บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

อุปกรณ์

1. วัตถุดิบ
   - ไข่ไก่
   - สาหร่ายแผ่น
   - แครอท
   - หมูบด

2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตซุปไข่ถึ่งสำเร็จรูป
   - เครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ("Freezone® Stoppering Tray Dryer" Model-79780, Labconco., USA)
   - เครื่องชั่งไฟฟ้า ("Analytical Balance", Mettler Model BB120, Dielhemim Co., Ltd., Switzerland)
   - เครื่องบดเนื้อ ("Meat mincer", TS22, OMAS®., Italy)
   - เครื่องแช่แข็งแบบเร็ว ("Individual Quick Freezer", FL$_o$Freeze® FFB ADI 24., Sweden)
   - ตู้แช่แข็ง ("Freezer" Sanyo, Japan)
   - เครื่องปิดผนึกสุญญากาศ ("Vacuum sealer" Model VM2010, Audionvac., USA)
   - ถ้วยพลาสติก

3. อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพ

   3.1 อุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ
   - เครื่องวัดสี ("Minolta" Model CR300, Minolta Camera Co., Ltd., Japan)

   3.2 อุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี
   - เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง ("UV/VIS Spectrophotometer" Model V-530, Jusco Co., Ltd., Japan)
   - ชุดกลั่นอย่างง่าย (Distillation Set)

- อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ ("Water Bath" GFL Model D1004, Germany)
- เครื่องวัดค่าน้ำอิสระ ("Aw-box" Novasina: AWC200, Switzerland)
- ตู้อบลมร้อน ("Hot air oven" Memert Model ULM-400, USA)

3.3 อุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

- หม้อนึ่งความดัน ("Autoclave" Model AVC-3167 , IWAKI Glass Co., Ltd., Japan)
- ตู้อบเพาะเชื้อ ("Incubator" Model B6200, Heraeus Instrument)
- เครื่องตีปั่น ("Laboratory Blender Stomacher" Model 400, Seward Chemical., England.)

3.4 อุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์ทางคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

- ชุดอุปกรณ์ทดสอบชิม
- แบบสอบถาม (รายละเอียดในภาคผนวก ข.)

4. **สารเคมี**

- เอทธิลแอลกอฮอล์(Ethyl alcohol; C_2H_5COOH, J.T.Baker, USA.)
- กรดอะซิติก(Glacial acetic acid; CH_3COOH, Merck, Germany)
- กรดไฮโดรคลอริก(Hydrocholric acid; HCl, Merck, Germany)
- TBA(2-thiobabituric acid;$C_4H_4N_2O_2S$, Fluka, Switzerland)
- PCA Plate Count Agar (Difco, USA.)
- PDA Potato Dextrose Agar (Difco, USA.)
- Peptone (Difco, USA.)
- กรดทาร์ทาริก (Tartaric acid; $C_4H_6O_6$, Merck, Germany)

5. **เครื่องประมวลผลข้อมูล**

- เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล
- โปรแกรมสำเร็จรูป SX version4© 1985,86,87,88,89,91,92 Analytical software สำหรับวิเคราะห์ผลทางสถิติ (IBM Inc.,1992)
- โปรแกรมสำเร็จรูป Mixture Design (Massey University, 1988)
- โปรแกรมสำเร็จรูป Plackett and Burman Design (Massey University,1988)
- โปรแกรมสำเร็จรูป Surfer® version 4.07(Bresnahan,1989)

วิธีการทดลอง

ในการวิจัยนี้แบ่งการทดลองออกเป็นขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

1. การหาข้อมูลเบื้องต้นในการผลิตซุปไข่กึ่งสำเร็จรูป

เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ทำการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ จึงต้องทำการสำรวจข้อมูลจากผู้บริโภคว่าต้องการผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะอย่างไร เพื่อประกอบกับแนวความคิดที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้ตรงตามความต้องการของผู้บริโภคมากที่สุด โดยมีผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายคือผู้บริโภคกลุ่มวัยรุ่นและผู้ใหญ่ ในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ การสำรวจผู้บริโภคมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความเห็นของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ รวมทั้งสอบถามความเห็นของผู้บริโภคเกี่ยวกับส่วนผสมต่างๆที่ผู้บริโภคต้องการให้มีในผลิตภัณฑ์ เช่น ชนิดของเนื้อสัตว์ และ ผัก วิธีการคือใช้แบบสอบถาม (Questionaire) ในการสำรวจผู้บริโภคตามพื้นที่ต่างๆกระจายทั่วเขตพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่

การสำรวจผู้บริโภคจำเป็นที่จะต้องทราบจำนวนผู้บริโภคที่ต้องการสำรวจว่าควรมีจำนวนเท่าใดจึงจะเหมาะสม และเป็นตัวแทนที่สามารถให้ข้อมูลได้อย่างแท้จริง และสามารถนำไปประเมินผลได้ (ไพโรจน์,2536) ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังนี้

การคำนวณขนาดของผู้บริโภคเพื่อทำการสำรวจสิ่งที่ต้องทราบก่อนคือ

1. Population variance (ความแปรปรวนในกลุ่มผู้บริโภค) ทำได้โดยการสำรวจแบบ Mini surveyโดยวิธี Random telephone survey วิธีการคือโทรศัพท์สอบถามผู้บริโภค จำนวน 30 คน ซึ่งได้จากการสุ่มเบอร์โทรศัพท์ในเขตพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ ว่าเคยบริโภคอาหารกึ่งสำเร็จรูปหรือไม่ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณ Population variance เพื่อนำไปคำนวณหาความเที่ยงตรง (Required precision) ต่อไป

การคำนวณ Population variance สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\sigma^2 \approx \sigma^{\wedge 2} = \frac{p(1-p)}{n}$$

n = Sample size

σ^2 = Actual population variace

$\sigma^{\wedge 2}$ = Estimate of population variance

p = Estimate of p of population

2. ความเที่ยงตรง (Required precision, d) จากการตอบสนองในการสำรวจโดยการคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard Error, S.E) ก่อนซึ่งคำนวณได้จาก

$$\text{Standard Error} = (\sigma^2)^{1/2} = \left\{\frac{p(1-p)}{n}\right\}^{1/2}$$

และ $$\text{Standard Error} = \frac{\text{Required precission(d)}}{\text{Z Statistic}}$$

ดังนั้น $$d = Z(S.E)$$

จากนั้นสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดประชากร (Sample size, n) กับค่า Required precission (d) โดยให้ขนาดของประชากรเป็นแกนนอน (X) และค่าความเที่ยงตรงเป็นแกนตั้ง (Y) จุดที่เส้นกราฟเริ่มคงที่เป็นจุดที่ทำให้ทราบว่าควรใช้ประชากรตัวแทน จำนวนเท่าใดในการสำรวจ เมื่อทราบจำนวนแบบสอบถามที่ต้องการสำรวจแล้ว ออกแบบสอบถามเพื่อทำการสำรวจข้อมูลผู้บริโภคโดยกระจายไปในเขตพื้นที่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อสรุปผลและทำการพัฒนาต่อไป

2. การเตรียมวัตถุดิบ

เมื่อทำการสำรวจตามวิธีข้างต้นแล้วทำให้ทราบถึงลักษณะผลิตภัณฑ์ที่จะต้องทำการพัฒนาว่าควรมีลักษณะอย่างไร มีส่วนผสมอะไรบ้างและควรมีรสชาติอย่างไร จากนั้นจึงทำการพัฒนาสูตรพื้นฐานให้สอดคล้องตามข้อมูลที่ได้ทำการสำรวจมา โดยสูตรที่ทำการพัฒนาขึ้นแบ่งเป็น 3 ส่วน ดังนี้

ก. ส่วนของหมูปรุงรส

<u>ส่วนประกอบ</u>

เนื้อหมูบด	ร้อยละ	96.5
เกลือป่น	ร้อยละ	1.2
พริกไทย	ร้อยละ	0.3
ซีอิ๊วขาว	ร้อยละ	2.0

ข. ส่วนของซุปผง

<u>ส่วนประกอบ</u>

พริกไทย	ร้อยละ	1
ผงชูรส	ร้อยละ	8
มอลโตส	ร้อยละ	10
น้ำตาลทราย	ร้อยละ	5
ซีอิ๊วขาว	ร้อยละ	15
เกลือ	ร้อยละ	61

ค. ส่วนผสมทั้งหมดในซุปไข่

<u>ส่วนประกอบ</u>

ไข่ไก่	ร้อยละ	46
แครอท	ร้อยละ	9
ต้นหอม	ร้อยละ	4
สาหร่าย	ร้อยละ	5
เนื้อหมูบด	ร้อยละ	10
น้ำซุป	ร้อยละ	26

2.1 การเตรียมส่วนของเนื้อหมูปรุงรส

บดหมูเนื้อแดงด้วยเครื่องบดเนื้อ (Meat mincer) ผสมกับเครื่องปรุงรสในส่วน ก. ผสมให้เข้ากันหมักทิ้งไว้ในตู้เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 1 ชั่วโมง นำมาปั้นเป็นก้อนกลมและลวกในน้ำร้อน อุณหภูมิ 95-100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที จนเนื้อหมูลอยขึ้นมา ตักขึ้นพักไว้ให้เย็น

<u>หมายเหตุ</u> ส่วนของน้ำซุปที่ใช้ในการลวกหมูเก็บไว้เพื่อทำน้ำซุปในข้อ 2.2 ต่อไป

2.2 การเตรียมส่วนของน้ำซุป

ชั่งส่วนผสมตามสัดส่วน ข. คนผสมให้เข้ากัน โดยเติมส่วนที่เป็นซีอิ๊วขาวทีหลังสุด เพื่อให้ส่วนผสมอื่นๆที่เป็นผงผสมเข้ากันให้ดีก่อน จากนั้นนำส่วนของซุปผงที่ได้มาละลายในน้ำซุปหมูที่ได้จากข้อ 2.1 ในอัตราส่วนซุปผงต่อน้ำซุปหมู 1:10 คนผสมให้เข้ากัน

<u>หมายเหตุ</u> น้ำซุปหมูที่ได้จากข้อ 2.2 ควรอุ่นให้ร้อนอยู่เสมอให้มีอุณหภูมิประมาณ 80-90 องศาเซลเซียส

2.3 การเตรียมส่วนของไข่

ตอกไข่ไก่ลงในชามหรือหม้อผสม คนให้เข้ากันโดยไม่ต้องตีให้ขึ้นฟอง เทลงในน้ำร้อนอุณหภูมิ 80-90 องศาเซลเซียส ใช้ทัพพีคนให้ไข่กระจายเป็นเส้น ทิ้งไว้ให้สุก ใช้เวลาประมาณ 2 นาที ตักขึ้นมาพักไว้ให้สะเด็ดน้ำ

2.4 การเตรียมแครอท ต้นหอมและสาหร่าย

แครอท: ตัดแต่งเอารอยแมลงหรือรอยช้ำออก นำมาหั่นเป็นท่อนสี่เหลี่ยมขนาด 0.5x0.5x2 เซนติเมตร ลวกในน้ำอุ่นอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 8 นาทีนำมาทำให้เย็นโดยแช่ในน้ำเย็นทันที ตักขึ้นพักไว้ให้สะเด็ดน้ำ (Michiko and Koichi,1995)

ต้นหอม: ล้างทำความสะอาด ตัดแต่งส่วนปลายและส่วนโคนออกหั่นเป็นท่อนความยาว 0.3 เซนติเมตร ลวกในน้ำเดือด 100 องศาเซลเซียสนาน 1 นาที ทำให้เย็นลงทันทีโดยแช่ในน้ำเย็น ตักขึ้นพักไว้ให้สะเด็ดน้ำ

สาหร่าย: ตัดเป็นชิ้นขนาด 3x1.5 เซนติเมตร แช่ในน้ำร้อน 100 องศาเซลเซียสจนนิ่ม รินน้ำออก

2.5 ขั้นตอนการทำซุปไข่กึ่งสำเร็จรูป

นำส่วนผสมที่เตรียมได้ตามวิธีข้างต้น ผสมตามสัดส่วน ค. เทลงในภาชนะบรรจุ (ถ้วยพลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว สูง 1 นิ้ว) นำไปทำให้แข็งตัวโดยแช่ในตู้แช่แข็งที่อุณหภูมิ –20 องศาเซลเซียส จนแข็งตัวใช้เวลาประมาณ 5 ชั่วโมง จากนั้นนำไปทำให้แห้งโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (ระหว่างการย้ายจากตู้แช่แข็งไปยังเครื่องทำแห้งไม่ควรใช้เวลานานเกินไปจนทำให้เกิดการละลายของน้ำแข็ง) ทำแห้งที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ความดันต่ำกว่า $133x10^{-3}$ mBar จนแห้ง สังเกตได้จากอุณหภูมิที่ผิวหน้าของผลิตภัณฑ์เท่ากับอุณหภูมิของแผ่นให้ความร้อนถือเป็นจุดยุติของการทำแห้ง

ผลิตภัณฑ์ซุปไข่กึ่งสำเร็จรูปที่ได้จะนำมาเก็บไว้ในภาชนะบรรจุปิดสนิท สามารถป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำและอากาศได้ดีหรืออาจบรรจุในสภาพสุญญากาศ สามารถเก็บรักษาไว้ได้ที่อุณหภูมิปกติ ก่อนที่จะนำไปทดสอบชิมหรือวิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆ ทำการคืนตัวโดยการเติมน้ำร้อนในสัดส่วนที่เหมาะสมเป็นเวลานาน 2 นาที ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีลักษณะพร้อมบริโภค

3. การศึกษาหาสัดส่วนของเครื่องปรุงรสที่เหมาะสมในการทำน้ำซุปที่มีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ซุปไข่กึ่งสำเร็จรูป

ส่วนของซุปผงเป็นส่วนผสมของเครื่องปรุงหลายๆชนิดมาประกอบกัน ดังนั้นจึงต้องทำการหาสัดส่วนที่เหมาะสมเพื่อทำการปรับปรุงด้านรสชาติ และการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์โดยออกแบบการทดลองแบบ Mixture Design ซึ่งมีหลักการคือ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของส่วนประกอบใด ส่วนประกอบที่เหลือจะต้องมีการเปลี่ยนแปลงด้วยและผลรวมของส่วนประกอบทั้งหมดต้องเท่ากับ 1 หรือร้อยละ 100

ส่วนของน้ำซุปมีองค์ประกอบทั้งหมด 6 ชนิดทำการวางแผนการทดลองแบบ Mixture Design โดยนำข้อมูลระดับของแต่ละส่วนประกอบที่ใช้ป้อนเข้าโปรแกรม Mixture Design (Massey University,1988) ได้แผนการทดลองดังตารางที่ 3.1 โดยให้ระดับการใช้ส่วนผสมอื่นๆคงที่ดังนี้

ส่วนผสมพื้นฐาน

ไข่	ร้อยละ 46	คิดเป็น	18	กรัม/1 ถ้วย
แครอท	ร้อยละ 9	คิดเป็น	3.5	กรัม/1ถ้วย
ต้นหอม	ร้อยละ 4	คิดเป็น	1.5	กรัม/1ถ้วย
สาหร่าย	ร้อยละ 5	คิดเป็น	2	กรัม/1ถ้วย
เนื้อหมูบด	ร้อยละ 10	คิดเป็น	4	กรัม/1ถ้วย
น้ำซุป	ร้อยละ 26	คิดเป็น	10	กรัม/1ถ้วย

ผลการทดลองแบบ Mixture Design นี้สามารถนำมาวิเคราะห์เพื่อที่จะหาความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบต่างๆกับค่าที่วัดได้ (Response variable) (Hare; 1974) จากนั้นนำมาวิเคราะห์สรุปผลทางสถิติได้

ตารางที่ 3.1 แผนการทดลองแบบ Mixture Design สำหรับพัฒนาหาสัดส่วนของเครื่องปรุงรสในส่วนของน้ำซุปที่ใช้ในการผลิต ผลิตภัณฑ์ซุปไข่กึ่งสำเร็จรูป

เครื่องปรุงรส	พริกไทย	ผงชูรส	น้ำตาลมอลโตส	น้ำตาลทราย	ซอสปรุงรส	เกลือ
ระดับต่ำ	0.01	0.08	0.10	0.05	0.15	0.55
ระดับสูง	0.02	0.12	0.15	0.10	0.20	0.65
ระยะห่าง	0.01	0.04	0.05	0.05	0.05	0.10
สิ่งทดลอง						
1	0.01	0.08	0.10	0.05	0.15	0.61
2	0.01	0.08	0.10	0.05	0.20	0.56
3	0.01	0.08	0.10	0.10	0.15	0.56
4	0.01	0.08	0.15	0.05	0.15	0.56
5	0.01	0.12	0.10	0.05	0.15	0.57
6	0.02	0.08	0.10	0.05	0.15	0.60
7	0.02	0.08	0.10	0.05	0.20	0.55
8	0.02	0.08	0.10	0.10	0.15	0.55
9	0.02	0.08	0.15	0.05	0.15	0.53
10	0.02	0.12	0.10	0.05	0.15	0.56

หมายเหตุ : ระดับสัดส่วนของเครื่องปรุงรสในแต่ละสิ่งทดลองมีค่ารวมเท่ากับ 1.00หรือร้อยละ 100

เมื่อได้สิ่งทดลอง (Treatment) ตามแผนงานที่กำหนด ตัวอย่างในแต่ละสิ่งทดลองจะถูกนำมาคืนตัวโดยการเติมน้ำร้อน 100 มิลลิลิตรทิ้งไว้ประมาณ 2 นาที จากนั้นนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทำการทดลองทางด้านประสาทสัมผัสโดยใช้ Ideal ratio profile technique ทำการบันทึกข้อมูลที่ได้ทั้งหมดและนำข้อมูลมาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้โปรแกรม SX version4 (IBM Inc ,1992) เพื่อหาข้อสรุปของผลการทดลอง

3.1 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

โดยการสุ่มตัวอย่างแต่ละสิ่งทดลองออกมาวิเคราะห์ค่าทางกายภาพ ซึ่งทำการวิเคราะห์ 2 ซ้ำได้แก่

- ค่าสี นำตัวอย่างที่ได้มาผ่านการคืนตัวด้วยน้ำร้อนเป็นเวลา 2 นาที แยกเอาเฉพาะส่วนของไข่มาปั่นให้ละเอียดเป็นเวลา 1 นาที นำมาใส่ภาชนะสำหรับวัดสี ทำการวัดซ้ำ 3 ครั้งต่อสิ่งทดลองโดยใช้เครื่องวัดสี ("Minolta" Model CR300) ก่อนทำการวัดสีทุกครั้งทำการ Standardize โดยใช่แผ่นสีขาวมาตรฐาน (White blank; lIluminant D65 10°; Y = 94.10; X = 0.3157; Y = 0.3324) กับแผ่น Aperture ขนาด 50 มิลลิเมตร บันทึกผลเป็นค่า L , a^* และ b^* (Minolta,1991)

ค่า	L	เป็นค่าของความสว่าง (Lightness)
	a^*	เป็นค่าสีแดงและสีเขียว (Redness/Greeness)
	b^*	เป็นค่าสีเหลืองและสีน้ำเงิน (Yellowness/Blueness)

- ค่าร้อยละการคืนตัว (% Rehydration) ตามวิธีของ Farkas and Singn, 1991 นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาคืนตัวด้วยน้ำร้อน 100 องศาเซลเซียสปริมาณ 100 มิลลิลิตร เป็นเวลา 2 นาที รินน้ำออกโดยรินผ่านตะแกรงลวด 8 Mesh ทิ้งไว้ 2 นาที ชั่งน้ำหนักสุดท้าย นำมาคำนวณหา % Rehydration ตามสูตร

$$\% \text{ Rehydration} = \frac{\text{น้ำหนักเริ่มต้นก่อนการทำแห้ง}}{\text{น้ำหนักสุดท้ายหลังการคืนตัว}} \times 100$$

3.2 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

โดยใช้ Ideal ratio profile technique เพื่อหาค่า Mean ideal ratio score (ไพโรจน์,2539) ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 15 ท่าน โดยก่อนที่จะทำการทดสอบ ผู้ทดสอบชิมทุกท่านจะได้รับการอธิบายให้มีความเข้าใจตรงกันถึงการประเมินค่าคุณสมบัติต่างๆของซุปไข่ แล้วจึงทำการประเมินคุณภาพในลักษณะต่างๆ (Attributes) ของผลิตภัณฑ์ได้แก่ สีของไข่ (Egg colour), ลักษณะของเส้นไข่ (Egg appearance) กลิ่นและรสชาติของไข่ (Egg flavour) ลักษณะเนื้อสัมผัส

ของไข่ (Egg texture) รสเค็ม (Saltiness) รสเครื่องปรุงโดยรวม (All flavour) และ ความชอบโดยรวม (Overall acceptability) ตัวอย่างที่นำมาทดสอบชิม ได้จากการคืนตัวในน้ำร้อน 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 นาที

4. การศึกษาปัจจัยที่สำคัญที่มีผลต่อคุณภาพและการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ซุปไข่กึ่งสำเร็จรูป

ปัจจัยที่เป็นองค์ประกอบในผลิตภัณฑ์ซุปไข่กึ่งสำเร็จรูปมีทั้งหมด 6 ปัจจัยได้แก่ ไข่ แครอท สาหร่าย ต้นหอม เนื้อหมูบด และน้ำซุป เนื่องจากส่วนผสมที่เป็นปัจจัยในการศึกษามีมาก จึงต้องทำการกลั่นกรองเบื้องต้นเพื่อศึกษาว่า ปัจจัยใดเป็นปัจจัยหลัก (Main Effect) ที่มีผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์ โดยออกแบบการกลั่นกรองปัจจัยแบบ Plackett and Burman Design โดยจัดระดับของปัจจัยเป็นระดับสูง (High level; +) และระดับต่ำ (Low level; -) วิธีนี้เป็นวิธีที่สามารถกลั่นกรองปัจจัยจำนวนมากๆได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยคำนึงเฉพาะอิทธิพลหลัก (Main effect) ไม่สามารถคำนึงถึงอิทธิพลร่วม (Interaction effect) ของตัวแปรได้ ซึ่งขั้นตอนนี้เป็นเพียงการกลั่นกรองปัจจัยเฉพาะตัวแปรหรือปัจจัยที่สำคัญ อิทธิพลร่วมจึงยังไม่มีความสำคัญ การทดลองนี้ปัจจัยที่ต้องทำการกลั่นกรองมีทั้งหมด 6 ปัจจัย ดังตารางที่ 3.2 ดังนั้นจึงออกแบบการทดลองแบบ N=12 ดังตารางที่ 3.3 เพื่อให้สามารถกลั่นกรองปัจจัยได้ทั้งหมดทั้ง 6 ปัจจัย (ปัจจัย A-F) ส่วนที่เหลืออีก 5 ตัวจะเป็น Dummy variable (ปัจจัย G-K) เพื่อใช้ในการคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard error)

การคำนวณหาอิทธิพลของปัจจัย (Effect of variable) สามารถกระทำได้โดยการหาผลต่างระหว่างผลรวมที่เกิดจากการใช้ปัจจัยระดับสูงกับผลรวมที่เกิดจากการใช้ปัจจัยระดับต่ำ รวมทั้งสามารถคำนวณหาอิทธิพลของ Dummy variable ด้วย เพื่อนำมาใช้ในการทดสอบผลเนื่องมาจากปัจจัยหลัก (Real effect) โดยการนำเอาค่าอิทธิพลของ Dummy variable มาคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน หลังจากนั้นสามารถหาผลของปัจจัยหลักต่างๆว่ามีความสำคัญต่อระบบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ โดยการคำนวณหาค่า t-value ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 75 ขึ้นไป ($P \leq 0.25$) ทั้งนี้เพื่อเป็นการลดปัญหาการมองข้ามปัจจัยที่น่าจะมีความสำคัญได้ (ไพโรจน์,2536)

ตารางที่ 3.2 สูตรส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ซุปไข่กึ่งสำเร็จรูป ที่ระดับแตกต่างกัน 2 ระดับ

ปัจจัย	ระดับต่ำ(กรัม)	ระดับสูง(กรัม)
A. ไข่	18(-)	22(+)
B. แครอท	3(-)	4(+)
C. สาหร่าย	2(-)	4(+)
D. ต้นหอม	1.5(-)	2.5(+)
E. เนื้อหมูบด	4(-)	5(+)
F. น้ำซุป*	10(-)	15(+)

หมายเหตุ : เครื่องหมาย + = ระดับสูงของปัจจัย

\- = ระดับต่ำของปัจจัย

* ใช้สัดส่วนที่เหมาะสมที่สรุปได้จากผลการทดลองเบื้องต้น (ข้อ 3)

ตารางที่ 3.3 แผนผังการทดลองแบบ Plackett and Burman Design สำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ซุปไข่กึ่งสำเร็จรูปโดยกระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

สิ่งทดลอง	ปัจจัยที่ต้องทำการทดลอง(Input Variable)										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	+	+	-	+	+	+	-	-	-	+	-
2	+	-	+	+	+	-	-	-	+	-	+
3	-	+	+	+	-	-	-	+	-	+	+
4	+	+	+	-	-	-	+	-	+	+	-
5	+	+	-	-	-	+	-	+	+	-	+
6	+	-	-	-	+	-	+	+	-	+	+
7	-	-	-	+	-	+	+	-	+	+	+
8	-	-	+	-	+	+	-	+	+	+	-
9	-	+	-	+	+	-	+	+	+	-	-
10	+	-	+	+	-	+	+	+	-	-	-
11	-	+	+	-	+	+	+	-	-	-	+
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ : ปัจจัย A ถึง F เป็นปัจจัยที่ต้องการศึกษา (ดังตารางที่ 3.3) ส่วนปัจจัย G ถึง K เป็น Dummy variables และเครื่องหมาย + หมายถึงระดับสูง (High level) เครื่องหมาย - หมายถึงระดับต่ำ (Low level)

เมื่อทำการทดลองตามแผนงานที่กำหนด ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะถูกนำมาวิเคราะห์ค่าร้อยละของการคืนตัว วัดสีและทำการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสโดยใช้ Ideal ratio profile technique บันทึกข้อมูลที่ได้ทั้งหมดและนำมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรม Plackett and Burman Design (Massey University, 1988) เพื่อหาข้อสรุปจากการทดลองว่าปัจจัยใดบ้างที่เป็นปัจจัยที่สำคัญที่เป็นปัจจัยที่สำคัญที่มีผลต่อคุณภาพและการยอมรับของผู้บริโภค

5. ศึกษาระดับการใช้ส่วนผสมที่เป็นปัจจัยหลักที่เหมาะสมในการทำผลิตภัณฑ์ซุปไข่กึ่งสำเร็จรูป

การทดลองเบื้องต้น ทำให้สามารถกลั่นกรองได้ว่าปัจจัยใดเป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อระบบที่ทำการศึกษา จากนั้นจึงนำปัจจัยหลักที่ได้มาศึกษาในรายละเอียดต่อไปโดยออกแบบการทดลองแบบ Factorial experiment ซึ่งเป็นการจัดสิ่งทดลองเข้ากับปัจจัยที่มีหลายระดับ การทดลองแบบนี้เป็นการทดลองที่มีประโยชน์ในการศึกษา เพื่อหาระดับการใช้ที่ดีที่สุดเหมาะสมที่สุดสำหรับหน่วยทดลอง การทดลองจะช่วยให้สามารถสรุปผลอย่างกว้างขวาง เพราะนอกจากจะสำรวจเพื่อเปรียบเทียบระหว่างระดับในแต่ละปัจจัยแล้วยังสามารถบอกความสำคัญของความเกี่ยวข้อง (Interaction effect) ระหว่างปัจจัยได้อีกด้วย

จากการทดลองเบื้องต้น (ข้อ4) พบว่าปัจจัยสำคัญที่มีผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์มี 2 ปัจจัยคือส่วนของน้ำซุปและส่วนของไข่ ซึ่งมีระดับการใช้ดังนี้

<u>ปัจจัยที่ศึกษา</u>	ระดับต่ำ(-)(กรัม)	ระดับสูง(+)(กรัม)
ปัจจัย A ไข่	16	20
ปัจจัย B น้ำซุป	12	18

ปัจจัยที่คงที่ในสูตร

แครอท	4 กรัม
สาหร่าย	2 กรัม
ต้นหอม	2.5 กรัม
เนื้อหมูบด	4 กรัม

ทำการออกแบบการทดลองแบบ 2^2 Factorial experiment แบบ Central Composite Design (CCD) ทำการทดลองที่ระดับ $\propto$ และที่ระดับกึ่งกลางเพื่อลดข้อผิดพลาด (Error) ที่อาจเกิดขึ้นเนื่องจาก Interaction ระหว่างส่วนประกอบต่างๆในอาหารซึ่งเป็น Complex food เพื่อระบุให้เห็นว่าที่จุดกลางๆจะมีแนวโน้มเป็นอย่างไร ซึ่งสามารถคำนวณการใช้ที่ระดับต่างๆได้ดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 ปริมาณการใช้ส่วนผสมต่างๆในผลิตภัณฑ์ซุปไข่กึ่งสำเร็จรูป ที่ระดับ $-\propto$ ***ถึง*** $+\propto$

ปัจจัยที่ศึกษา	$-\propto$	-1	0	+1	$+\propto$
ปัจจัยA ไข่	16	16.6	18	19.4	20
ปัจจัยB น้ำซุป	12	12.9	15	17.1	18

หมายเหตุ : เครื่องหมาย $\propto$ = Length of star point ได้จากการคำนวณตามสูตร

$+\propto$ = ระดับสูงของปัจจัย +1 = ค่าระหว่างจุดกึ่งกลางกับจุดสูงสุด

$-\propto$ = ระดับต่ำของปัจจัย -1 = ค่าระหว่างจุดกึ่งกลางกับจุดต่ำสุด

0 = ระดับกึ่งกลางของปัจจัย

การคำนวณค่า $\propto$

$$\propto = 2^{(k-p)/4}$$

$\propto$ = Length of star point

k = Number of factor

p = Fractionalization element

ทำการทดลองซ้ำที่จุดกึ่งกลางของแต่ละปัจจัยสามารถออกแบบการทดลองได้ทั้งหมด 10 สิ่งทดลองดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 การวางแผนการทดลองแบบ 2^2 Factorial experiment แบบ Central Composite Design โดยมีน้ำซุปและไข่ เป็นปัจจัยที่ศึกษา

สิ่งทดลอง	รหัส	ปัจจัยที่ศึกษา	
		ไข่(กรัม)	น้ำซุป(กรัม)
	$-\alpha$	16	12
	-1	16.6	12.9
	0	18	15
	+1	19.4	17.1
	$+\alpha$	20	18
1. (1)		-1	-1
2. a		+1	-1
3. b		-1	+1
4. ab		+1	+1
5. $-\alpha_a$		$-\alpha_a$	0
6. $+\alpha_a$		$+\alpha_a$	0
7. $-\alpha_b$		0	$-\alpha_b$
8. $+\alpha_b$		0	$+\alpha_b$
9. Cp_1		0	0
10. Cp_2		0	0

หมายเหตุ : (1) = ควบคุม , a = ไข่ , b = น้ำซุป , α = Star point , cp = จุดกึ่งกลาง

เมื่อได้สิ่งทดลองทั้งหมดแล้ว นำตัวอย่างของแต่ละสิ่งทดลองมาทำการวิเคราะห์ค่าสี L a* b* ร้อยละของการคืนตัว และ วิเคราะห์ผลทางด้านประสาทสัมผัสโดยใช้ Ideal ratio profile technique นำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์ผลทางด้านสถิติโดยใช้ Stepwise regression analysis จะทำการ Coding ปัจจัยต่างๆ ดังนี้ +1 , 0, –1และ α = 1.414 ตามลำดับ เพื่อหาข้อสรุปจากการทดลองถึงผลของน้ำซุปและไข่ ที่มีต่อคุณภาพและการยอมรับของผู้บริโภครวมทั้งคำนวณหาปริมาณที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัย โดยพิจารณาจากสมการความสัมพันธ์ที่มีค่า R^2 สูง ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ศึกษา ค่า R^2 ที่สูงหมายถึงความสัมพันธ์ที่ได้มีความ

เหมาะสม (Fit) กับผลที่ได้ค่อนข้างสูง นำมาทำการถอดรหัส (Decoding) ของตัวแปรในแต่ละสมการเพื่อให้ได้ผลที่เป็นค่าจริงที่ใกล้เคียงกับลักษณะที่เป็นค่าในอุดมคติของผลิตภัณฑ์มากที่สุด

หลักการถอดรหัส (Decoding) ของตัวแปรสมการ Coded equation ดังกล่าวสามารถทำได้โดยการนำเอาสมการ Coded equation ที่มีปัจจัยที่ยังไม่ได้ทำการถอดรหัส (Coded variable) มาแก้สมการโดยมีสูตรคำนวณดังนี้

$$\text{ปัจจัยที่ยังไม่ได้ถอดรหัส} = \frac{\text{ค่าจริง}-(\text{ค่าที่ระดับสูงของปัจจัยนั้น}+\text{ค่าที่ระดับต่ำของปัจจัยนั้น})/2}{(\text{ค่าที่ระดับสูงของปัจจัยนั้น}-\text{ค่าที่ระดับต่ำของปัจจัยนั้น})/2}$$

จากนั้นนำเอาปัจจัยที่ยังไม่ได้ถอดรหัสที่ได้ไปแทนในสมการ Coded equation และแก้สมการได้เป็นสมการที่ถอดรหัสแล้ว (Decoded equation) ซึ่งสามารถนำเอาสมการที่ได้นี้ไปคาดคะเนผลที่จะเกิดขึ้นได้ แต่การคาดคะเนนั้นจะต้องไม่ทำในช่วงที่เกินจากช่วงหรือระดับสูง-ต่ำที่ได้ทำการทดลองจริงเท่านั้น (ไพโรจน์, 2536)

6. ศึกษากระบวนการผลิตที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์ซุปไข่กึ่งสำเร็จรูป

กระบวนการผลิตที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งคือ วิธีการแช่แข็ง อุณหภูมิที่ใช้ในการทำแห้งและความดันที่ใช้ในการทำแห้ง ในที่นี้จะศึกษาเฉพาะวิธีการในการแช่แข็งและอุณหภูมิในการทำแห้งเท่านั้น เนื่องจากความดันไม่สามารถควบคุมได้ โดยปัจจัยที่ทำการศึกษามีดังนี้

วิธีการแช่แข็ง 2 วิธี

- แช่แข็งแบบช้าโดยใช้ Still air ที่ –20 องศาเซลเซียส 5 ชั่วโมง
- แช่แข็งแบบเร็วโดยใช้เครื่อง Individual Quick Freezer ที่ –34 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที

อุณหภูมิที่ใช้ในการทำแห้ง 3 ระดับ

- ทำแห้งที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส
- ทำแห้งที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส
- ทำแห้งที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

ออกแบบการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design ซึ่งมีแผนการทดลองดังตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 แผนการทดลองเพื่อศึกษากระบวนการผลิตที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์ซุปไข่กึ่งสำเร็จรูป

Treatment / Block	Drying 20°C		Drying 30°C		Drying 40°C	
	Slow freezing	Quick frozen	Slow frozen	Quick frozen	Slow frozen	Quick frozen
1	X_{11}	X_{21}	X_{31}	X_{41}	X_{51}	X_{61}
2	X_{12}	X_{22}	X_{32}	X_{42}	X_{52}	X_{62}
3	X_{13}	X_{23}	X_{33}	X_{43}	X_{53}	X_{63}

หมายเหตุ : สัญลักษณ์ X_{ij} โดยที่ X = รหัสของสิ่งทดลอง

i = ลำดับของสิ่งทดลอง

j = ซ้ำของการทดลอง

สิ่งทดลองที่ได้นำมาทำการวิเคราะห์ค่าสี L a* b*, ร้อยละของการคืนตัวและวิเคราะห์ผลทางด้านประสาทสัมผัสโดยใช้ Ideal ratio profile technique นำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์ผลทางด้านสถิติโดยใช้ Analysis of variance (ANOVA) ที่มีการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design ซึ่งการวิเคราะห์วาเรียนซ์หรือความผันแปร เป็นวิธีการคำนวณเพื่อแบ่งแยกผลรวมกำลังสอง (Sum of Square) ของความผันแปรทั้งหมดออกเป็นส่วนๆ เพื่อคำนวณความแตกต่างอันเนื่องมาจากสิ่งทดลองที่แตกต่างกัน และสามารถเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละสิ่งทดลองว่ามีความแตกต่างกันอย่างไร เพื่อสามารถสรุปเลือกสิ่งทดลองที่เหมาะสมให้ค่าเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกับค่า Ideal value มากที่สุด

7. ศึกษาสภาวะการบรรจุและอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ซุปไข่กึ่งสำเร็จรูป

เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ทำการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ จึงต้องศึกษาถึงอายุการเก็บและสภาวะการเก็บที่เหมาะสม เพื่อทำให้สามารถป้องกันการเปลี่ยนแปลงที่อาจเกิดขึ้นได้ในระหว่างการเก็บรักษา ผลิตภัณฑ์ซุปไข่กึ่งสำเร็จรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะแห้งและเป็นรูพรุนซึ่งมีพื้นที่ผิวสัมผัสมาก ฉะนั้นโอกาสที่จะเสื่อมเสียได้จากการ Oxidation ของไขมันสามารถเกิดได้ดี ดังนั้นจึงต้องเก็บในสภาวะที่มีก๊าซออกซิเจนในปริมาณต่ำหรือปราศจากก๊าซออกซิเจน นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ควรต้องเก็บในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท ป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำ แสงแดดและก๊าซต่างๆได้ดี ซึ่งจากข้อมูลเบื้องต้น พบว่าภาชนะบรรจุที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์ คือ โพลิเอทธิลีนลามิเนตกับอะลูมิเนียมเปลว (Polyethylene-Aluminium-Polyethylene Laminate Bag)

ศึกษาสภาวะการบรรจุที่แตกต่างกัน 4 สภาวะคือ

1. บรรจุภายใต้สภาวะปกติ (Control)
2. บรรจุภายใต้สภาวะสุญญากาศ (Vacuum Condition)
3. บรรจุภายใต้ก๊าซไนโตรเจน (Nitrogen pack)
4. บรรจุพร้อมตัวจับก๊าซออกซิเจน (Oxygen scavenger) โดยมีสัดส่วนการใช้ผงเหล็กต่อน้ำหนักผลิตภัณฑ์เท่ากับ 1:3.3 ปริมาตรภาชนะบรรจุเท่ากับ 80 ลูกบาศก์เซนติเมตร

เก็บในอุณหภูมิในการเก็บ 2 สภาวะคือ

1. เก็บในสภาวะอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส
2. เก็บภายใต้สภาวะเร่งอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

ศึกษาอายุการเก็บเป็นเวลา 4 เดือนโดยสุ่มตัวอย่างเพื่อตรวจทุกๆเดือน เดือนละ 1 ครั้ง วิเคราะห์ผลทางด้านเคมี คือวิเคราะห์ความชื้น (%Moisture) ค่าน้ำอิสระ (Water activity, Aw) และความหืน (Rancidity) โดยหาค่า TBA value (mg moloaldehyde / Kg sample) วิเคราะห์ผลทางกายภาพโดยการวัดสีค่า L a* b*และวัดค่าร้อยละของการคืนตัวของผลิตภัณฑ์ วิเคราะห์ทางด้านประสาทสัมผัสโดยใช้ Ideal ratio profile technique และวิเคราะห์ผลทางด้านจุลินทรีย์โดยการหาจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) ยีสต์และรา (Yeast and mold) ทำการประเมินแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่อาจเกิดขึ้น และทำนายอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์