บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

วัสดุและสารเคมี

1. กล้วยไข่พันธุ์กำแพงเพชร จากตลาดหมองมน ตำบลแสนสุข จังหวัดชลบุรี
2. เกลือ ตราปรุงทิพย์ บริษัทอุตสาหกรรมเกลือบริสุทธิ์ จำกัด ประเทศไทย
3. ซูโครส ตรามิตรผล บริษัทมิตรผล จำกัด ประเทศไทย
4. โอลิโกฟรุคโตส (Oligofructose, $C_6H_{11}O_5(C_6H_{10}O_5)_4$ OH, Beneo-Orafti, Belgium)
5. กรดซิตริก (Citric Acid, $C_6H_8O_7$, Labscan, Island)
6. แคลเซียมแลคเตท (Calcium Lactate, $C_6H_{10}CaO_6$, Merck, Thailand)
7. ไอรอนกลูโคเนต (Iron (II) Gluconate Hydrate, $C_{12}H_{22}FeO_{14}.H_20$, Sigma-Aldrich, USA)
8. เอทิลีนไดเอมีนเตตระอะซิติกแอซิก (Ethylenediaminetetraacetic Acid, $C_{10}H_{16}N_2O_8$, Fisher Scientific, UK Limited)

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องวัดสี (Colorimeter, Miniscan XP Plus, HunterLab, USA)
2. เครื่องวัดค่าวอเตอร์แอคติวิตี (Water Activity, Lab Master-aw, Novasina, Switzerland)
3. เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer, TA-XT2, Stable Micro Systems, England)
4. เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity Meter, EC400, ExStik, USA)
5. เครื่องรีแฟรคโตมิเตอร์ (Refractometer, 2210-W06, Atago, Japan)
6. เครื่องชั่งน้ำหนักแบบหยาบ (BA 610, Sartorius, Germany)
7. เครื่องชั่งน้ำหนักแบบละเอียด (BA 211S, Sartorius, Germany)
8. ตู้อบลมร้อน (Hot Air Oven, ULE 500, Mermert, Germany)
9. ตู้อบแบบสุญญากาศ (Vacuum Oven, E.K. Food Tech, Thailand)
10. ปั๊มสุญญากาศ (Vacuum Pump, V-800, Buchi, Switzerland)
11. เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ (Vernier Caliper, Insize 1205 series, Insize, Thailand)
12. ไมโครมิเตอร์ (Micrometer, Insize 3210-25, Insize, ประเทศไทย)
13. ตะกร้าสแตนเลสแบบโปร่งรูปทรงกระบอกมีฝาปิด ขนาดรูตะแกรง 2 x 2 เซนติเมตร
14. ถุงโพลีเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ (Low Density Polyethylene) เคลือบอลูมิเนียมฟอยล์ (Aluminium Foil) ขนาด 4.5 x 8 นิ้ว บริษัท จิตราบรรจุภัณฑ์ ประเทศไทย
15. อุปกรณ์สำหรับการทดสอบทางประสาทสัมผัส อุปกรณ์เครื่องแก้วและงานครัว

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

วิธีดำเนินการวิจัย

ตอนที่ 1 การวิเคราะห์คุณภาพของวัตถุดิบกล้วยไข่ที่ใช้ในการวิจัย

เนื่องจากคุณภาพของวัตถุดิบเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์และการถ่ายเทมวลสารในระหว่างการออสโมซิส ดังนั้นจึงกำหนดคุณภาพของกล้วยไข่ที่ใช้ในการวิจัยดังนี้ คือ กล้วยไข่พันธุ์กำแพงเพชร เป็นกล้วยห่ามซึ่งควบคุมระดับความสุกตามดัชนีสีเปลือกกล้วย (Peel Color Index; PCI) ระดับที่ 3 พิจารณาจากเปลือกกล้วยเริ่มเปลี่ยนสีจากสีเขียวเป็นสีเหลือง โดยมีสีเขียวมากกว่าสีเหลือง มีการสุกแล้วบางส่วนประมาณร้อยละ 30 (เบญจมาศ ศิลาย้อย, 2545; Nelson, 2004) ผลกล้วยไข่มีขนาดยาว 8-10 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5-3.0 เซนติเมตร สามารถมีตำหนิที่ผิวอันเนื่องจากแผลเป็นหรือการเสียดสีได้เล็กน้อย โดยที่เนื้อกล้วยยังคงมีคุณภาพดี ไม่เน่าเสียหรือเสื่อมคุณภาพใด ๆ ที่ไม่เหมาะสมต่อการบริโภค แสดงดังภาพที่ 3-1 แล้วนำมาวิเคราะห์คุณภาพด้านต่าง ๆ ดังนี้

(ก) ลักษณะกล้วยไข่ทั้งหวี (ข) ลักษณะเนื้อกล้วยไข่

ภาพที่ 3-1 กล้วยไข่ที่ใช้ในการวิจัย (ก) ลักษณะกล้วยไข่ทั้งหวี และ (ข) ลักษณะเนื้อกล้วยไข่

การวิเคราะห์คุณภาพ

1) ค่าสีของเปลือกและเนื้อกล้วยไข่ ด้วยเครื่องวัดค่าสี รายงานผลเป็นค่า L* a* และ b* และคำนวณหาค่า Hue angle และ Chroma ตามวิธีในภาคผนวก ก-1

2) ค่าความแน่นเนื้อ (Firmness) ด้วยเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส ตามวิธีในภาคผนวก ก-2

3) ปริมาณความชื้น (Moisture Content) (AOAC, 1990) ตามวิธีในภาคผนวก ข-1

4) ค่าวอเตอร์แอคติวิตี (Water Activity; a_w) ด้วยเครื่องวัดค่า a_w ตามวิธีในภาคผนวก ข-2

5) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total Soluble Solid) ด้วยเครื่องรีแฟรคโตมิเตอร์ ตามวิธีในภาคผนวก ข-3

6) ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (Total Sugar Content) (AOAC, 1990) ตามวิธีในภาคผนวก ข-4

7) ปริมาณเหล็ก (Iron Content) (Kosse, Yeung, Gil, & Miller, 2001) ตามวิธีในภาคผนวก ข-5

8) ปริมาณแคลเซียม (Calcium Content) (AOAC, 1990) ตามวิธีในภาคผนวก ข-6

ในขั้นตอนนี้ต้องการทราบคุณภาพของกล้วยไข่ เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการวิจัยต่อไป และใช้ค่าคุณภาพบางประการที่วิเคราะห์ได้ ได้แก่ ค่าสี ค่าความแน่นเนื้อและปริมาณความชื้น เป็นเกณฑ์ช่วยคัดเลือกวัตถุดิบให้มีคุณภาพใกล้เคียงกันตลอดการวิจัย

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ทำการวิจัย 3 ซ้ำ คำนวณหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าคุณภาพที่วัดได้

ตอนที่ 2 การศึกษาผลของการออสโมซิสโดยใช้สารละลายผสมต่อค่าการถ่ายเทมวลสารและคุณภาพของกล้วยไข่

2.1 การศึกษาผลของชนิดของน้ำตาลและการใช้โซเดียมคลอไรด์ต่อค่าการถ่ายเทมวลสารของกล้วยไข่

เนื่องจากชนิดของสารละลายออสโมติกเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญสำหรับการออสโมซิส โดยส่วนใหญ่มักใช้สารละลายน้ำตาลซูโครส เนื่องจากหาได้ง่ายและราคาถูก มีรายงานว่า สามารถใช้สารละลายน้ำตาลโอลิโกฟรุคโตสเป็นสารละลายออสโมติกได้ โดยมีคุณสมบัติเป็นพรีไบโอติกและเป็นสารให้ความหวานที่ให้พลังงานต่ำ (Gibson, 2004) และมีรายงานว่า การใช้เกลือหรือโซเดียมคลอไรด์ร่วมด้วยในการออสโมซิสมีผลทำให้เพิ่มแรงขับ (Driving Force) ในระหว่างการถ่ายเทมวลสารมากขึ้น (Brennan, 1994) ในการทดลองขั้นตอนนี้ต้องการศึกษาผลของชนิดของน้ำตาลโอลิโกฟรุคโตสและซูโครส ร่วมกับการใช้และไม่ใช้สารละลายโซเดียมคลอไรด์ต่อการถ่ายเทมวลสารระหว่างการออสโมซิส จัดสิ่งทดลองแบบ Factorial โดยแปรปัจจัยที่ศึกษา 2 ปัจจัย ดังนี้

ปัจจัยที่ 1 ชนิดของน้ำตาล คือ โอลิโกฟรุคโตสและซูโครส (45 กรัมต่อ 100 กรัม)

ปัจจัยที่ 2 การใช้โซเดียมคลอไรด์ คือ ใช้ (5 กรัมต่อ 100 กรัม) และ ไม่ใช้

ได้สิ่งทดลองทั้งหมด 4 สิ่งทดลอง รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 สารละลายออสโมติกที่ได้จากการแปรชนิดของน้ำตาลและการใช้โซเดียมคลอไรด์ในการออสโมซิส

สิ่งทดลองที่	ชนิดของน้ำตาล (45 กรัมต่อ 100 กรัม)	การใช้โซเดียมคลอไรด์ (5 กรัมต่อ 100 กรัม)
1	โอลิโกฟรุคโตส	ใช้
2	โอลิโกฟรุคโตส	ไม่ใช้
3	ซูโครส	ใช้
4	ซูโครส	ไม่ใช้

การเตรียมตัวอย่างกล้วยไข่

คัดเลือกกล้วยไข่ตามคุณภาพที่กำหนดไว้ในตอนที่ 1 นำมาตัดขั้วออก ปอกเปลือก แล้วหั่นกล้วยเป็นชิ้นทรงกระบอก หนา 1 เซนติเมตร แช่ในสารละลายกรดซิตริก (1 กรัมต่อ 100 กรัม) เป็นเวลา 3 นาที เพื่อลดการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลและวางพักบนตะแกรงให้สะเด็ดน้ำเป็นเวลา 2 นาที แล้วซับให้แห้งด้วยกระดาษ (Atares et al., 2011) ก่อนนำมาใช้ในขั้นตอนต่อไป

การออสโมซิส

เตรียมสารละลายออสโมติกโดยการละลายโอลิโกฟรุคโตสหรือซูโครส และโซเดียมคลอไรด์ตามปริมาณกำหนดในน้ำสะอาด ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80-85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที แล้วทิ้งไว้ให้สารละลายเย็นก่อนนำมาใช้งาน นำตัวอย่างกล้วยไข่ที่เตรียมไว้มาออสโมซิสโดยแช่ชิ้นกล้วยไข่ในสารละลายออสโมติก โดยนำชิ้นกล้วยไข่มาชั่งน้ำหนักและหาปริมาณความชื้น (AOAC, 1990) ก่อนการออสโมซิส ในการออสโมซิสกำหนดให้อัตราส่วนระหว่างชิ้นกล้วยไข่และสารละลายออสโมติก คือ 1: 3 (โดยน้ำหนัก) เทสารละลายออสโมติกในโหลแก้ว แล้วนำชิ้นกล้วยไข่บรรจุในตะแกรงสแตนเลสแบบโปร่งรูปทรงกระบอกแบบมีฝาปิด ขนาดรูตะแกรง 2 x 2 เซนติเมตร แล้วแช่ในสารละลายออสโมติกให้ชิ้นกล้วยไข่จมอยู่ในสารละลายออสโมติกตลอดเวลาและใช้อะลูมิเนียมฟอยล์ปิดโหล แช่ที่อุณหภูมิห้อง (27 ± 1 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 9 ชั่วโมง โดยทุก 1 ชั่วโมง นำชิ้นกล้วยไข่มาล้างน้ำเพื่อกำจัดสารละลายส่วนเกินออก โดยให้น้ำไหลผ่านชิ้นกล้วยไข่เป็นเวลา 30 วินาที วางพักบนตะแกรงให้สะเด็ดน้ำเป็นเวลา 2 นาที แล้วซับให้แห้งด้วยกระดาษ ชั่งน้ำหนักและหาปริมาณความชื้น (AOAC, 1990) ของชิ้นกล้วยไข่ แล้วคำนวณค่าการถ่ายเทมวลสาร (Shi et al., 1995; Fernandes et al., 2006; Correa et al., 2010)

การวิเคราะห์ค่าการถ่ายเทมวลสาร

1. ปริมาณน้ำที่สูญเสีย (Water Loss; WL) คำนวณตามสมการที่ 1

$$WL\ (\text{ร้อยละ}) = \frac{(W_0 M_0 - W_t M_t) \times 100}{W_0} \quad (1)$$

2. ปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้น (Solid Gain; SG) คำนวณตามสมการที่ 2

$$SG\ (\text{ร้อยละ}) = \frac{[W_t(1-M_t) - W_0(1-M_0)] \times 100}{W_0} \quad (2)$$

3. ปริมาณน้ำหนักที่ลดลง (Weight Reducing; WR) คำนวณตามสมการที่ 3

$$WR\ (\text{ร้อยละ}) = \frac{(W_0 - W_t) \times 100}{W_0} \quad (3)$$

เมื่อ W_0 และ W_t คือ น้ำหนักตัวอย่างที่เวลาเริ่มต้นและหลังการออสโมซิส (กรัม) ตามลำดับ

M_0 และ M_t คือ ปริมาณความชื้นเฉลี่ยของตัวอย่างที่เวลาเริ่มต้นและหลังการออสโมซิส (กรัมน้ำต่อกรัมตัวอย่าง) ตามลำดับ

ในขั้นตอนนี้ทำการวิจัยเพื่อพิจารณาค่าการถ่ายเทมวลสารในระหว่างการออสโมซิสกล้วยไข่ สำหรับใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการอธิบายการถ่ายเทมวลสารจากการใช้สารละลายผสมในการวิจัยขั้นต่อไป และพิจารณาเวลาการถ่ายเทมวลสารที่ทำให้ค่าการถ่ายเทมวลสารคงที่เพื่อช่วยกำหนดเวลาในการออสโมซิสในขั้นตอนต่อไป

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ทำการวิจัย 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (ANOVA) โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test วิเคราะห์ผลทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรม SPSS Version 13

2.2 การศึกษาผลของความเข้มข้นของโอลิโกฟรุคโตสและซูโครสต่อค่าการถ่ายเทมวลสารและคุณภาพของกล้วยไข่

ขั้นตอนนี้มีแนวคิดที่จะเตรียมสารละลายออสโมติกจากน้ำตาลโอลิโกฟรุคโตสแทนการใช้น้ำตาลซูโครส อย่างไรก็ตามการใช้น้ำตาลโอลิโกฟรุคโตสเพียงอย่างเดียว อาจทำให้การถ่ายเทมวลสารไม่ดีนัก มีรายงานว่า การใช้สารละลายผสมสามารถช่วยเพิ่มการถ่ายเทมวลสารได้ (Matusek et al., 2008 b) การวิจัยนี้จึงใช้น้ำตาลซูโครสและโซเดียมคลอไรด์ร่วมด้วย ดังนั้นในขั้นตอนนี้จึงศึกษาผลของความเข้มข้นของน้ำตาล (โอลิโกฟรุคโตสและซูโครส) ในสารละลายผสมที่ใช้โซเดียมคลอไรด์ร่วมด้วยต่อค่าการถ่ายเทมวลสารและคุณภาพของกล้วยไข่

เตรียมตัวอย่างกล้วยไข่ตามข้อที่ 2.1 นำมาชั่งน้ำหนักและหาปริมาณความชื้น (AOAC, 1990) ก่อนการออสโมซิส จากนั้นนำไปแช่ในสารละลายออสโมติกซึ่งเป็นส่วนผสมระหว่างน้ำตาลโอลิโกฟรุคโตส (30-50 กรัมต่อ 100 กรัม) และน้ำตาลซูโครส (10-20 กรัมต่อ 100 กรัม) โดยจัดสิ่งทดลองแบบ Central Composite Design (CCD) ได้ 11 สิ่งทดลอง และกำหนดให้เติม

โซเดียมคลอไรด์ (5 กรัมต่อ 100 กรัม) ทุกสิ่งทดลอง แสดงดังตารางที่ 3-2 ดำเนินการออสโมซิสตามข้อที่ 2.1 และกำหนดเวลาในการออสโมซิสตามผลการวิจัยที่ได้จากข้อ 2.1 แล้วนำชิ้นกล้วยไข่หลังการออสโมซิสมาวิเคราะห์คุณภาพต่อไป

ตารางที่ 3-2 สิ่งทดลองที่ได้จากการแปรความเข้มข้นของโอลิโกฟรุคโตสและซูโครส โดยการจัดสิ่งทดลองแบบ Central Composite Design (CCD)

สิ่งทดลองที่	ค่ารหัส		ค่าจริง		
	โอลิโกฟรุคโตส	ซูโครส	โอลิโกฟรุคโตส (กรัมต่อ 100 กรัม)	ซูโครส (กรัมต่อ 100 กรัม)	โซเดียมคลอไรด์ (กรัมต่อ 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	0	0	40	15	5
10	0	0	40	15	5
11	0	0	40	15	5

การวิเคราะห์คุณภาพ

1) ค่าการถ่ายเทมวลสาร ได้แก่ ปริมาณน้ำที่สูญเสีย (Water Loss; WL) ปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้น (Solid Gain; SG) และปริมาณน้ำหนักที่ลดลง (Weight Reducing; WR) (ตามวิธีในข้อที่ 2.1)

2) ค่าสีของเนื้อกล้วยไข่ ด้วยเครื่องวัดค่าสี รายงานผลเป็นค่า L* a* และ b* คำนวณหาค่า Hue angle และ Chroma และคำนวณหาค่าการเปลี่ยนแปลงของสี (ΔE) เมื่อเปรียบเทียบกับกล้วยไข่สด ตามวิธีในภาคผนวก ก-1

3) ค่าความแน่นเนื้อ (Firmness) ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส ตามวิธีในภาคผนวก ก-2

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

4) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total Soluble Solid) ของชิ้นกล้วยไข่และสารละลายออสโมติกทั้งก่อนและหลังการออสโมซิส ด้วยเครื่องรีแฟรคโตมิเตอร์ ตามวิธีในภาคผนวก ข-3

5) ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (Total Sugar Content) (AOAC, 1990) ตามวิธีในภาคผนวก ข-4

6) คุณภาพทางประสาทสัมผัส

นำตัวอย่างกล้วยไข่ที่ผ่านการออสโมซิสทั้งหมด 11 สิ่งทดลอง มาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยวิธี 9-Point Hedonic Scale กำหนดระดับความชอบดังนี้ คะแนน 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด และคะแนน 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด ทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัส ด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม เนื่องจากมีสิ่งทดลองจำนวนมาก ในการวิจัยนี้จึงวางแผนการทดลองแบบบล็อกไม่สมบูรณ์สมดุล (Balanced Incomplete Block; BIB) ประเภทที่ 4 คือ จำนวนสิ่งทดลองเท่ากับจำนวนบล็อก ($t=11, k=5, r=5, b=11, \lambda=2$) โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 11 คน กลุ่มทดสอบเป็นนิสิตระดับปริญญาตรีและปริญญาโท ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร มหาวิทยาลัยบูรพา อายุ 21-25 ปี โดยผู้ทดสอบแต่ละคนจะทดสอบตัวอย่างคนละ 5 ตัวอย่าง รายละเอียดการทดสอบแบบบล็อกไม่สมบูรณ์สมดุลและแผนมาตรฐานการนำเสนอตัวอย่าง แสดงดังตารางภาคผนวก ค-1 และแบบทดสอบที่ใช้แสดงดังภาคผนวก ค-2

เกณฑ์ในการคัดเลือก

พิจารณาผลของความเข้มข้นของสารละลายผสมโอลิโกฟรุคโตสและซูโครสต่อค่าการถ่ายเทมวลสารและคุณภาพของกล้วยไข่ โดยมีเกณฑ์ในการคัดเลือก คือ เลือกสิ่งทดลองที่ทำให้มีค่าการถ่ายเทมวลสารสูงที่สุด โดยได้รับคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวมตั้งแต่ 6 ขึ้นไป (มีความชอบระดับชอบเล็กน้อยขึ้นไป) พิจารณาร่วมกับค่าคุณภาพด้านอื่น ๆ ได้แก่ ได้รับคะแนนความชอบด้านต่าง ๆ สูง มีค่าความแน่นเนื้อสูง (เนื้อสัมผัสไม่นิ่มเละ) มีค่าการเปลี่ยนแปลงของสีต่ำ และมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดต่ำ

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ทำการวิจัย 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (ANOVA) โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD สำหรับผลการวิเคราะห์คุณภาพทุกด้าน ยกเว้นการประเมินด้านประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองแบบ BIB เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test วิเคราะห์ผลทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรม SPSS Version 13

วิเคราะห์สมการรีเกรสชันเชิงเส้นตรงแบบพหุ (Multiple Linear Regressions Analysis) ของค่าการถ่ายเทมวลสาร โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ตามความสัมพันธ์ ดังสมการที่ 4

$$Y = f(X_1, X_2) \quad (4)$$

เมื่อ Y คือ ค่าการถ่ายเทมวลสาร (ค่า WL SG และ WR)

X_1 และ X_2 คือ ความเข้มข้นของโอลิโกฟรุคโตส (OLF) และซูโครส (SU) ตามลำดับ

ทั้งนี้พิจารณาความน่าเชื่อถือของสมการจาก R^2 (Coefficient of Determination) ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ โดยทั่วไปควรมีค่าไม่น้อยกว่า 0.75 ค่า Model Significance ซึ่งบอกความสัมพันธ์ระหว่างค่า Y และค่า X ถ้ามีค่าต่ำกว่า 0.05 แสดงถึงค่า Y และ X มีความสัมพันธ์กันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Hu, 1999) และดำเนินการทวนสอบความแม่นยำของสมการที่ทำนายได้ โดยคำนวณค่า Root Mean Square (RMS) ซึ่งบ่งบอกความคลาดเคลื่อนของการทำนายจากการใช้สมการ ถ้ามีค่าต่ำกว่าร้อยละ 20 แสดงว่า ค่าที่ได้จากการทำนายมีความคลาดเคลื่อนจากค่าจริงน้อย (Julian, 2004) ซึ่งคำนวณค่า RMS ได้ ดังสมการที่ 5

$$RMS = 100 \frac{\sqrt{\sum [(Y_{ex} - Y_{pred}) / Y_{pred}]^2}}{N} \quad (5)$$

เมื่อ Y_{ex} คือ ค่าตอบสนองที่ได้จากการทดลอง

Y_{pred} คือ ค่าตอบสนองที่ได้จากการทำนาย

N คือ จำนวนข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

นำสมการที่น่าเชื่อถือมาสร้างกราฟพื้นผิวการตอบสนอง (Response Surface Plot) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Statistica Version 5.0 เพื่อพิจารณาแนวโน้มความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของโอลิโกฟรุคโตสและซูโครสต่อค่าการถ่ายเทมวลสาร

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตอนที่ 3 การศึกษาผลของการใช้สภาวะสุญญากาศในการเตรียมขั้นต้นก่อนการออสโมซิสต่อค่าการถ่ายเทมวลสารและคุณภาพของกล้วยไข่

การแช่ชิ้นผักผลไม้ในสภาวะสุญญากาศในระยะเวลาสั้น ๆ ก่อนการแช่ที่สภาวะบรรยากาศ มีผลทำให้เกิดรูพรุนหรือช่องว่างที่เยื่อหุ้มเซลล์ของชิ้นผักผลไม้เพิ่มขึ้น จึงสามารถเพิ่มอัตราการถ่ายเทมวลสารระหว่างการออสโมซิสได้ (Torres et al., 2006) โดยความรุนแรงของการใช้สภาวะสุญญากาศขึ้นอยู่กับระดับความดันและเวลาที่ใช้ในการทำให้เป็นสุญญากาศ ควรกำหนดความรุนแรงที่ใช้ให้เหมาะสมกับชนิดของผักผลไม้ หากใช้สภาวะที่รุนแรงมากเกินไปทำให้เกิดการสูญเสียโครงสร้างมาก (Fito et al., 2001; Occhino et al., 2011) หรือหากใช้สภาวะที่รุนแรงน้อยเกินไปที่ทำให้เกิดรูพรุนหรือช่องว่างที่เยื่อหุ้มเซลล์น้อย อาจไม่ช่วยกระตุ้นให้เกิดการถ่ายเทมวลสารระหว่างการออสโมซิสเพิ่มขึ้น (Betoret et al., 2003) ดังนั้นในขั้นตอนนี้จึงศึกษาผลของการใช้สภาวะสุญญากาศในการเตรียมขั้นต้นก่อนการออสโมซิส โดยแปรระดับความดันสุญญากาศ คือ 50 และ 100 มิลลิบาร์ และเวลาการสุญญากาศ คือ 5 และ 10 นาที ตัวอย่างควบคุม คือ การไม่ใช้สภาวะสุญญากาศในการเตรียมขั้นต้น ได้สิ่งทดลองทั้งหมด 5 สิ่งทดลอง รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 3-3

ดำเนินการโดยใช้สารละลายออสโมติกที่เลือกได้จากข้อที่ 2.2 บรรจุชิ้นกล้วยไข่และสารละลายออสโมติกในขวดรูปชมพู่ ปิดด้วยจุกยางให้เป็นระบบปิดและเชื่อมต่อกับปั๊มสุญญากาศ และกำหนดอัตราส่วนระหว่างชิ้นกล้วยไข่และสารละลายออสโมติกเท่ากับ 1: 3 (โดยน้ำหนัก) ดำเนินการที่อุณหภูมิห้อง (27 ± 1 องศาเซลเซียส) โดยแช่ชิ้นกล้วยไข่ในสภาวะสุญญากาศตามที่กำหนด แล้วนำกล้วยไข่มาออสโมซิสในสภาวะบรรยากาศตามข้อที่ 2.2 และนำชิ้นกล้วยไข่หลังการออสโมซิสมาวิเคราะห์คุณภาพต่อไป

ตารางที่ 3-3 สิ่งทดลองที่ได้จากการแปรระดับความดันสุญญากาศและเวลาการสุญญากาศในการเตรียมขั้นต้นกล้วยไข่ก่อนการออสโมซิส

สิ่งทดลองที่	ความดัน (มิลลิบาร์)	เวลา (นาที)
1	-	-
2	50	5
3	50	10
4	100	5
5	100	10

การวิเคราะห์คุณภาพ

1) ค่าการถ่ายเทมวลสาร ได้แก่ ปริมาณน้ำที่สูญเสีย (Water Loss; WL) ปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้น (Solid Gain; SG) และปริมาณน้ำหนักที่ลดลง (Weight Reducing ; WR) (ตามวิธีในข้อที่ 2.1)

2) ค่าสีของเนื้อกล้วยไข่ ด้วยเครื่องวัดค่าสี รายงานผลเป็นค่า L* a* และ b* คำนวณหาค่า Hue angle และ Chroma และคำนวณหาค่าการเปลี่ยนแปลงของสี (ΔE) เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมที่ไม่ใช้สภาวะสุญญากาศ ตามวิธีในภาคผนวก ก-1

3) ค่าความแน่นเนื้อ (Firmness) ของตัวอย่างหลังการใช้สภาวะสุญญากาศและหลังการออสโมซิส ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส ตามวิธีในภาคผนวก ก-2

4) การเปลี่ยนแปลงปริมาตร (Volume Change) ของตัวอย่างหลังการใช้สภาวะสุญญากาศและหลังการออสโมซิส โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ภาพถ่าย (Image Analysis) ตามวิธีในภาคผนวก ก-3 และภาคผนวก ก-5

5) การเปลี่ยนแปลงรูปร่าง (Shape Change) ของตัวอย่างหลังการใช้สภาวะสุญญากาศและหลังการออสโมซิส โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ภาพถ่าย (Image Analysis) ตามวิธีในภาคผนวก ก-4 และภาคผนวก ก-5

6) โครงสร้างทางจุลภาค (Microstructure) ของตัวอย่างหลังการออสโมซิส โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope) ตามวิธีในภาคผนวก ก-6

7) คุณภาพทางประสาทสัมผัส

นำตัวอย่างกล้วยไข่หลังการออสโมซิสมาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยวิธี 9-Point Hedonic Scale กำหนดระดับความชอบ ดังนี้ คะแนน 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด และคะแนน 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด ทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน กลุ่มทดสอบเป็นนิสิตระดับปริญญาตรีและปริญญาโท ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร มหาวิทยาลัยบูรพา อายุ 21-25 ปี แบบทดสอบที่ใช้แสดงดังภาคผนวก ค-2

เกณฑ์ในการคัดเลือก

พิจารณาผลของระดับความดันและเวลาสุญญากาศต่อค่าการถ่ายเทมวลสารและคุณภาพของกล้วยไข่ โดยมีเกณฑ์ในการคัดเลือก คือ เลือกสิ่งทดลองที่ทำให้มีค่าการถ่ายเทมวลสารสูงที่สุด โดยได้รับคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวมตั้งแต่ 6 ขึ้นไป (มีความชอบระดับชอบเล็กน้อยขึ้นไป) โดยพิจารณาร่วมกับค่าคุณภาพด้านอื่น ๆ ได้แก่ ได้รับคะแนนความชอบด้านต่าง ๆ สูง มีค่าความแน่นเนื้อสูง (เนื้อสัมผัสไม่นิ่มเละ) มีค่าการเปลี่ยนแปลงของสีต่ำ มีการเปลี่ยนแปลงปริมาตรและการเปลี่ยนแปลงรูปร่างน้อย

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ทำการวิจัย 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (ANOVA) โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD ยกเว้นการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองแบบ RCBD เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test วิเคราะห์ผลทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรม SPSS Version 13

ตอนที่ 4 การศึกษาผลของการเสริมแร่ธาตุในสารละลายออสโมติกต่อค่าการถ่ายเทมวลสารและคุณภาพของกล้วยไข่

ในขั้นตอนนี้ต้องการศึกษาการเสริมเหล็กและแคลเซียมในกล้วยไข่ ดำเนินการตามวิธีที่เลือกได้จากตอนที่ 3 เติมแร่ธาตุที่ต้องการเสริมในสารละลายออสโมติก โดยแปรการใช้เหล็กในรูปไอรอนกลูโคเนตร่วมกับแคลเซียมในรูปแคลเซียมแลคเตทความเข้มข้น 1 และ 2 กรัมต่อ 100 กรัม การใช้เหล็กในรูปไอรอนกลูโคเนตหรือแคลเซียมในรูปแคลเซียมแลคเตทเพียงอย่างเดียว ความเข้มข้น 0 และ 2 กรัมต่อ 100 กรัม และตัวอย่างควบคุม คือ การไม่เติมไอรอนกลูโคเนตและแคลเซียมแลคเตท กำหนดให้เติมเอทิลีนไดเอมีนเตตระอะซิติกแอซิก (Ethylenediaminetetraacetic Acid) ความเข้มข้น 2 กรัมต่อ 100 กรัม ในทุกสิ่งทดลอง เพื่อลดการเกิดสีคล้ำของชิ้นกล้วยไข่ ได้สิ่งทดลองทั้งหมด 7 สิ่งทดลอง รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 3-4

ตารางที่ 3-4 สิ่งทดลองที่ได้จากการแปรความเข้มข้นของไอรอนกลูโคเนตและแคลเซียมแลคเตทที่เติมในสารละลายออสโมติก

สิ่งทดลองที่	ไอรอนกลูโคเนต (กรัมต่อ 100 กรัม)	แคลเซียมแลคเตท (กรัมต่อ 100 กรัม)
1	0	0
2	1	1
3	1	2
4	2	1
5	2	2
6	2	0
7	0	2

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

การวิเคราะห์คุณภาพ

1) ค่าการถ่ายเทมวลสาร ได้แก่ ปริมาณน้ำที่สูญเสีย (Water Loss; WL) ปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้น (Solid Gain; SG) และปริมาณน้ำหนักที่ลดลง (Weight Reducing; WR) (ตามวิธีในข้อที่ 2.1)

2) ค่าสีของเนื้อกล้วยไข่ ด้วยเครื่องวัดค่าสี รายงานผลเป็นค่า L* a* และ b* คำนวณหาค่า Hue angle และ Chroma และคำนวณหาค่าการเปลี่ยนแปลงของสี (ΔE) เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมที่ไม่มีการเติมไอรอนกลูโคเนตและแคลเซียมแลคเตท ตามวิธีในภาคผนวก ก-1

3) ค่าความแน่นเนื้อ (Firmness) ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส ตามวิธีในภาคผนวก ก-2

4) ปริมาณเหล็ก (Iron Content) (Kosse et al., 2001) ตามวิธีในภาคผนวก ข-5

5) ปริมาณแคลเซียม (Calcium Content) (AOAC, 1990) ตามวิธีในภาคผนวก ข-6

6) ค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity) ของสารละลายออสโมติก โดยใช้เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า ตามวิธีในภาคผนวก ก-7

7) คุณภาพทางประสาทสัมผัส

นำตัวอย่างกล้วยไข่หลังการออสโมซิสมาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยวิธี 9-Point Hedonic Scale กำหนดระดับความชอบ ดังนี้ คะแนน 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด และคะแนน 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด ทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน กลุ่มทดสอบเป็นนิสิตระดับปริญญาตรีและปริญญาโท ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร มหาวิทยาลัยบูรพา อายุ 21-25 ปี แบบทดสอบที่ใช้แสดงดังภาคผนวก ค-2

เกณฑ์ในการคัดเลือก

พิจารณาผลของปริมาณการเสริมแร่ธาตุในสารละลายออสโมติกต่อค่าการถ่ายเทมวลสารและคุณภาพของกล้วยไข่ โดยมีเกณฑ์ในการคัดเลือก คือ เลือกสิ่งทดลองที่ทำให้มีปริมาณเหล็กและแคลเซียมสูงที่สุด โดยได้รับคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวมตั้งแต่ 6 ขึ้นไป (มีความชอบระดับชอบเล็กน้อยขึ้นไป) โดยพิจารณาร่วมกับค่าคุณภาพด้านอื่น ๆ ได้แก่ มีค่าการถ่ายเทมวลสารสูง ได้รับคะแนนความชอบด้านต่าง ๆ สูง มีค่าความแน่นเนื้อสูง (เนื้อสัมผัสไม่นิ่มเละ) และมีค่าการเปลี่ยนแปลงของสีต่ำ

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ทำการวิจัย 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (ANOVA) โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD ยกเว้นการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองแบบ RCBD

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Rang Test วิเคราะห์ผลทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรม SPSS Version 13

ตอนที่ 5 การหาเวลาในการทำแห้งแบบสุญญากาศและการเปรียบเทียบคุณภาพกล้วยไข่กึ่งแห้งที่ผ่านและไม่ผ่านการออสโมซิส

ในขั้นตอนนี้เป็นการทำแห้งเพื่อลดความชื้นของกล้วยไข่ให้เป็นผลิตภัณฑ์กึ่งแห้ง (Intermediate Moisture Food) คือ มีความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 15-40 และมีค่า a_w อยู่ในช่วง 0.65-0.90 (ปรียา วิบูลย์เศรษฐ์, 2528; Smith & Norvell, 1975) นำกล้วยไข่ที่ผ่านการออสโมซิสที่เลือกได้จากตอนที่ 4 และกล้วยไข่ที่ไม่ผ่านการออสโมซิส (กล้วยไข่สด) มาทำแห้งโดยใช้ตู้อบแบบสุญญากาศที่อุณหภูมิ 60 ± 2 องศาเซลเซียส ความดัน 480 มิลลิบาร์ โดยกำหนดความชื้นที่ต้องการคือ ร้อยละ 15 ± 1 มีค่า a_w อยู่ในช่วง 0.65-0.75 สำหรับกล้วยไข่ที่ผ่านการออสโมซิสนำมาล้างด้วยน้ำ เพื่อกำจัดสารละลายส่วนเกินออก วางพักบนตะแกรงสะเด็ดน้ำเป็นเวลา 3 นาที แล้วซับด้วยกระดาษก่อนนำไปทำแห้ง

การสร้างกราฟการทำแห้งเพื่อทำนายเวลาการทำแห้ง

ทำนายเวลาในการทำแห้งจากกราฟการทำแห้ง โดยสุ่มตัวอย่างกล้วยไข่ที่ทำแห้งทุก 1 ชั่วโมง นำมาวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC, 1990) สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นกับระยะเวลาในการทำแห้ง พิจารณาความน่าเชื่อถือของสมการจากความสัมพันธ์ที่ได้ โดยใช้เกณฑ์ในการพิจารณาจากค่า R^2 หากมีค่ามาก แสดงถึง สมการมีความน่าเชื่อถือสูง แล้วทำนายเวลาการทำแห้งจากสมการ นำกล้วยไข่มาทำแห้งตามเวลาที่ทำนายได้ แล้วสุ่มตัวอย่างกล้วยไข่กึ่งแห้งมาวิเคราะห์คุณภาพ

การวิเคราะห์คุณภาพ

1) ปริมาณความชื้น (Moisture Content) (AOAC, 1990) ตามวิธีในภาคผนวก ข-1
2) ค่าวอเตอร์แอคติวิตี (Water Activity; a_w) ด้วยเครื่องวัดค่า a_w ตามวิธีในภาคผนวก ข-2
3) ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (Total Sugar Content) (AOAC, 1990) ตามวิธีในภาคผนวก ข-4
4) ปริมาณเหล็ก (Iron Content) (Kosse et al., 2001) ตามวิธีในภาคผนวก ข-5
5) ปริมาณแคลเซียม (Calcium Content) (AOAC, 1990) ตามวิธีในภาคผนวก ข-6

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

6) ค่าสีของเนื้อกล้วยไข่ ด้วยเครื่องวัดค่าสี รายงานผลเป็นค่า L* a* และ b* คำนวณหาค่า Hue angle และ Chroma และคำนวณหาค่าการเปลี่ยนแปลงของสี (ΔE) เมื่อเปรียบเทียบกับกล้วยไข่สด ตามวิธีในภาคผนวก ก-1

7) ค่าความแน่นเนื้อ (Firmness) ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส ตามวิธีในภาคผนวก ก-2

8) ค่าการหดตัว (Shrinkage) วัดเส้นผ่านศูนย์กลางด้วยเวอร์เนียคาลิปเปอร์และความหนาด้วยไมโครมิเตอร์ โดยรายงานผลเป็นค่าการหดตัวของเส้นผ่านศูนย์กลางและค่าการหดตัวของความหนา ตามวิธีในภาคผนวก ก-8

9) คุณภาพทางประสาทสัมผัส

นำตัวอย่างกล้วยไข่กึ่งแห้งมาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบ โดยวิธี 9-Point Hedonic Scale กำหนดระดับความชอบ ดังนี้ คะแนน 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด และคะแนน 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด ทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน กลุ่มทดสอบเป็นนิสิตระดับปริญญาตรีและปริญญาโท ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร มหาวิทยาลัยบูรพา อายุ 21-25 ปี แบบทดสอบที่ใช้แสดงดังภาคผนวก ค-2 และนำตัวอย่างกล้วยไข่กึ่งแห้งมาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสเพื่อให้ได้ข้อมูลคุณภาพเชิงพรรณนาปริมาณ โดยวิธี Quantitative Descriptive Analysis® โดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 10 คน รายละเอียดการทดสอบและแบบทดสอบที่ใช้แสดงดังภาคผนวก ค-3 และ ค-4

เกณฑ์ในการพิจารณา

พิจารณาเวลาที่ใช้ในการทำแห้งแบบสุญญากาศของกล้วยไข่ที่ผ่านและไม่ผ่านการออสโมซิส เพื่อให้ได้เป็นผลิตภัณฑ์กึ่งแห้งตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ โดยกำหนดความชื้นที่ต้องการ คือ ร้อยละ 15 ± 1 มีค่า a_w อยู่ในช่วง 0.65-0.75 และพิจารณาคุณภาพของผลิตภัณฑ์กล้วยไข่กึ่งแห้งที่ได้

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ทำการวิจัย 5 ซ้ำ วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของค่าคุณภาพต่าง ๆ ของชิ้นกล้วยไข่กึ่งแห้งที่ผ่านและไม่ผ่านการออสโมซิสโดยวิธี T-test (Independent sample *t*-test) วิเคราะห์ผลทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรม SPSS Version 13

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตอนที่ 6 การตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์กล้วยไข่กึ่งแห้งที่ผลิตได้ระหว่างการเก็บรักษา

นำตัวอย่างกล้วยไข่กึ่งแห้งที่ผลิตจากกล้วยไข่ที่ผ่านและไม่ผ่านการออสโมซิสตามตอนที่ 5 มาบรรจุในถุงโพลีเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ (Low Density Polyethylene) เคลือบอลูมิเนียมฟอยด์ (Aluminium Foil) ขนาด 4.5 x 8 นิ้ว บรรจุกล้วยไข่กึ่งแห้งถุงละ 100 กรัม และปิดผนึกให้สนิท นำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (27 ± 1 องศาเซลเซียส) สุ่มตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาทุกสัปดาห์ เป็นเวลา 0 1 2 3 และ 4 สัปดาห์

การวิเคราะห์คุณภาพ

1) ค่าสีของเนื้อกล้วยไข่ ด้วยเครื่องวัดค่าสี รายงานผลเป็นค่า L* a* และ b* คำนวณหาค่า Hue angle และ Chroma และคำนวณหาค่าการเปลี่ยนแปลงของสี (ΔE) เมื่อเปรียบเทียบกับกล้วยไข่กึ่งแห้งที่เก็บรักษา 0 สัปดาห์ ตามวิธีในภาคผนวก ก-1

2) ค่าความแน่นเนื้อ (Firmness) ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส ตามวิธีในภาคผนวก ก-2

3) ปริมาณความชื้น (Moisture Content) (AOAC, 1990) ตามวิธีในภาคผนวก ข-1

4) ค่าวอเตอร์แอคติวิตี (Water Activity; a_w) ด้วยเครื่องวัดค่า a_w ตามวิธีในภาคผนวก ข-2

5) ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (BAM, 2003) ตามวิธีในภาคผนวก ง-1

6) ปริมาณ *Escherichia coli* (BAM, 2003) ตามวิธีในภาคผนวก ง-2

7) ปริมาณ *Staphylococcus aureus* (BAM, 2003) ตามวิธีในภาคผนวก ง-3

8) ปริมาณยีสต์และรา (BAM, 2003) ตามวิธีในภาคผนวก ง-4

9) คุณภาพทางประสาทสัมผัส

นำตัวอย่างกล้วยไข่กึ่งแห้งมาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยวิธี 9-Point Hedonic Scale กำหนดระดับความชอบ ดังนี้ คะแนน 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด และคะแนน 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด ทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน กลุ่มทดสอบเป็นนิสิตระดับปริญญาตรีและปริญญาโท ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร มหาวิทยาลัยบูรพา อายุ 21-25 ปี แบบทดสอบที่ใช้แสดงดังภาคผนวก ค-2

เกณฑ์ในการพิจารณา

พิจารณาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา และเปรียบเทียบคุณภาพกับเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนกล้วยอบ มผช.112/2546 (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2546)

ซึ่งกำหนดไว้ว่า ต้องมีค่า a_w ไม่เกิน 0.75 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่เกิน 1×10^3 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม ปริมาณ *E.coli* และ *S.aureus* ต้องไม่เกิน 10 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม และปริมาณยีสต์และราต้องไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ทำการวิจัย 3 ซ้ำ พิจารณาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาทุกสัปดาห์ ดังนั้นปัจจัยที่ศึกษา คือ เวลาการเก็บรักษา วางแผนการทดลองแบบ CRD สำหรับผลการวิเคราะห์คุณภาพทุกคุณภาพ ยกเว้นการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองแบบ RCBD เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test วิเคราะห์ผลทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรม SPSS Version 13

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University