให้กล้วยไข่หลังการออสโมซิสมีปริมาณเหล็กและแคลเซียมสูงที่สุดเท่ากับ 22.94 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม และ 31.34 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ ($p<0.05$)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 4-21 ปริมาณเหล็กและปริมาณแคลเซียมของกล้วยไข่หลังการออสโมซิส เมื่อใช้สารละลายออสโมติกที่ได้จากการแปรความเข้มข้นของไอรอนกลูโคเนต (0-2 กรัมต่อ 100 กรัม) และแคลเซียมแลคเตท (0-2 กรัมต่อ 100 กรัม)

สิ่งทดลองที่	ไอรอนกลูโคเนต (กรัมต่อ 100 กรัม)	แคลเซียมแลคเตท (กรัมต่อ 100 กรัม)	ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
			ปริมาณเหล็ก (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม)	ปริมาณแคลเซียม (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม)
1	0	0	$0.56^{c} \pm 0.03$	$3.43^{c} \pm 0.03$
2	1	1	$9.69^{b} \pm 0.04$	$12.12^{b} \pm 0.03$
3	1	2	$9.77^{b} \pm 0.04$	$31.31^{a} \pm 0.03$
4	2	1	$22.88^{a} \pm 0.08$	$12.24^{b} \pm 0.03$
5	2	2	$22.94^{a} \pm 0.06$	$31.34^{a} \pm 0.03$
6	2	0	$22.87^{a} \pm 0.06$	$3.67^{c} \pm 0.03$
7	0	2	$0.60^{c} \pm 0.03$	$30.88^{a} \pm 0.03$

$^{a-c}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ผลการวิเคราะห์ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายออสโมซิสก่อนและหลังการออสโมซิส แสดงดังตารางที่ 4-22 พบว่า เมื่อเติมไอรอนกลูโคเนตและแคลเซียมแลคเตทในสารละลายออสโมติกมีผลทำให้ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายออสโมติกก่อนการออสโมซิส (233.83-387.00 ไมโครซีเมนต์) มากกว่าค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายออสโมติกที่ไม่เติมไอรอนกลูโคเนตและแคลเซียมแลคเตท (186.67 ไมโครซีเมนต์) ($p<0.05$) และพบว่า ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายออสโมติกหลังการออสโมซิสทุกสิ่งทดลองมีค่าต่ำกว่าค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายออสโมติกก่อนการออสโมซิส ($p<0.05$) โดยค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายออสโมติกที่มีการเติมไอรอนกลูโคเนต 2 กรัมต่อ 100 กรัม ร่วมกับแคลเซียมแลคเตท 2 กรัมต่อ 100 กรัม ทั้งก่อนและหลังการออสโมซิสมีค่าการนำไฟฟ้าสูงกว่าค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายออสโมติกที่ไม่มีการเติมไอรอนกลูโคเนตและแคลเซียมแลคเตท ($p<0.05$)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 4-22 ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายออสโมติกก่อนและหลังการออสโมซิสกล้วยไข่เมื่อใช้สารละลายออสโมติกที่ได้จากการแปรความเข้มข้นของไอรอนกลูโคเนต (0-2 กรัมต่อ 100 กรัม) และแคลเซียมแลคเตท (0-2 กรัมต่อ 100 กรัม)

สิ่งทดลองที่	ไอรอนกลูโคเนต (กรัมต่อ 100 กรัม)	แคลเซียมแลคเตท (กรัมต่อ 100 กรัม)	ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
			ก่อนออสโมซิส (ไมโครซีเมนต์)	หลังออสโมซิส (ไมโครซีเมนต์)
1	0	0	$186.67^{d} \pm 2.52$	$155.67^{d} \pm 1.53$
2	1	1	$235.17^{c} \pm 1.76$	$195.00^{c} \pm 2.00$
3	1	2	$325.33^{b} \pm 0.58$	$244.50^{b} \pm 1.32$
4	2	1	$328.00^{b} \pm 1.00$	$246.00^{b} \pm 2.64$
5	2	2	$387.00^{a} \pm 1.53$	$285.33^{a} \pm 1.15$
6	2	0	$233.83^{c} \pm 2.02$	$194.33^{c} \pm 2.08$
7	0	2	$237.00^{c} \pm 2.64$	$192.67^{c} \pm 2.52$

$^{a-d}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบของกล้วยไข่หลังการออสโมซิสในด้านปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมโดยวิธี 9-Point Hedonic Scale แสดงดังตารางที่ 4-23 พบว่า การเติมไอรอนกลูโคเนตและแคลเซียมแลคเตทมีผลทำให้กล้วยไข่หลังการออสโมซิสได้รับคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมแตกต่างกัน ($p<0.05$) แต่ไม่มีผลต่อคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสและรสชาติ ($p\geq0.05$) โดยกล้วยไข่หลังการออสโมซิสทุกสิ่งทดลองได้รับคะแนนความชอบในด้านลักษณะปรากฏ (7.4-8.3) สี (7.0-8.1) กลิ่นรส (6.3-6.8) รสชาติ (6.4-6.8) เนื้อสัมผัส (6.3-7.5) และความชอบโดยรวม (6.4-7.5) อยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบมาก และพบว่า การเติมไอรอนกลูโคเนต 2 กรัมต่อ 100 กรัม และแคลเซียมแลคเตท 2 กรัมต่อ 100 กรัม ในสิ่งทดลองที่ 5 มีผลทำให้กล้วยไข่หลังการออสโมซิสได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด ($p<0.05$) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 7.5 คะแนน ซึ่งหมายถึง มีความชอบอยู่ในระดับชอบปานกลาง

จากเกณฑ์ในการคัดเลือกสิ่งทดลอง คือ เลือกสิ่งทดลองที่ทำให้มีปริมาณเหล็กและแคลเซียมสูงที่สุด โดยได้รับคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวมตั้งแต่ 6 ขึ้นไป (มีความชอบระดับชอบเล็กน้อยขึ้นไป) พบว่า สิ่งทดลองที่ 5 ที่มีการเติมไอรอนกลูโคเนต 2 กรัมต่อ 100 กรัม ร่วมกับแคลเซียมแลคเตท 2 กรัมต่อ 100 กรัม ในสารละลายออสโมติกมีความเหมาะสมที่สุดที่จะนำไปศึกษาในขั้นตอนต่อไป

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 4-23 คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ของกล้วยไข่หลังการออสโมซิส เมื่อใช้สารละลายออสโมติกที่ได้จากการแปรความเข้มข้นของไอรอนกลูโคเนต (0-2 กรัมต่อ 100 กรัม) และแคลเซียมแลคเตท (0-2 กรัมต่อ 100 กรัม)

สิ่งทดลองที่	ไอรอนกลูโคเนต (กรัมต่อ 100 กรัม)	แคลเซียมแลคเตท (กรัมต่อ 100 กรัม)	คะแนนความชอบเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน					
			ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่นรส^{ns}	รสชาติ^{ns}	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
1	0	0	$7.4^{b} \pm 1.3$	$7.0^{d} \pm 1.2$	6.8 ± 0.8	6.4 ± 1.2	$6.3^{d} \pm 0.7$	$6.4^{d} \pm 0.9$
2	1	1	$8.1^{a} \pm 0.7$	$7.5^{bcd} \pm 0.8$	6.5 ± 0.8	6.7 ± 1.0	$6.9^{bc} \pm 1.0$	$7.3^{ab} \pm 0.8$
3	1	2	$8.2^{a} \pm 0.8$	$7.7^{ab} \pm 1.1$	6.5 ± 1.1	6.7 ± 0.8	$7.2^{ab} \pm 1.0$	$7.0^{abc} \pm 0.9$
4	2	1	$7.9^{a} \pm 0.8$	$7.1^{cd} \pm 1.2$	6.4 ± 0.7	6.5 ± 1.0	$6.7^{bcd} \pm 1.5$	$6.9^{bcd} \pm 1.0$
5	2	2	$8.2^{a} \pm 0.7$	$7.5^{bc} \pm 0.9$	6.5 ± 1.1	6.6 ± 0.9	$7.2^{ab} \pm 1.0$	$7.5^{a} \pm 1.1$
6	2	0	$7.4^{b} \pm 1.1$	$7.0^{d} \pm 0.7$	6.3 ± 1.0	6.4 ± 1.0	$6.4^{cd} \pm 1.0$	$6.6^{cd} \pm 1.3$
7	0	2	$8.3^{a} \pm 0.5$	$8.1^{a} \pm 0.8$	6.6 ± 0.8	6.8 ± 0.9	$7.5^{a} \pm 1.0$	$7.4^{ab} \pm 1.1$

$^{a-d}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$)

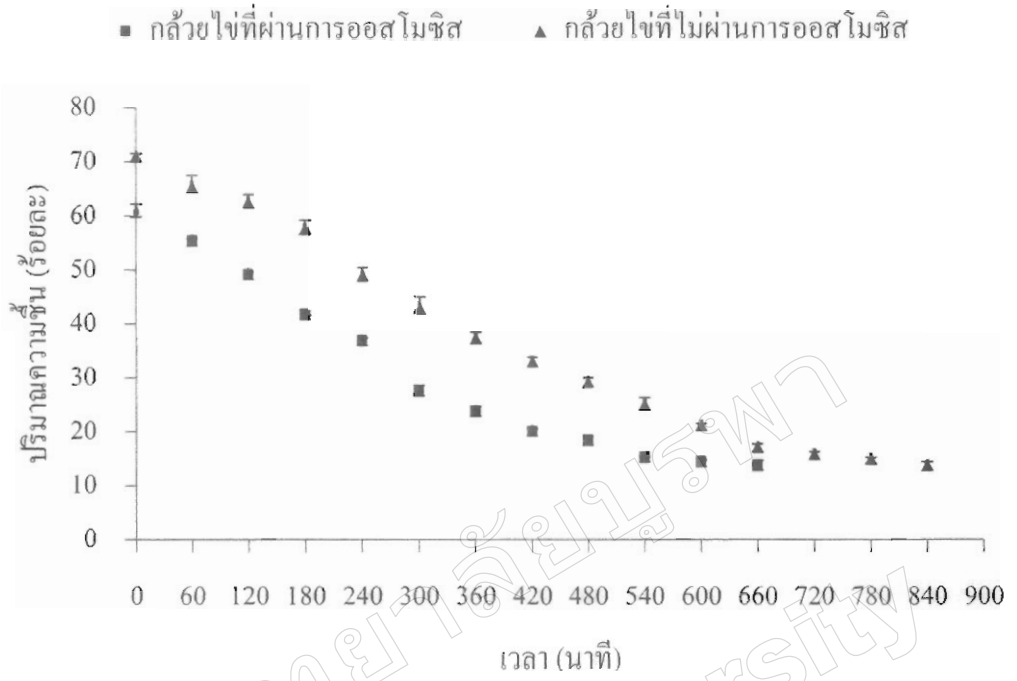
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตอนที่ 5 ผลของการหาเวลาในการทำแห้งแบบสุญญากาศและการเปรียบเทียบคุณภาพกล้วยไข่กึ่งแห้งที่ผ่านและไม่ผ่านการออสโมซิส

นำกล้วยไข่ที่ผ่านและไม่ผ่านการออสโมซิส (กล้วยไข่สด) มาทำแห้งโดยใช้ตู้อบแบบสุญญากาศที่อุณหภูมิ 60 ± 2 องศาเซลเซียส ความดัน 480 มิลลิบาร์ สำหรับกล้วยไข่ที่ผ่านการออสโมซิสได้มาจาก การนำชิ้นกล้วยไข่มาเตรียมขั้นต้นในสภาวะสุญญากาศก่อนการออสโมซิส ความดัน 50 มิลลิบาร์ เป็นเวลา 5 นาที ในสารละลายออสโมติกผสมระหว่างโอลิโกฟรุคโตส 47 กรัมต่อ 100 กรัม ซูโครส 19 กรัมต่อ 100 และโซเดียมคลอไรด์ 5 กรัมต่อ 100 กรัม ที่มีการเติมไอรอนกลูโคเนต 2 กรัมต่อ 100 กรัม และแคลเซียมแลคเตท 2 กรัมต่อ 100 กรัม ที่เลือกได้จากตอนที่ 4 แล้วนำมาออสโมซิสต่อในสภาวะบรรยากาศที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 ชั่วโมง สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นกับระยะเวลาในการทำแห้ง เพื่อทำนายเวลาการทำแห้งที่ทำให้ได้กล้วยไข่กึ่งแห้งมีปริมาณความชื้นสุดท้ายร้อยละ 15 ± 1 และมีค่า a_w อยู่ในช่วง 0.65-0.75 ผลการสร้างกราฟและสมการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นกับระยะเวลาในการทำแห้งแสดงดังภาพที่ 4-10 และตารางที่ 4-24 และนำกล้วยไข่กึ่งแห้งที่ผ่านและไม่ผ่านการออสโมซิสมาวิเคราะห์คุณภาพต่าง ๆ ดังนี้ ปริมาณความชื้น ค่า a_w ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ปริมาณเหล็ก ปริมาณแคลเซียม ค่าสี ค่าความแน่นเนื้อ ค่าการหดตัว และคุณภาพทางประสาทสัมผัสความชอบโดยวิธี 9-Point Hedonic Scale และคุณภาพทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาโดยวิธี Quantitative Descriptive Analysis (QDA) ผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 4-11 ถึง 4-13 และตารางที่ 4-25

ผลการสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นกับระยะเวลาในการทำแห้งแสดงดังภาพที่ 4-10 พบว่า กล้วยไข่กึ่งแห้งที่ผ่านและไม่ผ่านการออสโมซิสมีความชื้นลดลงอย่างมากในช่วงแรกของการทำแห้ง (0-360 นาที) และมีแนวโน้มลดลงน้อย เมื่อเวลาการทำแห้งนานขึ้น และพบว่า กล้วยไข่ที่ผ่านการออสโมซิสสามารถลดปริมาณความชื้นได้เร็วกว่ากล้วยไข่ที่ไม่ผ่านการออสโมซิส ส่งผลให้ระยะเวลาที่ใช้ในการทำแห้งกล้วยไข่เพื่อให้ได้ความชื้นประมาณร้อยละ 15 น้อยกว่ากล้วยไข่ที่ไม่ผ่านการออสโมซิส

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ 4-10 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นกับระยะเวลาทำแห้งกล้วยไข่ที่ผ่านและไม่ผ่านการออสโมซิสที่สภาวะอุณหภูมิ 60 ± 2 องศาเซลเซียส ความดัน 480 มิลลิบาร์

เมื่อนำข้อมูลมาสร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นและเวลาในการทำแห้งโดยใช้รูปสมการเส้นตรงและไม่ใช่สมการเส้นตรง แสดงดังตารางที่ 4-24 พบว่า สมการที่ทำนายได้ทั้งสองรูปแบบมีค่า R^2 อยู่ในช่วง 0.94-0.99 โดยสามารถทำนายเวลาในการทำแห้งกล้วยไข่กึ่งแห้งที่ผ่านและไม่ผ่านการออสโมซิสเพื่อให้ได้ความชื้นร้อยละ 15 เท่ากับ 551.87-553.44 นาที และ 722.05-724.48 นาที ตามลำดับ ทั้งนี้เพื่อความสะดวกในการนำไปปฏิบัติจริงและเลือกใช้เวลาที่สั้นที่สุด จึงปรับเวลาในการทำแห้งเท่ากับ 552 และ 722 นาที ได้ผลิตภัณฑ์กล้วยไข่กึ่งแห้งที่มีความชื้นสุดท้าย คือ ร้อยละ 15.32 และ 15.49 ตามลำดับ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 4-24 สมการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้น (y) กับระยะเวลาทำแห้ง (x) ของกล้วยไข่ที่ผ่านและไม่ผ่านการออสโมซิสที่สภาวะอุณหภูมิ 60 ± 2 องศาเซลเซียส ความดัน 480 มิลลิบาร์

สิ่งทดลอง	สมการ	R^2	เวลาการทำแห้งตามการทำนาย (นาที)	เวลาการทำแห้งจริง (นาที)	ความชื้นสุดท้ายที่ได้ (ร้อยละ)
กล้วยไข่กึ่งแห้งที่ผ่านการออสโมซิส	$y = -0.075x + 56.39$	0.94	551.87	552	15.32 ± 0.24
	$y = 0.0001x^2 - 0.142x + 62.960$	0.99	553.44	553	-
กล้วยไข่กึ่งแห้งที่ไม่ผ่านการออสโมซิส	$y = -0.073x + 67.71$	0.97	722.05	722	15.49 ± 0.35
	$y = 0.00005x^2 - 0.117x + 73.525$	0.99	724.48	725	-

Burapha University มหาวิทยาลัยบูรพา

ลักษณะของชิ้นกล้วยไข่กึ่งแห้งที่ผ่านและไม่ผ่านการออสโมซิส แสดงดังภาพที่ 4-11 พบว่า กล้วยไข่กึ่งแห้งที่ผ่านการออสโมซิสมีลักษณะชุ่มชื้นไม่แห้งแข็ง มีการหดตัวหรือเหี่ยวย่นเพียงเล็กน้อยและมีสีเหลืองอมน้ำตาล ส่วนกล้วยไข่กึ่งแห้งที่ไม่ผ่านการออสโมซิสมีลักษณะแห้งแข็ง มีการหดตัวหรือเหี่ยวย่นค่อนข้างมากและมีสีค่อนข้างดำคล้ำ

(ก) กล้วยไข่กึ่งแห้งที่ผ่านการออสโมซิส (ข) กล้วยไข่กึ่งแห้งที่ไม่ผ่านการออสโมซิส

ภาพที่ 4-11 ลักษณะของชิ้นกล้วยไข่กึ่งแห้งที่ผ่านการออสโมซิส (ก) และกล้วยไข่กึ่งแห้งที่ไม่ผ่านการออสโมซิส (ข)

เมื่อนำผลิตภัณฑ์กล้วยไข่กึ่งแห้งที่ผ่านและไม่ผ่านการออสโมซิสมาวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีกายภาพต่าง ๆ ผลการวิเคราะห์ค่าคุณภาพของกล้วยไข่กึ่งแห้งที่ผ่านและไม่ผ่านการออสโมซิส แสดงดังตารางที่ 4-25 พบว่า กล้วยไข่กึ่งแห้งที่ผ่านและไม่ผ่านการออสโมซิสมีปริมาณความชื้นและค่า a_w ไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) โดยมีปริมาณความชื้นเท่ากับร้อยละ 15.37 และ 15.49 และมีค่า a_w เท่ากับ 0.66 และ 0.67 ตามลำดับ สำหรับปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของกล้วยไข่กึ่งแห้ง พบว่า กล้วยไข่กึ่งแห้งที่ผ่านการออสโมซิสมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเท่ากับ 22.18 กรัมต่อ 100 กรัม ซึ่งมีค่ามากกว่ากล้วยไข่กึ่งแห้งที่ไม่ผ่านการออสโมซิสที่มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเท่ากับ 7.72 กรัมต่อ 100 กรัม ($p<0.05$) สำหรับปริมาณเหล็กและแคลเซียมของกล้วยไข่กึ่งแห้ง พบว่า กล้วยไข่กึ่งแห้งที่ผ่านการออสโมซิสมีปริมาณเหล็กเท่ากับ 22.04 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม และปริมาณแคลเซียมเท่ากับ 30.28 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ซึ่งมีค่ามากกว่ากล้วยไข่กึ่งแห้งที่ไม่ผ่านการออสโมซิสที่มีปริมาณเหล็กเท่ากับ 0.50 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม และปริมาณแคลเซียมเท่ากับ 3.13 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ($p<0.05$) สำหรับคุณภาพด้านสี พบว่า กล้วยไข่กึ่งแห้งที่ผ่านการออสโมซิสมีค่า L* a* b* Hue angle และ Chroma มากกว่ากล้วยไข่กึ่งแห้งที่ไม่ผ่านการออสโมซิส ($p<0.05$) โดยกล้วยไข่กึ่งแห้งที่ผ่านการออสโมซิสมีค่า L* 35.07 a* 12.96 b* 21.86 Hue angle 59.35 และ Chroma 25.42 ในขณะที่กล้วยไข่กึ่งแห้งที่ไม่ผ่านการออสโมซิสมีค่า L* 25.06 a* 8.93 b* 13.41 Hue angle 56.35 และ Chroma 16.11 เมื่อพิจารณาค่า ΔE เมื่อเปรียบเทียบกับกล้วยไข่สด พบว่า กล้วยไข่กึ่งแห้งที่ผ่านการออสโมซิสมีค่า ΔE (41.19) ซึ่งน้อยกว่ากล้วยไข่กึ่งแห้งที่ไม่ผ่านการออสโมซิส (53.74) ($p<0.05$)

สำหรับค่าความแน่นเนื้อ พบว่า กล้วยไข่กึ่งแห้งที่ผ่านการออสโมซิสมีค่าความแน่นเนื้อ (354.17 กรัม) น้อยกว่ากล้วยไข่กึ่งแห้งที่ไม่ผ่านการออสโมซิส (475.01 กรัม) ($p<0.05$) สำหรับค่าการหดตัวของเส้นผ่านศูนย์กลางและค่าการหดตัวของความหนา คำนวณได้จาก สัดส่วนของเส้นผ่านศูนย์กลางหรือความหนาของชิ้นกล้วยไข่หลังการทำแห้งและก่อนการทำแห้ง ตามลำดับ หากมีค่าเท่ากับ 1 หมายถึง กล้วยไข่กึ่งแห้งที่ผลิตได้ไม่เกิดการหดตัว จากผลการทดลองพบว่า กล้วยไข่กึ่งแห้งที่ผ่านการออสโมซิสมีการหดตัวของความหนา (ค่าการหดตัวของความหนาเท่ากับ 0.84) น้อยกว่ากล้วยไข่กึ่งแห้งที่ไม่ผ่านการออสโมซิส (ค่าการหดตัวของความหนาเท่ากับ 0.75) ($p<0.05$) และพบว่า กล้วยไข่ที่ผ่านและไม่ผ่านการออสโมซิสมีค่าการหดตัวของเส้นผ่านศูนย์กลางไม่แตกต่างกัน ($p\geq0.05$) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.86 และ 0.84 ตามลำดับ

ตารางที่ 4-25 ค่าคุณภาพของกล้วยไข่กึ่งแห้งที่ผ่านและไม่ผ่านการออสโมซิส

	ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
	กล้วยไข่กึ่งแห้งที่ผ่านการออสโมซิส	กล้วยไข่กึ่งแห้งที่ไม่ผ่านการออสโมซิส
ปริมาณความชื้น^{ns} (ร้อยละ)	15.37 ± 0.16	15.49 ± 0.14
ค่า a_w^{ns}	0.66 ± 0.01	0.67 ± 0.02
ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (กรัมต่อ 100 กรัม)	22.18^{a} ± 1.08	7.72^{b} ± 0.35
ปริมาณเหล็ก (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม)	22.04^{a} ± 0.57	0.50^{b} ± 0.05
ปริมาณแคลเซียม (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม)	30.28^{a} ± 1.06	3.13^{b} ± 0.37
ค่า L*	35.07^{a} ± 0.83	25.06^{b} ± 0.27
ค่า a*	12.96^{a} ± 0.64	8.93^{b} ± 0.25
ค่า b*	21.86^{a} ± 0.23	13.41^{b} ± 0.32
ค่า Hue angle	59.35^{a} ± 1.07	56.35^{b} ± 0.62
ค่า Chroma	25.42^{a} ± 0.49	16.11^{b} ± 0.37
ค่า ΔE	41.19^{b} ± 0.73	53.74^{a} ± 0.36
ค่าความแน่นเนื้อ (กรัม)	354.17^{b} ± 1.39	475.01^{a} ± 1.98
ค่าการหดตัวของเส้นผ่านศูนย์กลาง^{ns}	0.86 ± 0.04	0.84 ± 0.01
ค่าการหดตัวของความหนา	0.84^{a} ± 0.06	0.75^{b} ± 0.03

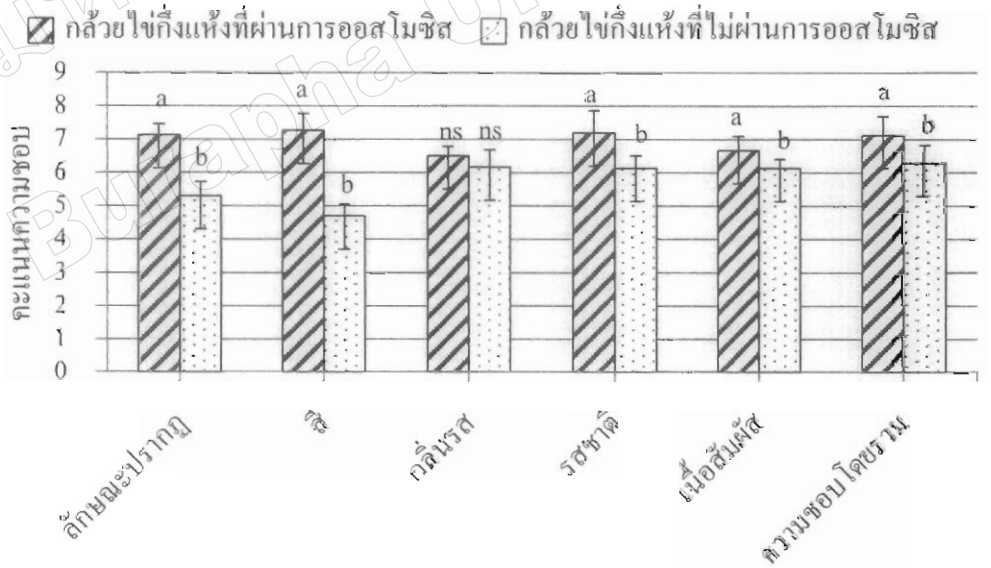
^{a,b} หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$)

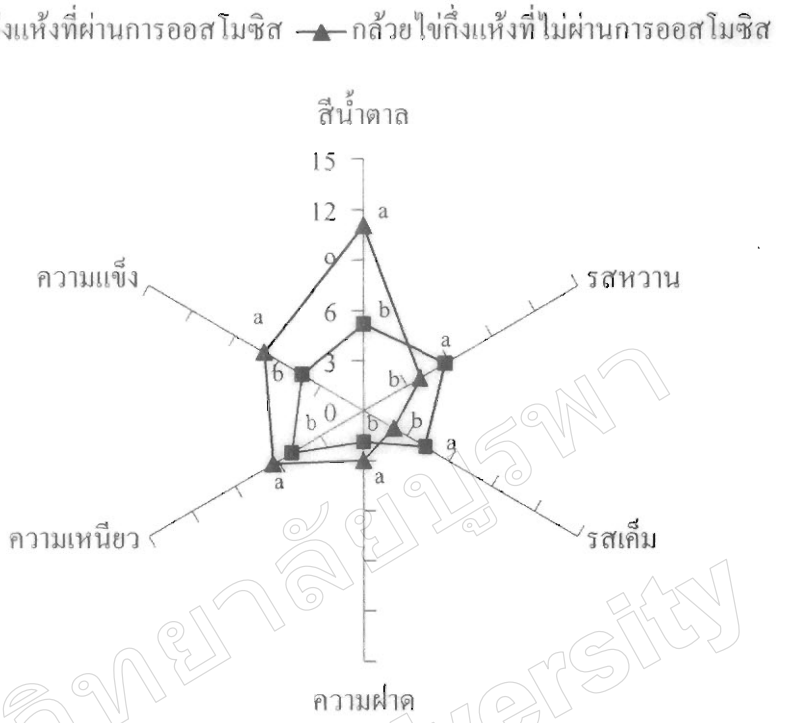
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบของกล้วยไข่กึ่งแห้งด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมโดยวิธี 9-Point Hedonic Scale แสดงดังภาพที่ 4-12 พบว่า กล้วยไข่กึ่งแห้งที่ผ่านและไม่ผ่านการออสโมซิสได้รับคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) ซึ่งมีคะแนนเท่ากับ 6.5 และ 6.1 ตามลำดับ อยู่ในระดับชอบเล็กน้อย กล้วยไข่กึ่งแห้งที่ผ่านการออสโมซิสได้รับคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ (7.1) สี (7.2) รสชาติ (7.2) เนื้อสัมผัส (6.6) และความชอบโดยรวม (7.1) อยู่ในระดับชอบปานกลาง ซึ่งมากกว่ากล้วยไข่กึ่งแห้งที่ไม่ผ่านการออสโมซิสที่ได้รับคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ (5.3) และสี (4.7) อยู่ในระดับเฉย ๆ หรือบอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ และได้รับคะแนนความชอบด้านรสชาติ (6.1) เนื้อสัมผัส (6.1) และความชอบโดยรวม (6.3) อยู่ในระดับชอบเล็กน้อย ($p<0.05$)

ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาโดยวิธี Quantitative Descriptive Analysis (QDA) แสดงดังภาพที่ 4-13 พบว่า กล้วยไข่กึ่งแห้งที่ผ่านการออสโมซิสมีสีน้ำตาล ความฝาด ความเหนียว และความแข็งน้อยกว่ากล้วยไข่กึ่งแห้งที่ไม่ผ่านการออสโมซิส ($p<0.05$) โดยกล้วยไข่กึ่งแห้งที่ผ่านการออสโมซิสมีรสหวานและรสเค็มมากกว่ากล้วยไข่กึ่งแห้งที่ไม่ผ่านการออสโมซิส ($p<0.05$) รายละเอียดคะแนนจากวิธี QDA แสดงดังตารางภาคผนวก จ-1



ภาพที่ 4-12 คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของกล้วยไข่กึ่งแห้งที่ผ่านและไม่ผ่านการออสโมซิส (^{a,b} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของสิ่งทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$))



ภาพที่ 4-13 กราฟใยแมงมุมแสดงความเข้มของคุณลักษณะจากการทดสอบโดยวิธี QDA ของกล้วยไข่กึ่งแห้งที่ผ่านและไม่ผ่านการออสโมซิส (^{a,b} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$))

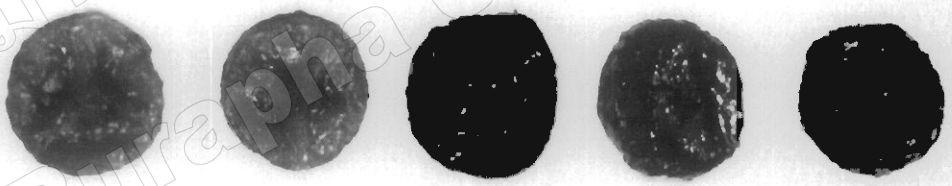
ตอนที่ 6 ผลการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์กล้วยไข่กึ่งแห้งที่ผลิตได้ระหว่างการเก็บรักษา

จากการตรวจสอบคุณภาพของกล้วยไข่กึ่งแห้งที่ผ่านและไม่ผ่านการออสโมซิสที่บรรจุในถุงโพลีเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ (Low Density Polyethylene) เคลือบอลูมิเนียมฟอยด์ (Aluminium Foil) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (27 ± 1 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 0 1 2 3 และ 4 สัปดาห์ โดยสุ่มวิเคราะห์ค่าสี ค่าความแน่นเนื้อ ปริมาณความชื้น ค่า a_w คุณภาพทางจุลินทรีย์และคุณภาพทางประสาทสัมผัสความชอบโดยวิธี 9-Point Hedonic Scale ผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 4-14 ถึง 4-25 และตารางที่ 4-26 ถึง 4-29

ลักษณะของกล้วยไข่กึ่งแห้งในระหว่างการเก็บรักษา 4 สัปดาห์ แสดงดังภาพที่ 4-14 พบว่า กล้วยไข่กึ่งแห้งที่ผ่านการออสโมซิสมีลักษณะชุ่มชื้น ในขณะที่กล้วยไข่กึ่งแห้งที่ไม่ผ่านการออสโมซิสมีลักษณะแห้งและมีผิวหน้าเหี่ยวย่น และพบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นมีผลทำให้กล้วยไข่กึ่งแห้งมีสีเข้มขึ้น โดยกล้วยไข่กึ่งแห้งที่ผ่านการออสโมซิสมีสีน้ำตาลแดง

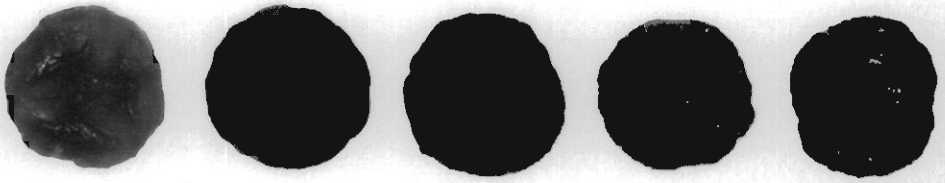
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

เข้มขึ้น ในขณะที่กล้วยไข่กึ่งแห้งที่ไม่ผ่านการออสโมซิสมีสีค่อนข้างดำคล้ำมากขึ้น เมื่อนำมาวัดค่าสีโดยใช้เครื่องวัดสี ผลการวิเคราะห์ค่าสีแสดงดังภาพที่ 4-15 ถึง 4-20 พบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น มีผลทำให้ค่า L* b* และ Hue angle ของกล้วยไข่กึ่งแห้งที่ผ่านและไม่ผ่านการออสโมซิสมีค่าลดลง ($p<0.05$) โดยตลอดการเก็บรักษา 4 สัปดาห์ กล้วยไข่กึ่งแห้งที่ผ่านการออสโมซิสมีค่า L* 25.21-35.45 b* 18.30-21.82 และ Hue angle 44.21-58.20 สำหรับกล้วยไข่กึ่งแห้งที่ไม่ผ่านการออสโมซิสที่มีค่า L* 18.82-25.14 b* 6.21-13.26 และ Hue angle 22.71-56.12 และพบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น มีผลทำให้ค่า a* และ ΔE ของกล้วยไข่กึ่งแห้งที่ผ่านและไม่ผ่านการออสโมซิสมีค่าเพิ่มขึ้น ($p<0.05$) โดยตลอดการเก็บรักษา 4 สัปดาห์ กล้วยไข่กึ่งแห้งที่ผ่านการออสโมซิสมีค่า a* 13.51-18.74 และค่า ΔE 2.73-12.04 สำหรับกล้วยไข่กึ่งแห้งที่ไม่ผ่านการออสโมซิสที่มีค่า a* 8.90-14.82 และค่า ΔE 1.47-11.48 แต่อย่างไรก็ตามพบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษาไม่มีผลต่อค่า Chroma ($p\geq0.05$) ของกล้วยไข่กึ่งแห้งที่ผ่านและไม่ผ่านการออสโมซิส โดยตลอดการเก็บรักษา 4 สัปดาห์ กล้วยไข่กึ่งแห้งที่ผ่านและไม่ผ่านการออสโมซิสมีค่า Chroma อยู่ในช่วง 25.66-26.20 และ 15.97-16.07 ตามลำดับ โดยพบแนวโน้มว่า ตลอดการเก็บรักษา 4 สัปดาห์ กล้วยไข่กึ่งแห้งที่ผ่านการออสโมซิสมีค่า L* a* b* Hue angle Chroma และ ΔE มากกว่ากล้วยไข่กึ่งแห้งที่ไม่ผ่านการออสโมซิส รายละเอียดผลการทดลองแสดงดังตารางภาคผนวก จ-2 ถึง จ-7



(ก) 0 สัปดาห์ (ข) 1 สัปดาห์ (ค) 2 สัปดาห์ (ง) 3 สัปดาห์ (จ) 4 สัปดาห์

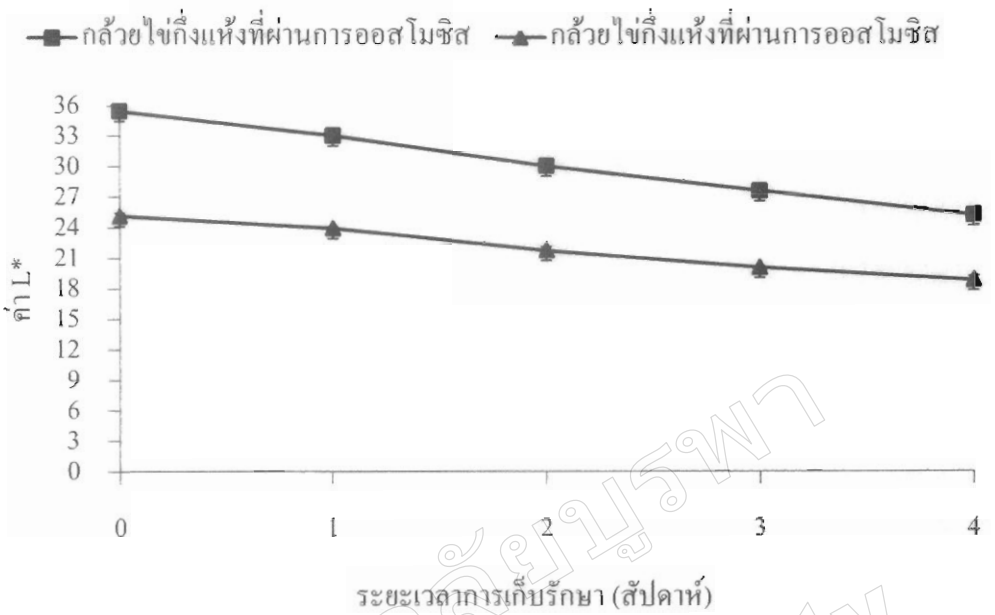
กล้วยไข่กึ่งแห้งที่ผ่านการออสโมซิส



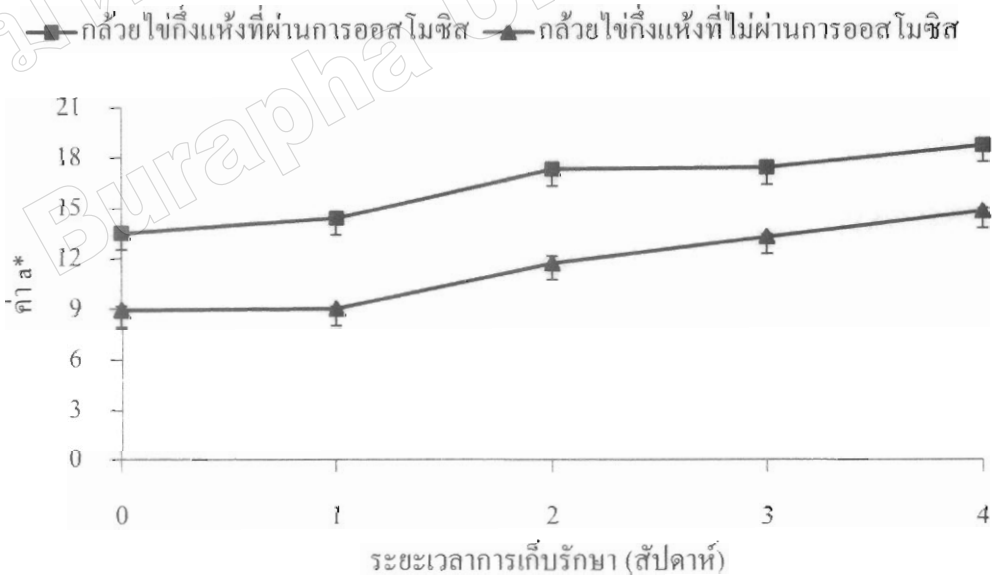
(ฉ) 0 สัปดาห์ (ช) 1 สัปดาห์ (ซ) 2 สัปดาห์ (ญ) 3 สัปดาห์ (ฐ) 4 สัปดาห์

กล้วยไข่กึ่งแห้งที่ไม่ผ่านการออสโมซิส

ภาพที่ 4-14 ลักษณะของชิ้นกล้วยไข่กึ่งแห้งที่ผ่านการออสโมซิส (ก-จ) และกล้วยไข่กึ่งแห้งที่ไม่ผ่านการออสโมซิส (ฉ-ฐ) ในระหว่างการเก็บรักษา 4 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิห้อง



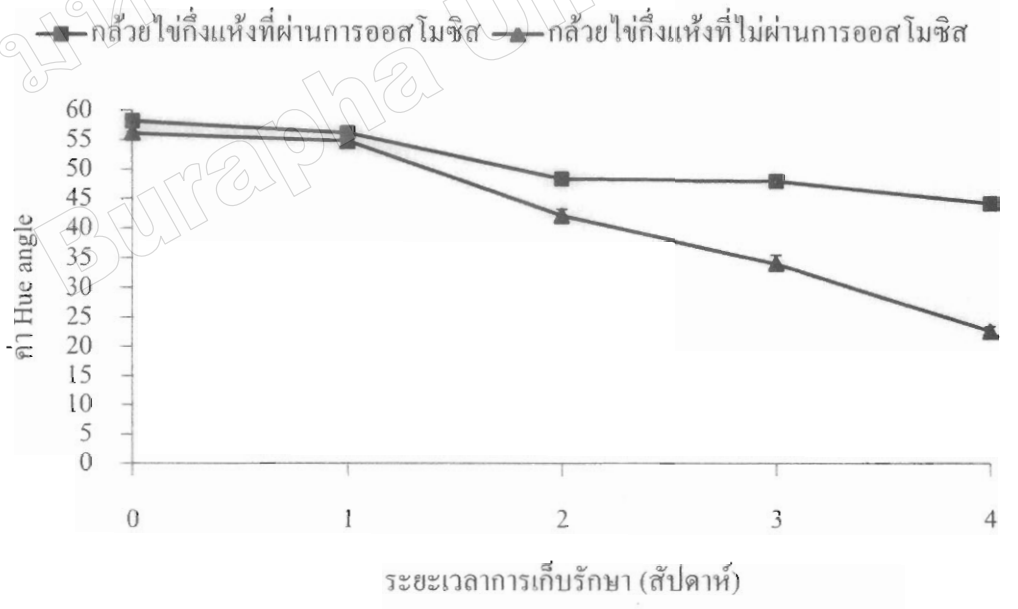
ภาพที่ 4-15 ค่าความสว่าง (L*) ของกล้วยไข่กึ่งแห้งที่ผ่านและไม่ผ่านการออสโมซิสในระหว่างการเก็บรักษา 4 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิห้อง



ภาพที่ 4-16 ค่าความเป็นสีแดง (a*) ของกล้วยไข่กึ่งแห้งที่ผ่านและไม่ผ่านการออสโมซิสในระหว่างการเก็บรักษา 4 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิห้อง

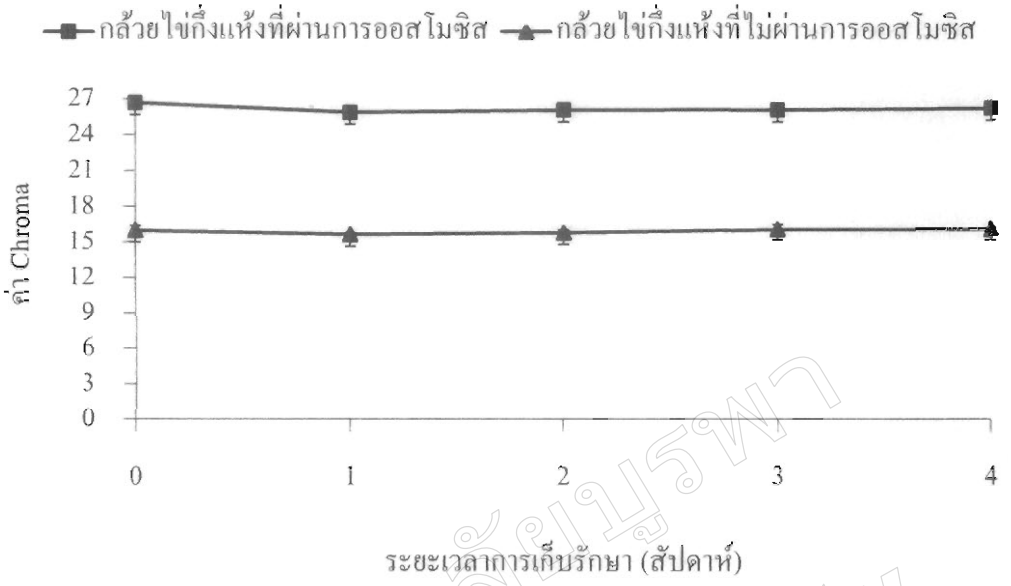
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ภาพที่ 4-17 ค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ของกล้วยไข่กึ่งแห้งที่ผ่านและไม่ผ่านการออสโมซิส ในระหว่างการเก็บรักษา 4 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิห้อง

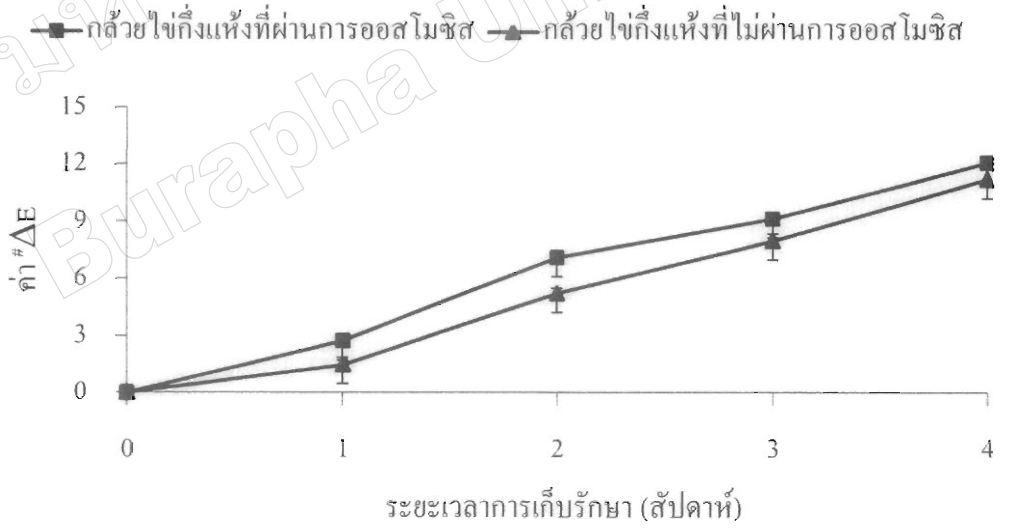


ภาพที่ 4-18 ค่าแฉดสี (Hue angle) ของกล้วยไข่กึ่งแห้งที่ผ่านและไม่ผ่านการออสโมซิสในระหว่างการเก็บรักษา 4 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิห้อง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



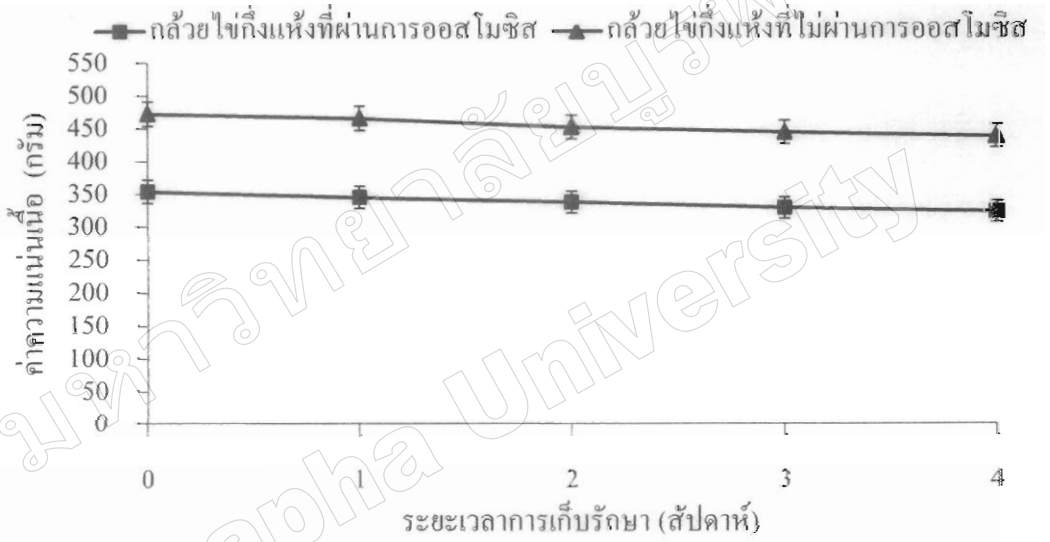
ภาพที่ 4-19 ค่าความเข้มของสี (Chroma) ของกล้วยไข่กึ่งแห้งที่ผ่านและไม่ผ่านการออสโมซิส ในระหว่างการเก็บรักษา 4 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิห้อง



ภาพที่ 4-20 ค่าการเปลี่ยนแปลงของสี (ΔE) ของกล้วยไข่กึ่งแห้งที่ผ่านและไม่ผ่านการออสโมซิส ในระหว่างการเก็บรักษา 4 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิห้อง (# หมายถึง คำนวณค่า ΔE เมื่อเปรียบเทียบกับกล้วยไข่กึ่งแห้งที่เวลาการเก็บรักษา 0 สัปดาห์)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

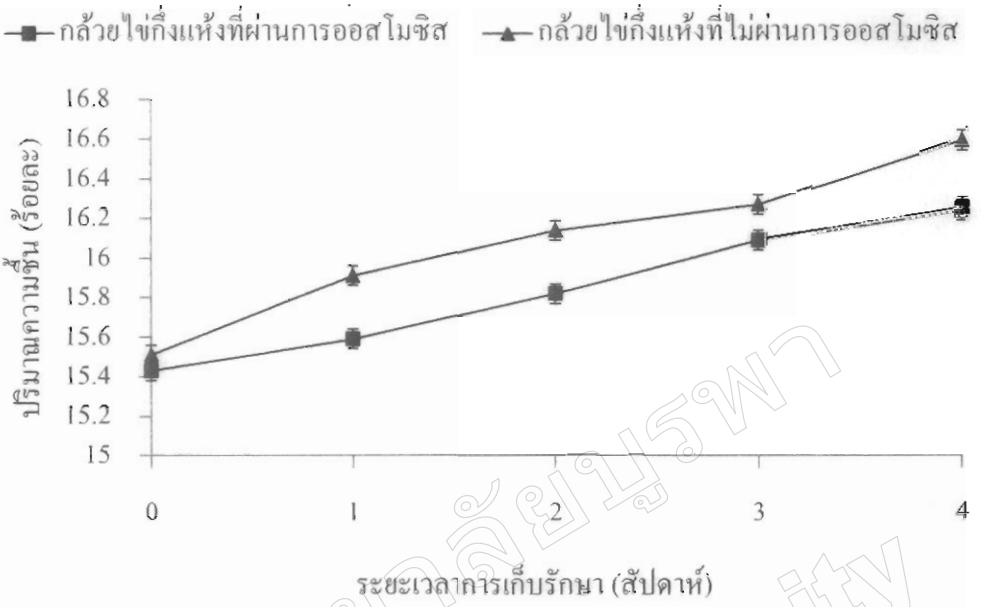
ผลการวิเคราะห์ค่าความแน่นเนื้อด้วยเครื่อง Texture Analyzer ของกล้วยไข่กึ่งแห้งในระหว่างการเก็บรักษา 4 สัปดาห์ แสดงดังภาพที่ 4-21 พบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น มีผลทำให้กล้วยไข่กึ่งแห้งที่ผ่านและไม่ผ่านการออสโมซิสมีค่าความแน่นเนื้อลดลง ($p<0.05$) โดยตลอดการเก็บรักษา 4 สัปดาห์ กล้วยไข่กึ่งแห้งที่ผ่านและไม่ผ่านการออสโมซิสมีค่าความแน่นเนื้ออยู่ในช่วง 323.55-353.91 กรัม และ 438.10-472.37 กรัม ตามลำดับ และพบแนวโน้มว่า ตลอดการเก็บรักษา 4 สัปดาห์ กล้วยไข่กึ่งแห้งที่ผ่านการออสโมซิสมีค่าความแน่นเนื้อน้อยกว่ากล้วยไข่กึ่งแห้งที่ไม่ผ่านการออสโมซิส รายละเอียดผลการทดลองแสดงดังตารางภาคผนวกตาราง จ-8



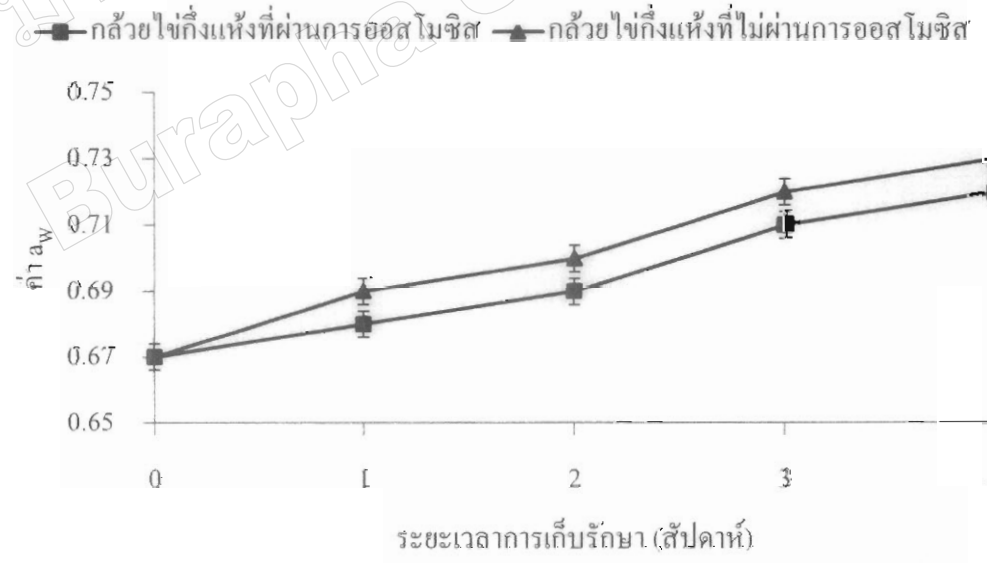
ภาพที่ 4-21 ค่าความแน่นเนื้อของกล้วยไข่กึ่งแห้งที่ผ่านและไม่ผ่านการออสโมซิสในระหว่างการเก็บรักษา 4 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิห้อง

ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นและค่า a_w ของกล้วยไข่กึ่งแห้งในระหว่างการเก็บรักษา 4 สัปดาห์ แสดงดังภาพที่ 4-22 และ 4-23 พบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น มีผลทำให้กล้วยไข่กึ่งแห้งที่ผ่านและไม่ผ่านการออสโมซิสมีปริมาณความชื้นและค่า a_w เพิ่มขึ้น ($p<0.05$) โดยตลอดการเก็บรักษา 4 สัปดาห์ กล้วยไข่กึ่งแห้งที่ผ่านการออสโมซิสมีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 15.43-16.66 และมีค่า a_w อยู่ในช่วง 0.67-0.73 สำหรับกล้วยไข่กึ่งแห้งที่ไม่ผ่านการออสโมซิสมีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 15.67-16.60 และมีค่า a_w อยู่ในช่วง 0.68-0.73 โดยพบแนวโน้มว่า ตลอดการเก็บรักษา 4 สัปดาห์ กล้วยไข่กึ่งแห้งที่ผ่านและไม่ผ่านการออสโมซิสมีปริมาณความชื้นและค่า a_w ไม่แตกต่างกัน รายละเอียดผลการทดลองแสดงดังตารางภาคผนวก จ-9 และ จ-10

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ 4-22 ปริมาณความชื้นของกล้วยไข่กึ่งแห้งที่ผ่านและไม่ผ่านการออสโมซิสในระหว่างการเก็บรักษา 4 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิห้อง



ภาพที่ 4-23 ค่า a_w ของกล้วยไข่กึ่งแห้งที่ผ่านและไม่ผ่านการออสโมซิสในระหว่างการเก็บรักษา 4 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิห้อง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ผลการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณ *E. coli* ปริมาณ *S.aureus* และปริมาณยีสต์และรา ของกล้วยไข่กึ่งแห้งในระหว่างการเก็บรักษา 4 สัปดาห์ แสดงดังตารางที่ 4-26 และ 4-29 พบว่า ที่เวลาการเก็บรักษา 0 สัปดาห์ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด *E. coli*, *S. aureus* และยีสต์และรา ในกล้วยไข่กึ่งแห้งที่ผ่านและไม่ผ่านการออสโมซิสน้อยกว่า 1.0×10^1 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม และจากผลการทดลองพบว่า กล้วยไข่กึ่งแห้งที่ผ่านการออสโมซิส มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษา เมื่อเก็บรักษา 4 สัปดาห์ มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด 1.0×10^2 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม ในขณะที่กล้วยไข่กึ่งแห้งที่ไม่ผ่านการออสโมซิสมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษาในปริมาณน้อยกว่า เมื่อเก็บรักษา 4 สัปดาห์ มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด 3.0×10^1 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม และจากผลการทดลองพบว่า ตลอดการเก็บรักษา 4 สัปดาห์ กล้วยไข่กึ่งแห้งที่ผ่านและไม่ผ่านการออสโมซิสมีปริมาณ *E. coli* และ *S. aureus* น้อยกว่า 1.0×10^1 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม สำหรับปริมาณยีสต์และรา พบว่า ในช่วงการเก็บรักษา 2 สัปดาห์ กล้วยไข่กึ่งแห้งที่ผ่านการออสโมซิสมีปริมาณยีสต์และราน้อยกว่า 1.0×10^1 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 3 และ 4 สัปดาห์ ปริมาณยีสต์และราเพิ่มขึ้นเป็น 1.0×10^1 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม และ 2.0×10^1 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม ตามลำดับ ในขณะที่กล้วยไข่กึ่งแห้งที่ไม่ผ่านการออสโมซิสมีปริมาณยีสต์และราน้อยกว่า 1.0×10^1 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม ตลอดการเก็บรักษา 4 สัปดาห์

ตารางที่ 4-26 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม) ของกล้วยไข่กึ่งแห้งที่ผ่านและไม่ผ่านการออสโมซิสในระหว่างการเก็บรักษา 4 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิห้อง

ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม)	
	กล้วยไข่กึ่งแห้งที่ผ่านการออสโมซิส	กล้วยไข่กึ่งแห้งที่ไม่ผ่านการออสโมซิส
0	$<1.0 \times 10^1$	$<1.0 \times 10^1$
1	1.5×10^1 est.	$<1.0 \times 10^1$
2	4.5×10^1 est.	1.0×10^1 est.
3	7.5×10^1 est.	1.5×10^1 est.
4	1.0×10^2 est.	3.0×10^1 est.

ตารางที่ 4-27 ปริมาณ *E. coli* (โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม) ของกล้วยไข่กึ่งแห้งที่ผ่านและไม่ผ่านการออสโมซิสในระหว่างการเก็บรักษา 4 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิห้อง

ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)	ปริมาณ *E. coli* (โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม)	
	กล้วยไข่กึ่งแห้งที่ผ่านการออสโมซิส	กล้วยไข่กึ่งแห้งที่ไม่ผ่านการออสโมซิส
0	$<1.0 \times 10^1$	$<1.0 \times 10^1$
1	$<1.0 \times 10^1$	$<1.0 \times 10^1$
2	$<1.0 \times 10^1$	$<1.0 \times 10^1$
3	$<1.0 \times 10^1$	$<1.0 \times 10^1$
4	$<1.0 \times 10^1$	$<1.0 \times 10^1$

ตารางที่ 4-28 ปริมาณ *S. aureus* (โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม) ของกล้วยไข่กึ่งแห้งที่ผ่านและไม่ผ่านการออสโมซิสในระหว่างการเก็บรักษา 4 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิห้อง

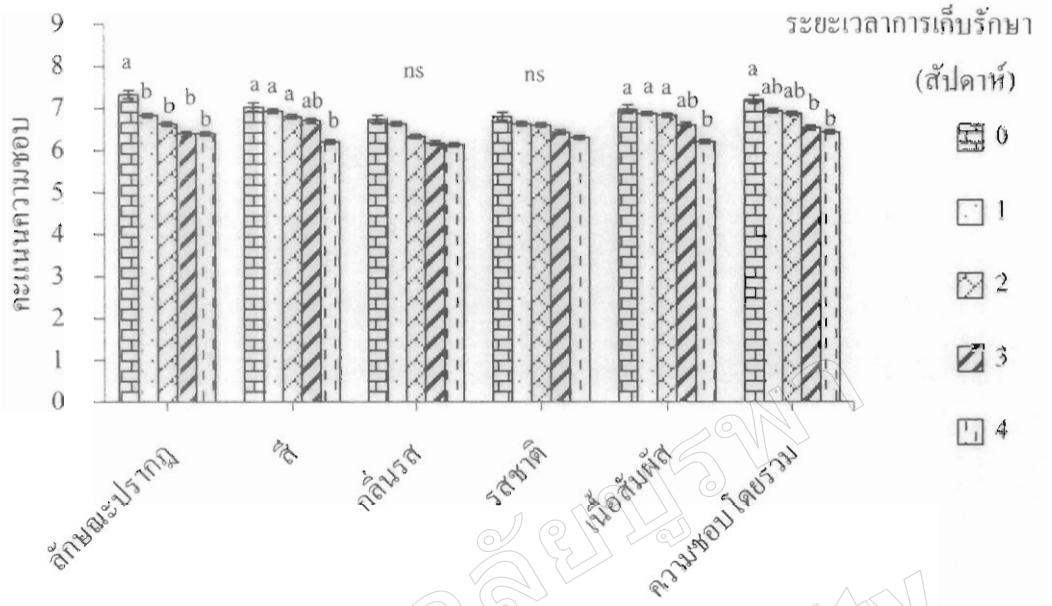
ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)	ปริมาณ *S. aureus* (โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม)	
	กล้วยไข่กึ่งแห้งที่ผ่านการออสโมซิส	กล้วยไข่กึ่งแห้งที่ไม่ผ่านการออสโมซิส
0	$<1.0 \times 10^1$	$<1.0 \times 10^1$
1	$<1.0 \times 10^1$	$<1.0 \times 10^1$
2	$<1.0 \times 10^1$	$<1.0 \times 10^1$
3	$<1.0 \times 10^1$	$<1.0 \times 10^1$
4	$<1.0 \times 10^1$	$<1.0 \times 10^1$

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 4-29 ปริมาณยีสต์และรา (โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม) ของกล้วยไข่กึ่งแห้งที่ผ่านและไม่ผ่านการออสโมซิสในระหว่างการเก็บรักษา 4 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิห้อง

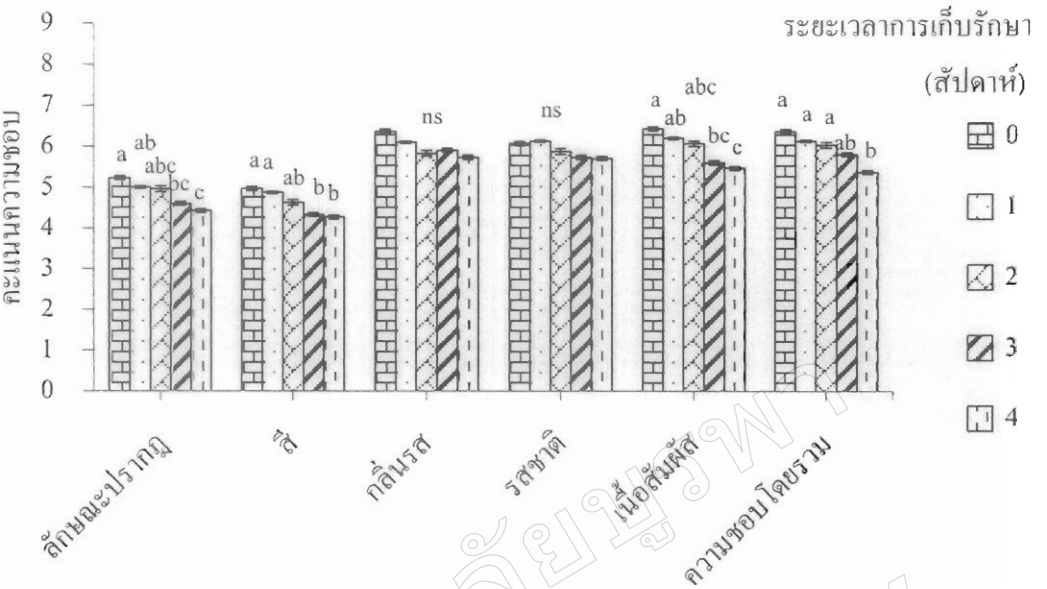
ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)	ปริมาณยีสต์และรา (โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม)	
	กล้วยไข่กึ่งแห้งที่ผ่านการออสโมซิส	กล้วยไข่กึ่งแห้งที่ไม่ผ่านการออสโมซิส
0	$<1.0 \times 10^1$	$<1.0 \times 10^1$
1	$<1.0 \times 10^1$	$<1.0 \times 10^1$
2	$<1.0 \times 10^1$	$<1.0 \times 10^1$
3	1.0×10^1 est.	$<1.0 \times 10^1$
4	2.0×10^1 est.	$<1.0 \times 10^1$

ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบของกล้วยไข่กึ่งแห้งระหว่างการเก็บรักษา 4 สัปดาห์ ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมโดยวิธี 9-Point Hedonic Scale แสดงดังภาพที่ 4-24 และ 4-25 พบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น มีผลทำให้คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของกล้วยไข่กึ่งแห้งที่ผ่านและไม่ผ่านการออสโมซิสลดลง ($p<0.05$) ในขณะที่ระยะเวลาการเก็บรักษาไม่มีผลต่อคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสและรสชาติ ($p\geq0.05$) โดยตลอดการเก็บรักษา 4 สัปดาห์ กล้วยกึ่งแห้งที่ผ่านการออสโมซิสมีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ 6.4-7.3 สี 6.2-7.0 กลิ่นรส 6.1-6.7 รสชาติ 6.3-6.8 เนื้อสัมผัส 6.2-6.9 และความชอบโดยรวม 6.4-7.2 อยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง สำหรับกล้วยไข่กึ่งแห้งที่ไม่ผ่านการออสโมซิสที่มีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ 4.4-5.2 สี 4.2-4.9 กลิ่นรส 5.7-6.3 และรสชาติ 5.7-6.1 เนื้อสัมผัส 5.4-6.4 และความชอบโดยรวม 5.3-6.3 อยู่ในระดับไม่ชอบเล็กน้อยถึงชอบเล็กน้อย โดยพบแนวโน้มว่า ตลอดการเก็บรักษา 4 สัปดาห์ กล้วยไข่กึ่งแห้งที่ผ่านการออสโมซิสได้รับคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมมากกว่ากล้วยไข่กึ่งแห้งที่ไม่ผ่านการออสโมซิส รายละเอียดผลการทดลองแสดงดังตารางภาคผนวก จ-11 และ จ-16



ภาพที่ 4-24 คะแนนความชอบจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ของกล้วยไข่ทึ่งแห้งที่ผ่านการออสโมซิสในระหว่างการเก็บรักษา 4 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิห้อง (^{a,b} หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$))

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ 4-25 คะแนนความชอบจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ของกล้วยไข่กึ่งแห้งที่ไม่ผ่านการออสโมซิสในระหว่างการเก็บรักษา 4 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิห้อง (^{a,b} หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$))

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University