



บทที่ 3

การดำเนินงานวิจัย

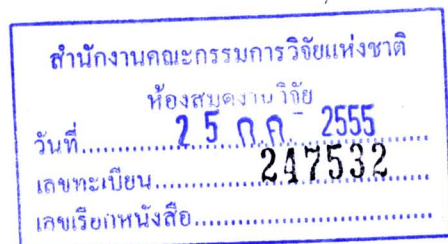
วัตถุดิบ อุปกรณ์และสารเคมี

วัตถุดิบ

- แผ่นแบ่งปอเปี๊ยะ (บริษัทสุรพลฟู้ดส์ จำกัด มหาชน)
- วุ้นเส้น (โรงงานวุ้นเส้นท่าเรือ)
- กุ้งแช่สุก (ขนาด 80-90 ตัว/กิโลกรัม, ตลาดสามย่าน)
- หน่อไม้ปิ้ง (ตลาดสามย่าน)
- เห็ดหูหนูสด (ตลาดสามย่าน)
- โปรตีนสับ (บริษัทสุรพลฟู้ดส์ จำกัด มหาชน)
- น้ำมันถั่วเหลือง ตรากุ้ง (บริษัทธนาคารผลิตภัณฑ์น้ำมันพืช จำกัด)
- น้ำมันงา (บริษัทชัยเสรี จำกัด)
- ซีอิ๊วดำ ตราง่วนเซียง (บริษัทท่ง่วนเซียงอุตสาหกรรมอาหาร จำกัด)
- น้ำตาลทราย ตรามิตรผล (บริษัทมิตรผล จำกัด)
- ผงชูรส ตราด้วยแดง (บริษัทอายิโนะโมะโต๊ะ (ประเทศไทย) จำกัด)
- เกลือ ตรารุ่งทิพย์ (บริษัทพัฒนาพิบูลย์ จำกัด (มหาชน))
- sorbitol (Food grade, บริษัทเพียวเคมีคัลส์อินดัสตรี (ประเทศไทย) จำกัด)
- whey protein isolate (WPI) (Food grade, มีโปรตีน 95%, บริษัทสปอร์ตเทค (ประเทศไทย) จำกัด)
- glycerol (BP grade, บริษัท เอส.อาร์.แลป. จำกัด)

อุปกรณ์ในการผลิตผลิตภัณฑ์

- เตาทอดไฟฟ้า (Wai-Laan รุ่น 89-80)
- เตาไมโครเวฟ (LG รุ่น MC-766YS)
- เทอร์โมมิเตอร์ 0-200 องศาเซลเซียส
- เครื่อง cryogenic freezer (Allen-Bradley รุ่น series F)
- เครื่องชั่งตวงวัด 2 ตำแหน่ง (Sartorius รุ่น BA2100s)
- เครื่องชั่งตวงวัด 3 ตำแหน่ง (Sartorius รุ่น BP310s)
- กระทะ ตะหลิว ภาชนะ



อุปกรณ์ในการวิเคราะห์ทางเคมี

- ชุดวิเคราะห์โปรตีนประกอบด้วย digestion unit (Buchi รุ่น K-424) และ Distillation unit (Buchi รุ่น B-324)
- เครื่องสกัดไขมัน (Gerhardt รุ่น S166)
- เครื่องระเหย (Eyela รุ่น SB-651)
- เตาเผา (Muffle Furnace, Carbolite รุ่น CWF 1200)
- ชุดเครื่องแก้วสำหรับวิเคราะห์ค่าเพอร์ออกไซด์
- ตู้อบลมร้อน (Memmert รุ่น modell 600)
- เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Mettler Toledo รุ่น AB204)

เครื่องมือในการวิเคราะห์ทางกายภาพ

- เครื่องวัดสี (Minolta Chroma Meter รุ่น CR 300 series)
- เครื่องวัดค่า a_w (Aqua Lab รุ่น series 3TE)
- เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Instron รุ่น 5565)

อุปกรณ์และบรรจุภัณฑ์

- เครื่องปิดผนึก (Impulse sealer รุ่น 300H)
- ฟิล์มพลาสติกชนิด oriented polypropylene/aluminum/linear low density polyethylene (OPP/Al/LLDPE) มีความหนา 100 micron (บริษัทเจนจรัสเคมีภัณฑ์พลายส์ จำกัด)

ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพของปอเปี๊ยะทอดแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -40 องศาเซลเซียส

3.1.1 การผลิตปอเปี๊ยะทอดแช่เยือกแข็ง

เตรียมไส้ปอเปี๊ยะโดยใช้สูตรส่วนผสมดังตารางที่ 3.1 ผลิตตามขั้นตอนในรูปที่ 3.1 ซึ่งใช้น้ำหนัก 18-20 กรัม แล้วห่อด้วยแผ่นแป้งขนาด กว้างxยาว ประมาณ 11.0 ± 0.5 เซนติเมตร x 12.0 ± 0.3 เซนติเมตร ให้ได้ปอเปี๊ยะขนาด กว้างxยาว ประมาณ 2.9 ± 0.4 เซนติเมตร x 6.3 ± 0.3 เซนติเมตร ซึ่งมีขั้นตอนในการเตรียมวัตถุดิบและห่อปอเปี๊ยะดังแสดงในภาคผนวก ก.1 และ ก.2 ตามลำดับ แล้วทอดแบบน้ำมันท่วม (deep fat frying) ครั้งละ 10 ชิ้น โดยใช้น้ำมันถั่วเหลืองใหม่ครั้งละ 2 ลิตร ที่อุณหภูมิ 180 ± 5 องศาเซลเซียส นาน 4 นาที แล้วแช่เยือกแข็งด้วยไนโตรเจนเหลวที่อุณหภูมิ -40 องศาเซลเซียส บรรจุในถุง OPP/Al/LLDPE ขนาด 23 เซนติเมตร x 30 เซนติเมตร ปิด

ผนึกถุงด้วยเครื่อง Impulse sealer ที่ความดันบรรยากาศ จากนั้นเก็บที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

3.1.2 การอุ่นปอเปี๊ยะทอดแช่เยือกแข็งด้วยเตาไมโครเวฟ

อุ่นปอเปี๊ยะทอดแช่เยือกแข็งที่ได้จากการผลิตตามข้อ 3.1.1 จำนวน 4 ชิ้น ด้วยเตาไมโครเวฟที่กำลังไฟฟ้า 720 วัตต์ เป็นเวลา 2 นาที

3.1.3 ประเมินคุณภาพของตัวอย่างดังนี้

3.1.3.1 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

วิเคราะห์ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใยและคาร์โบไฮเดรต (ภาคผนวก ข.1-ข.6) (A.O.A.C., 1995) โดยวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของทั้งชิ้นผลิตภัณฑ์ ทดลองทั้งหมด 4 ซ้ำ

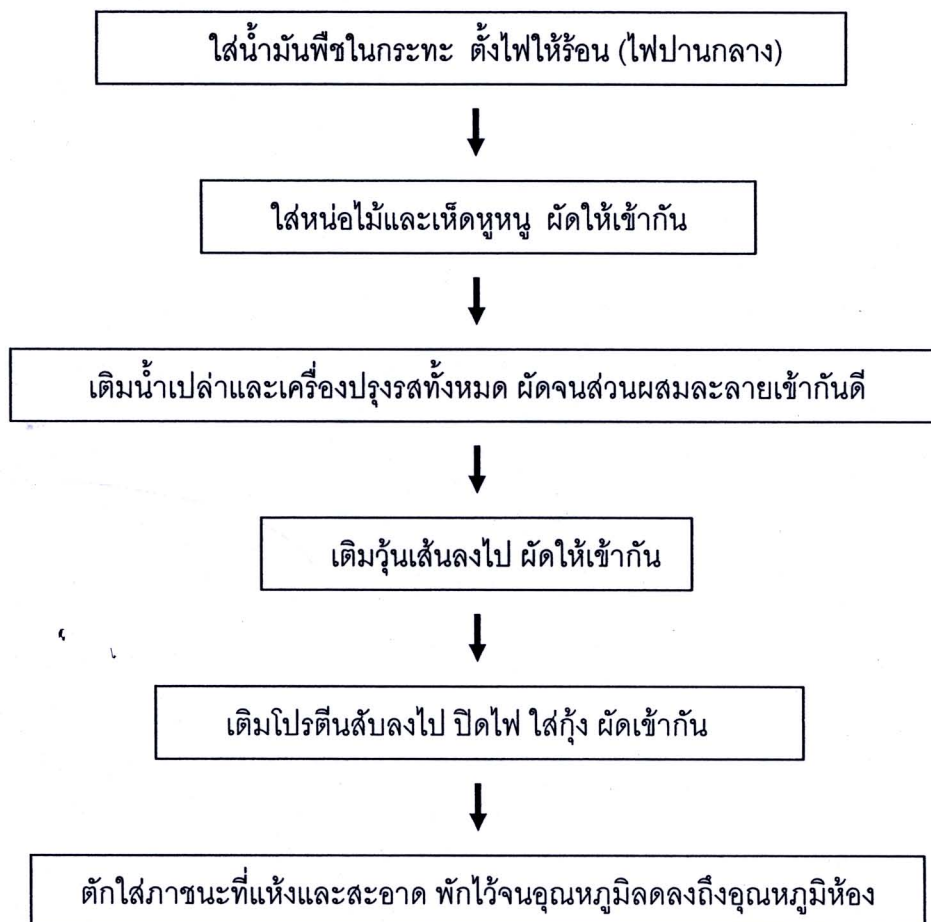
3.1.3.2 ตรวจวัดสมบัติทางกายภาพดังนี้

วัดค่าสี ด้วยเครื่องวัดสีที่บริเวณเปลือก (ภาคผนวก ค.1) ทดลองทั้งหมด 4 ซ้ำ

ตารางที่ 3.1 ส่วนประกอบของไส้ปอเปี๊ยะ

ส่วนผสม	ปริมาณ (g)
กุ้งลวก	17.00
วุ้นเส้นลวก	34.36
โปรตีนสับ	12.77
หน่อไม้	6.42
เห็ดหูหนูดำ (สด)	8.00
น้ำตาลทราย	4.92
เกลือ	1.01
ผงชูรส	2.00
น้ำเปล่า	9.18
ซีอิ๊วดำ	0.66
น้ำมันงา	0.68
น้ำมันพืช	3.00
น้ำหนักรวม	100

หมายเหตุ: กระจายละเอียดการเตรียมส่วนผสมในภาคผนวก ก.1



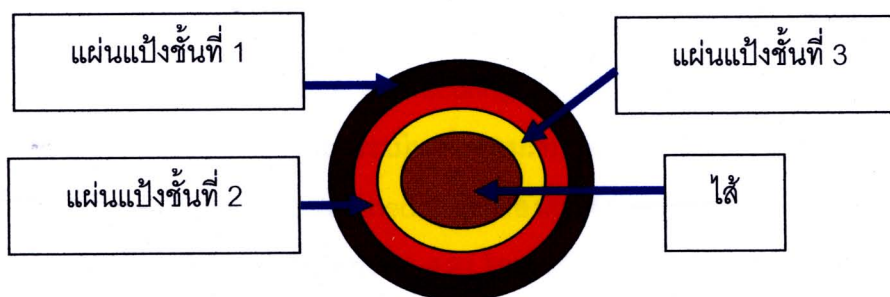
รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการเตรียมไส้ปอเปี๊ยะ

3.2 ศึกษาหาสาเหตุการลดลงของคุณภาพผลิตภัณฑ์ปอเปี๊ยะทอดแช่เยือกแข็งหลังจากอุ่นด้วยเตาไมโครเวฟ

เปรียบเทียบคุณภาพของปอเปี๊ยะทอดแช่เยือกแข็งที่ผลิตตามข้อ 3.1.1 แล้วอุ่นด้วยเตาไมโครเวฟตามข้อ 3.1.2 กับปอเปี๊ยะทอดที่ไม่นำไปแช่เยือกแข็ง ดังนี้

- 3.2.1 วัดค่า a_w ของปอเปี๊ยะทอดทั้ง 2 ชนิด (ภาคผนวก ค.2) ด้วยเครื่องวัดค่า a_w ขณะที่ผลิตภัณฑ์มีอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส โดยวัด 4 ตำแหน่ง คือ แผ่นแบ่งชั้นที่ 1 (เปลือกหรือแผ่นแบ่งชั้นนอก), แผ่นแบ่งชั้นที่ 2 (แผ่นแบ่งชั้นกลาง), แผ่นแบ่งชั้นที่ 3 (แผ่นแบ่งชั้นใน) และไส้ แสดงในรูปที่ 3.2
- 3.2.2 วัดเนื้อสัมผัสของปอเปี๊ยะทอดทั้ง 2 ชนิด ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส เพื่อประเมิน texture profile analysis ด้านความกรอบและความแข็งของผลิตภัณฑ์ (ภาคผนวก ค.3) โดยวัดทั้งชั้นที่บริเวณตรงกลางและด้านปลาย

วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) วิเคราะห์ข้อมูลโดย Analysis of variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยใช้ Duncan's New Multiple Range test (DNMRT) (Cochran and Cox, 1992) ทดลอง 6 ซ้ำ



รูปที่ 3.2 รูปสัญลักษณ์ภาพตัดขวางของปอเปี๊ยะทอด

3.3 การปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ปอเปี๊ยะทอดแช่เยือกแข็งที่อุ่นด้วยเตาไมโครเวฟ

3.3.1 ศึกษาผลของการใช้สารลดค่า a_w ในไส้ที่มีต่อคุณสมบัติทางกายภาพและประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปอเปี๊ยะทอดแช่เยือกแข็งหลังจากอุ่นด้วยเตาไมโครเวฟ

เตรียมไส้ปอเปี๊ยะโดยมีการแทนที่น้ำตาลด้วย sorbitol โดยแปรปริมาณเป็น 4 ระดับ คือ 25%, 50%, 75% และ 100% ของน้ำหนักน้ำตาลในสูตร และสูตรที่ใช้น้ำตาลเป็นตัวอย่างควบคุม ผลิตภัณฑ์ปอเปี๊ยะทอดแช่เยือกแข็งตามข้อ 3.1.1 แล้วอุ่นด้วยเตาไมโครเวฟตามข้อ 3.1.2 ประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์ดังนี้

3.3.1.1 วัดค่า a_w ของแผ่นแบ่งชั้นที่ 1, 2, 3 และไส้ ของผลิตภัณฑ์ทั้ง 5 สูตร ด้วยเครื่องวัดค่า a_w โดยวัดขณะที่อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์เป็น 25 องศาเซลเซียส

3.3.1.2 วัดเนื้อสัมผัสทางกายภาพของผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งทั้ง 5 สูตร ด้วยเครื่อง Instron โดยวัดทั้งขึ้นที่บริเวณตรงกลางและด้านปลายของชิ้น

วางแผนการทดลองแบบ CRD และวิเคราะห์ข้อมูลโดย ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ DNMRT ทดลอง 4 ซ้ำ

3.3.1.3 ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

3.3.1.3.1 ทดสอบคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ด้านความชุ่มชื้นที่เปลือก ความกรอบและความแข็ง โดยใช้ผู้ทดสอบแบบฝึกฝน (trained panelists) จำนวน 6 คน และใช้แบบทดสอบชนิด Quantitative Descriptive Analysis (QDA) with scoring (Larmond, 1982)

ใช้สเกล 0-5 แบบ 6 จุด (ภาคผนวก ง.1) วางแผนการทดลองแบบ randomized complete block design (RCBD) วิเคราะห์ข้อมูลโดย ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ DNMRD ทดลอง 3 ซ้ำ

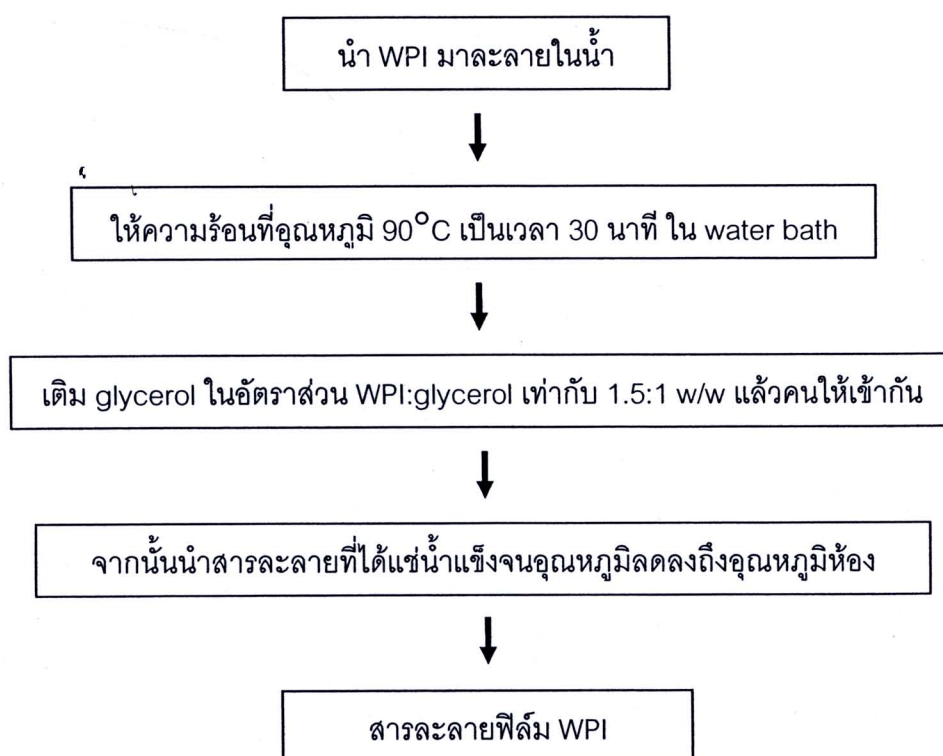
- 3.3.1.3.2 ทดสอบคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ด้านความเข้มข้นของสีที่เปลือก รสเค็ม รสหวาน ความกรอบและความแข็ง ใช้แบบทดสอบชนิด QDA with scoring (Larmond, 1982) ใช้สเกล 0-5 แบบ 6 จุด และประเมินการยอมรับ (acceptance test ใช้ scale แบบ 7 point hedonic) ของคุณลักษณะดังกล่าวและความชอบโดยรวม (ภาคผนวก ง.2) โดยใช้ผู้บริโภครวม 50 คน วางแผนการทดลองแบบ RCBD วิเคราะห์ข้อมูลโดย ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ DNMRD

จากนั้นเลือกสูตรของไส้ปอเปี๊ยะที่ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความกรอบมากที่สุดและได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค และสูตรของไส้ที่เป็นน้ำตาลเพื่อเปรียบเทียบผลที่ได้จากการใช้ฟิล์มบริโภคได้เพียงอย่างเดียวกับการใช้ฟิล์มบริโภคได้รวมกับการใช้สารลดค่า a_w ไปศึกษาต่อในขั้นตอนต่อไป (ข้อ 3.3.2)

3.3.2 ศึกษาผลของการใช้ edible film เคลือบบนแผ่นแป้งชั้นในสุด ที่มีต่อคุณสมบัติทางกายภาพและประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปอเปี๊ยะทอดแช่เยือกแข็งหลังจากอุ่นด้วยเตาไมโครเวฟ

เตรียมฟิล์มจาก whey protein isolate (WPI) โดยดัดแปลงจากวิธีของ Perez-Gago และ Kroetha (1999) ดังแสดงในรูปที่ 3.3 แปรความเข้มข้นของ whey protein isolate เป็น 3 ระดับ คือ 4%, 5% และ 6% w/w โดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย และใช้ glycerol เป็นพลาสติกไซเซอร์ จากนั้นทาสารละลายฟิล์ม 5 มิลลิเมตร บนแผ่นแป้งปอเปี๊ยะเพียงด้านเดียว (ด้านที่สัมผัสกับไส้) และนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที วัดความหนาของฟิล์ม (ภาคผนวก ค.4) และอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (ภาคผนวก ค.5) ตัดแผ่นแป้งที่ผ่านการเคลือบให้มีขนาด กว้างxยาว ประมาณ 6.3 ± 0.3 เซนติเมตร x 8.8 ± 0.3 เซนติเมตร เพื่อใช้สำหรับห่อไส้ของปอเปี๊ยะสูตรที่เลือกได้จากข้อ 3.3.1 และสูตรที่ใช้น้ำตาล โดยมีปอเปี๊ยะทอดแช่เยือกแข็งสูตรที่ใช้น้ำตาลในไส้และห่อไส้ด้วยแผ่นแป้งปอเปี๊ยะธรรมดาที่ไม่มีการเคลือบด้วยฟิล์มซึ่งมีขนาดเท่ากับแผ่นแป้งที่ผ่านการเคลือบฟิล์มที่ตัดแล้วเป็นตัวอย่างควบคุม แล้วผลิต

ปอเปี๊ยะทอดแช่เยือกแข็งตามข้อ 3.1.1 ซึ่งตัวอย่างทั้งหมดที่ได้มีชั้นของแผ่นแป้งเพิ่มขึ้นอีกหนึ่งชั้น จากนั้นอุ่นด้วยเตาไมโครเวฟตามข้อ 3.1.2 ประเมินคุณภาพของตัวอย่างเหมือนข้อ 3.3.1.1 (โดยวัดค่า a_w ของแผ่นแป้งที่เคลือบด้วยฟิล์ม WPI เพิ่มอีก 1 ชั้น), 3.3.1.2, 3.3.1.3.1 และ 3.3.1.3.2 แล้วเลือกสูตรของปอเปี๊ยะที่ทำให้การเคลื่อนที่ของน้ำในระหว่างองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ลดลง ทำให้เนื้อสัมผัสมีความกรอบมากที่สุดและได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค เพื่อนำไปศึกษาต่อในขั้นตอนต่อไป (ข้อ 3.4)



รูปที่ 3.3 ขั้นตอนการเตรียมสารละลายฟิล์ม (ดัดแปลงจากวิธีของ Perez-Gago and Krochta, 1999)

3.4 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ปอเปี๊ยะทอดแช่เยือกแข็งที่อุ่นด้วยเตาไมโครเวฟในระหว่างการเก็บรักษา

เตรียมตัวอย่างปอเปี๊ยะทอดแช่เยือกแข็งตามสูตรที่เลือกได้จากข้อ 3.3 และตัวอย่างที่ไม่ใช้ทั้งสารลดค่า a_w และฟิล์ม WPI (ตัวอย่างควบคุม) แล้วนำไปบรรจุในบรรจุภัณฑ์ชนิด OPP/Al/LLDPE ที่มีความหนา 100 micron ปิดผนึกด้วยเครื่อง Impulse sealer ที่ความดัน

บรรยากาศ แล้วเก็บที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส จากนั้นประเมินคุณภาพของตัวอย่างที่ระยะเวลาในการเก็บเป็น 0, 15, 30, 45, 60, 75 และ 90 วันตามลำดับ ดังนี้

3.4.1 วัดความหืนโดยวิเคราะห์ค่าเพอร์ออกไซด์ (PV) (ภาคผนวก ข.7) (Low and Ng, 1987)

3.4.2 วัดค่า a_w ด้วยเครื่องวัดค่า a_w โดยแบ่งบริเวณที่ใช้วัดเป็น 2 ตำแหน่ง คือ แผ่นแบ่งชั้นที่ 1 และไส้ และวัดขณะที่อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์เป็น 25 องศาเซลเซียส

3.4.3 วัดเนื้อสัมผัส ด้วยเครื่อง Instron โดยวัดทั้งขึ้นที่บริเวณตรงกลางและด้านปลายของชิ้น

3.4.4 ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

3.4.4.1 ทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านความเข้มข้นของสีที่เปลือก ความกรอบและความแข็ง โดยใช้ผู้ทดสอบแบบฝึกฝนจำนวน 6 คน และใช้แบบทดสอบชนิด QDA with scoring ใช้สเกล 0-5 แบบ 6 จุด (ภาคผนวก ง.1)

3.4.4.2 ทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านความเข้มข้นของสีที่เปลือก กลิ่น หิน รสเค็ม รสหวาน ความกรอบและความแข็ง ใช้วิธีประเมินชนิด QDA with scoring (สเกล 0-5 แบบ 6 จุด) และประเมินความชอบของสีที่เปลือก ความชอบกลิ่นรส ความชอบเนื้อสัมผัสของเปลือกและความชอบโดยรวม ด้วยวิธีประเมินชนิด acceptance test (โดยใช้ 7 point hedonic scale) (ภาคผนวก ง.3) โดยใช้ผู้บริโภคนจำนวน 50 คน

วางแผนการทดลองแบบ Factorial Design (2x7) with RCBD ทดลอง 3 ซ้ำ สำหรับการประเมินผลทางประสาทสัมผัสที่ให้โดยผู้ทดสอบแบบฝึกฝน และทดลอง 1 ซ้ำ สำหรับที่ให้โดยผู้บริโภค และ Factorial Design (2x7) with CRD ทดลอง 2 ซ้ำ สำหรับการวิเคราะห์และตรวจวัดสมบัติทางเคมีและกายภาพ วิเคราะห์ข้อมูลโดย ANOVA และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ DNMR