

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการทดลอง

1. การสร้างเค้าโครงผลิตภัณฑ์จากผลิตภัณฑ์ต้นแบบ ทำให้ทราบแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์ดังนี้ คือ ลักษณะสำคัญของผลิตภัณฑ์ปลายอล ลัดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร ที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญได้แก่ สีปรากฏ การกระจายตัวของส่วนผสม กลิ่นปลารสเค็ม กลิ่นรสสมุนไพร ความแน่นเนื้อ ความฉ่ำน้ำ และการยอมรับโดยรวม ซึ่งด้านสีปรากฏและรสเค็มของผลิตภัณฑ์ต้นแบบอยู่ในระดับที่ผู้บริโภคพอใจแล้ว ส่วนด้านการกระจายตัวของส่วนผสม กลิ่นรสสมุนไพร ความแน่นเนื้อ และการยอมรับโดยรวม ควรพัฒนาให้อยู่ในระดับที่สูงขึ้น แต่ด้านกลิ่นปลาและความฉ่ำน้ำควรปรับให้ลดลง

2. อัตราส่วนที่เหมาะสมของส่วนผสมหลัก ซึ่งประกอบด้วย เนื้อปลา ไขมัน น้ำแข็ง และสารทดแทนไขมัน (โปรตีนถั่วเหลืองกับคาร์ราจีแน้อัตราส่วน 3:1) โดยวางแผนการทดลองแบบ Mixture Design ที่มีการผันแปรส่วนผสมหลัก และกำหนดให้ส่วนผสมอื่นคงที่ อัตราส่วนที่เหมาะสมของปัจจัยหลักขึ้นอยู่กับ ลักษณะสำคัญด้าน สีปรากฏ การกระจายตัวของส่วนผสม กลิ่นปลา กลิ่นรสสมุนไพร รสเค็ม ความแน่นเนื้อ ความฉ่ำน้ำ และการยอมรับโดยรวม เมื่อนำค่าของอัตราส่วนที่เหมาะสมของลักษณะสำคัญดังกล่าวมาเฉลี่ยได้อัตราส่วนที่เหมาะสมดังนี้

เนื้อปลา	ร้อยละ 73.30 ± 1.84
ไขมัน	ร้อยละ 10.00 ± 1.23
น้ำแข็ง	ร้อยละ 14.00 ± 1.07
สารทดแทนไขมัน	ร้อยละ 2.70 ± 0.15

3. ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของส่วนผสมสมุนไพร 3 ชนิดคือ เสดจ เลมอนบาล์ม และกะเพรา โดยวางแผนการทดลองแบบ Mixture Design อัตราส่วนที่เหมาะสมของส่วนผสมสมุนไพรขึ้นอยู่กับ ลักษณะสำคัญด้าน สีปรากฏ การกระจายตัวของส่วนผสม กลิ่นปลา

กลิ่นรสสมุนไพร รสเค็ม ความแน่นเนื้อ ความชุ่มน้ำ และการยอมรับโดยรวม เมื่อนำค่าของอัตราส่วนของ เสง : เลมอนบาล์ม : กะเพรา ของลักษณะทั้งหมดดังกล่าว ได้อัตราส่วนที่เหมาะสมของส่วนผสมสมุนไพร ดังนี้คือ

เสง	ร้อยละ 39.59 ± 0.72
เลมอนบาล์ม	ร้อยละ 30.22 ± 0.34
กะเพรา	ร้อยละ 30.19 ± 1.02

4. ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของส่วนผสมเส้นใยอาหาร 3 ชนิดคือ แครอท เห็ดหอม และสาหร่ายทะเล โดยวางแผนการทดลองแบบ Mixture Design อัตราส่วนที่เหมาะสมของส่วนผสมเส้นใยอาหาร ขึ้นอยู่กับลักษณะสำคัญด้าน สีปรากฏ การกระจายตัวของส่วนผสม กลิ่นปลา กลิ่นรสสมุนไพร และความแน่นเนื้อ เมื่อนำค่าของอัตราส่วนที่เหมาะสมของลักษณะทั้งหมดดังกล่าวมาเฉลี่ย ได้อัตราส่วนที่เหมาะสมของส่วนผสมเส้นใยอาหารดังนี้

แครอท	ร้อยละ 39.60 ± 3.41
เห็ดหอม	ร้อยละ 30.20 ± 4.04
สาหร่ายทะเล	ร้อยละ 30.20 ± 0.71

5. การศึกษาเพื่อกลั่นกรองปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยใช้แผนการทดลองแบบ Plackett and Burman design พบว่าปัจจัยที่มีความสำคัญต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ได้แก่ เกลือ และพริกไทย ส่วนประกอบอื่น ๆ ซึ่งถือว่าเป็นปัจจัยรองได้แก่ น้ำตาลผงชูรส โซเดียมไตรฟอสเฟต โพแทสเซียมซอร์เบท ส่วนผสมสมุนไพร และส่วนผสมเส้นใยอาหาร โดยสามารถกำหนดระดับการใช้ได้เท่ากับร้อยละ 3.0, 0.5, 0.1, 0.1, 0.2 และ 4.0 ตามลำดับ โดยคิดเป็นร้อยละของส่วนผสมหลัก

6. การศึกษาปริมาณการใช้เกลือ และพริกไทยที่เหมาะสม โดยวางแผนการทดลองแบบ 2^2 Factorial experiment (Central composite design, CCD) ซึ่งศึกษาระดับการใช้ช่วงที่เท่ากัน คือร้อยละ 1.5 - 2.5 ของส่วนผสมหลัก จากการทดลองพบว่าระดับการใช้เกลือและพริกไทยส่งผลต่อคุณภาพด้านสีปรากฏดังนี้

$$\text{สีปรากฏ} = 1.106 + 0.0864(P) - 0.2517(S) + 0.06428(S)^2 \quad R^2 = 0.9170$$

เมื่อ S หมายถึง ปริมาณการใช้เกลือ (ร้อยละของส่วนผสมหลัก)

P หมายถึง ปริมาณการใช้พริกไทย (ร้อยละของส่วนผสมหลัก)

สมการความสัมพันธ์ที่ได้ สามารถสรุปปริมาณการใช้เกลือและพริกไทยที่เหมาะสมได้แก่ ร้อยละ 2.2 และ 1.6 ตามลำดับ

7. การศึกษากระบวนการสับขนาดที่เหมาะสม โดยเปรียบเทียบอัตราเร็วและเวลาในการสับขนาดที่แตกต่างกัน พบว่าอัตราเร็วและเวลาในการสับขนาดไม่มีผลต่อคุณภาพทางด้านกายภาพและเคมีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) นอกจากนี้แล้วยังไม่มีผลต่อคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสด้านสีปรากฏ การกระจายตัวของส่วนผสม กลิ่นปลา กลิ่นรสสมุนไพร รสเค็ม และความชุ่มน้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่อัตราเร็วและเวลาในการสับขนาดที่เร็วและนานขึ้น ส่งผลให้ความชอบด้านความแน่นเนื้อและการยอมรับโดยรวมลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อพิจารณาความชอบด้านความแน่นเนื้อและการยอมรับโดยรวม สามารถสรุปได้ว่าอัตราเร็วในการสับขนาดที่เหมาะสมคือ 1273 รอบต่อนาที ระยะเวลา 8 นาที

8. การศึกษาอุณหภูมิและเวลาในการต้มผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสม โดยวางแผนการทดลองแบบ 2^2 Factorial experiment with 2 center points พบว่าอุณหภูมิและเวลาในการต้มผลิตภัณฑ์ไม่มีผลต่อคุณภาพทางด้านกายภาพและเคมีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้แล้วยังไม่มีผลต่อคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสด้านสีปรากฏ การกระจายตัวของส่วนผสม กลิ่นปลา กลิ่นรสสมุนไพร รสเค็ม และความชุ่มน้ำ แต่อุณหภูมิและเวลาในการต้มผลิตภัณฑ์มีอิทธิพลต่อความชอบด้านความแน่นเนื้อและการยอมรับโดยรวม โดยสามารถหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ได้ดังนี้

$$\text{ความแน่นเนื้อ} = -1.471 - 8.673 \times 10^{-4}(T \times M) + 0.0304(T) + 0.0694(M) \quad R^2 = 0.8940$$

$$\text{การยอมรับ} = -0.8439 - 5.612 \times 10^{-4}(T \times M) + 0.0196(T) + 0.0474(M) \quad R^2 = 0.9340$$

โดยรวม

เมื่อ T หมายถึง อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)

M หมายถึง เวลา (นาที)

สมการความสัมพันธ์สามารถสรุประดับอุณหภูมิและเวลาในการต้มที่เหมาะสมคือ 73 องศาเซลเซียส นาน 42 นาที ซึ่งสามารถทำนายคะแนนความชอบด้านความแน่นเนื้อได้เท่ากับ 1.00 และ การยอมรับโดยรวมเท่ากับ 0.86

9. จากการพัฒนาผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร พบว่าผลิตภัณฑ์สุดท้ายได้รับการยอมรับของผู้บริโภคค่อนข้างสูง ดังจะเห็นได้จาก ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส ผู้บริโภคให้คะแนนผลิตภัณฑ์ในด้านต่าง ๆ เข้าใกล้ค่าอุดมคติ โดยเมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ก่อนการพัฒนา จะพบว่าผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีความแตกต่างกับผลิตภัณฑ์ก่อนพัฒนาด้านการกระจายตัวของส่วนผสม กลิ่นรสสมุนไพร กลิ่นปลา ความแน่นเนื้อ ความฉ่ำน้ำ และการยอมรับโดยรวม

เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างผลิตภัณฑ์หลังการพัฒนากับผลิตภัณฑ์ในอุดมคติ พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในด้านความฉ่ำน้ำและการยอมรับโดยรวม ส่วนลักษณะที่ไม่มีมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ได้แก่ ด้านสีปรากฏ การกระจายตัวของส่วนผสม กลิ่นรสสมุนไพร กลิ่นปลา รสเค็ม และความแน่นเนื้อ สามารถสรุปได้ว่าการยอมรับผลิตภัณฑ์ปลายอ ลดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพรนั้น พิจารณาจากลักษณะสำคัญด้านกลิ่นรสสมุนไพร สีปรากฏ และความฉ่ำน้ำ โดยแสดงดังสมการความสัมพันธ์

$$\text{การยอมรับโดยรวม} = 0.297 + 1.643(\text{กลิ่นรสสมุนไพร}) - 0.781(\text{สีปรากฏ}) - 0.182(\text{ความฉ่ำน้ำ}) \quad R^2 = 0.9990$$

10. ศึกษาอุณหภูมิและเวลาในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสม โดยผันแปรอุณหภูมิการเก็บรักษาเป็น 1 5 และ 10 องศาเซลเซียส ทำการวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาเมื่อเริ่มต้น 7, 14, 21, 28 และ 35 วัน ผลการทดลองพบว่า อุณหภูมิไม่มีผลต่อคุณภาพด้านเคมี กายภาพ และทางประสาทสัมผัส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่ระยะเวลาการเก็บรักษานั้นมีผลต่อคุณภาพด้านสี L b แรงเฉือน ปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) สีปรากฏ กลิ่นรสสมุนไพร รสเค็ม ความแน่นเนื้อ ความฉ่ำน้ำ และการยอมรับโดยรวม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

เมื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ที่สภาวะการเก็บรักษาต่าง ๆ ดังกล่าว โดยมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเป็นดัชนีบ่งชี้ถึงการเสื่อมเสีย พบว่า สามารถสร้างสมการคาดคะเน อัตราเร็วของการเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดที่อุณหภูมิต่าง ๆ ได้ดังสมการ

$$k = 0.18 - 37.196 (1/T) \quad R^2 = 0.8910$$

เมื่อ T คือ อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) และ k คือ อัตราเร็วของปฏิกิริยา

ค่า k ที่ได้จากสมการนำมาใช้คาดคะเนอายุการเก็บรักษาได้ โดยใช้สมการของ Arrhenius ซึ่งผลการทดลอง พบว่าการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิต่ำจะทำให้อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์นานกว่าอุณหภูมิสูง แต่แตกต่างกันเพียงเล็กน้อยคือ ผลิตภัณฑ์ปลายยอดไขมันผสมเส้นใยอาหารและสมุนไพร สามารถเก็บรักษาได้ที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส นาน 34 วัน ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 32 วัน และที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 31 วัน

11. การคำนวณต้นทุนการผลิตจำเป็นต้องคิดจากค่าวัตถุดิบ ค่าภาชนะบรรจุ และค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ซึ่งประกอบด้วยค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิต ค่าไถ่หุ้ย ค่าแรงงาน โดยทั้งหมดคิดเป็นร้อยละ 30 ของค่าวัตถุดิบและค่าภาชนะบรรจุ โดยสรุปต้นทุนการผลิตได้ดังนี้

- ค่าวัตถุดิบ	22.10	บาท/แพ่ง
- ค่าภาชนะบรรจุ	0.25	บาท/แพ่ง
- ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ	6.71	บาท/แพ่ง
รวม	29.06	บาท/แพ่ง (135 กรัม)

ข้อเสนอแนะ

1. การคัดเลือกวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตถือว่าเป็นสิ่งที่สำคัญมาก โดยเฉพาะเนือปลาซึ่งถือว่าเป็นส่วนผสมหลักในการผลิตผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้เพราะเนือปลาที่ได้จากปลาที่ตายนานแล้ว หรือได้จากปลาที่ไม่สดนั้นจะมีลักษณะยุ่ยและ ซึ่งจัดเป็นปัญหาที่สำคัญมากเพราะเนือปลาเป็นแหล่งของโปรตีนที่ทำหน้าที่เป็นตัวประสาน (Emulsifier) ช่วยในการทำให้เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เกิดลักษณะอิมัลชันที่ดี ดังนั้นจึงควรเลือกปลาที่มีความสดใหม่ และควรลดกลิ่นคาวปลาก่อนนำมาใช้ในการผลิต โดยทำการล้างเนือปลาในน้ำเกลือเข้มข้นร้อยละ 0.1 นอกจากนี้แล้วเนือปลาที่ผ่านการคัดเลือกแล้วนั้นควรเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 5 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เพราะป้องกันการเสียของเนือปลาและการสลายของโปรตีนที่ทำหน้าที่เป็นตัวประสาน (Emulsifier) ในผลิตภัณฑ์ และถ้าต้องการเก็บไว้ให้นาน ๆ ควรแช่แข็งเนือปลาที่อุณหภูมิต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส แต่ไม่ควรบดเนือปลาก่อนการแช่แข็ง เพราะการบดเนือปลาทำให้เกิดการสลายของโปรตีนที่ทำหน้าที่เป็นตัวประสาน (Emulsifier) ขณะละลายน้ำแข็งก่อนนำเนือปลามาใช้ในการผลิต
2. อุณหภูมิที่เหมาะสมของการผลิตเมื่อสิ้นสุดกระบวนการสับขนาดนั้นไม่ควรเกิน 15 องศาเซลเซียส แต่จากการทดลองพบว่ามีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 18 องศาเซลเซียส จึงควรควบคุมอุณหภูมิโดยการนำเนือปลาไปแช่แข็งก่อน และนำมาละลายน้ำแข็งเป็นบางส่วน ให้ยังคงมีน้ำแข็งอยู่ประมาณร้อยละ 20 ในเนือปลา
3. กระบวนการอัดส่วนผสมลงในแบบพิมพ์ เป็นกระบวนการที่ทำให้เกิดความไม่สม่ำเสมอของลักษณะเนื้อของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากถ้าอัดไม่ดีจะทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดเป็นโพรงภายในตัวผลิตภัณฑ์ ดังนั้นจึงควรใช้เครื่องอัด (Stuffer) ทุกครั้งในการอัดผลิตภัณฑ์ลงในแบบพิมพ์ นอกจากนี้ผู้ผลิตต้องมีความชำนาญในการอัด เพื่อให้เกิดความสม่ำเสมอของเนื้อสัมผัสผลิตภัณฑ์ด้วย
4. ส่วนผสมเส้นใยอาหารที่ใช้ในการผลิตนั้น ควรทำการลดขนาดให้เล็กที่สุดก่อนนำมาใช้งาน ทั้งนี้เพราะเมื่อนำไปผสมในผลิตภัณฑ์ช่วงกระบวนการสับขนาดจึงไม่จำเป็นต้องใช้เวลานานในการสับผสม ทั้งนี้เพื่อลดการสับขนาดที่อาจต้องกระทำในเวลานานเกินไป (Over chopping) ซึ่งจะทำให้เกิดความไม่คงตัวของลักษณะอิมัลชัน