

# การพัฒนาผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นหมู โดยใช้เทคนิค

## การออกแบบการทดลอง

## Pork Balls Development by Using Experimental Design Technique

สรารวุฒิ ทองเจิม และ อิสรา ชีระวัฒน์สกุล

Sarawut Thongjerm and Isra Theerawatsakul

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50200

Email: isra@eng.cmu.ac.th

### บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นหมู โดยใช้เทคนิคการออกแบบการทดลองแบบผสม (Mixture Design) เพื่อหาปริมาณส่วนผสมของลูกชิ้นหมูที่มีความเหมาะสม โดยปัจจัยที่ทำการศึกษา มี 3 ปัจจัย คือ เนื้อหมู น้ำแข็ง และกลูเตน ได้สูตรการทดลองทั้งหมด 17 สูตร หลังจากนั้น ทำการทดสอบตัวอย่างด้วยวิธีการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส ด้วยการทดสอบความชอบแบบ 9 คะแนน โดยใช้ผู้ทดสอบชิม 50 คน สำหรับคุณลักษณะความชอบโดยรวม รสเค็ม กลิ่นรสเนื้อหมู สีของลูกชิ้น และความเหนียวนุ่ม และทำการประเมินคุณลักษณะเนื้อสัมผัสของลูกชิ้นหมู โดยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส ซึ่งค่าทดสอบที่ทำการวัดได้แก่ ค่า Hardness, Adhesiveness, Springiness, Cohesiveness, Gumminess และ Chewiness เมื่อทำการวิเคราะห์ผลทางด้านสถิติแล้ว พบว่า คุณลักษณะที่มีค่าทดสอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $P < 0.05$ ) ได้แก่ ความชอบโดยรวม รสเค็ม กลิ่นรสเนื้อหมู และความเหนียวนุ่ม ซึ่งแสดงให้เห็นว่าในแต่ละคุณลักษณะนั้น มีผลต่อความยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อลูกชิ้นหมู จากการวิเคราะห์หาค่าที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ (Optimization) จะได้สูตรส่วนผสมของลูกชิ้นหมูที่เหมาะสมประกอบด้วย เนื้อหมู น้ำแข็ง และกลูเตน เท่ากับร้อยละ 46.36, 32.58 และ 3.55 ตามลำดับ สุดท้ายต้นทุนการผลิตลูกชิ้นหมูหลังทำการพัฒนา เท่ากับ 43.19 บาทต่อกิโลกรัม

### ABSTRACT

This paper was studied about pork balls development by using mixture design was used to determine optimum ratio of pork, ice and gluten in the formulation of pork balls. Seventeen formulations covering the user defined were subjected to sensory evaluation. Sensory evaluation methodology using hedonic scale 9 point was used for overall, saltiness, pork flavor, color and stickiness by testing consumer 50 people. And textural quality characteristics assessed by texture analyzer, which testing for hardness, adhesiveness, springiness, cohesiveness, gumminess and chewiness. When they were analyzed by statistical method, there were significant differences ( $P \leq 0.05$ ) that the attributes were overall, saltiness, pork flavor and stickiness were responsible for effect on acceptable of consumer. Results obtained matched the predicted value where the optimum formulation received the best sensory scores for most attributes tested. The optimized formulations showed that containing 46.36 % pork, 32.58 % ice and 3.55 % gluten. The last cost of pork ball after development was 43.19 bath/ kg.

## 1. บทนำ

ผลิตภัณฑ์แปรรูปเนื้อสัตว์ ที่ผู้บริโภคส่วนใหญ่ นิยมรับประทานกันมากอย่างหนึ่ง ได้แก่ ลูกชิ้น ซึ่งมีหลายหลายรูปแบบ เช่น ลูกชิ้นหมู ลูกชิ้นเนื้อ ลูกชิ้นปลา ลูกชิ้นเอ็น เป็นต้น จากเดิมภายในจังหวัดเชียงใหม่มีโรงงานลูกชิ้นอยู่ 3 แห่ง แต่เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงด้านเศรษฐกิจ ผู้บริโภคมีความต้องการบริโภคผลิตภัณฑ์แปรรูปเนื้อสัตว์มากขึ้น ธุรกิจนี้จึงมีการขยายตัวหรือการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ซึ่งในขณะนี้กลุ่มผู้ประกอบการที่เข้ามาดำเนินธุรกิจการผลิตลูกชิ้น มีปริมาณมากถึง 30 กว่าราย ทั้งที่ขายเป็นแพนไชส์ เช่น ลูกชิ้นแฮมป์ ลูกชิ้นน้ำซึ่ เป็นต้น และจากกลุ่มผู้ประกอบการรายอื่นที่เข้าสู่ธุรกิจการผลิตลูกชิ้น ตัวอย่างเช่น จากเดิมทำการผลิตหมูขยอยู่แล้วในปัจจุบันทำการผลิตลูกชิ้นเพิ่มขึ้นภายใต้แบรนด์เดิม เป็นต้น

จากสาเหตุดังกล่าวข้างต้น จึงมีผลกระทบต่อโรงงานลูกชิ้นตัวอย่างซึ่งเป็นโรงงานผลิตลูกชิ้นสูตรดั้งเดิมอย่างมาก ดังนั้นทางโรงงานจึงมีความต้องการพัฒนาลูกชิ้นหมูสูตรใหม่วางสู่ท้องตลาด เพื่อเพิ่มส่วนแบ่งการตลาดในกลุ่มอุตสาหกรรมลูกชิ้นภายในจังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งคาดว่าจะช่วยให้โรงงานฯ มีขั้นตอนและวิธีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่มีทิศทางและเป็นระบบชัดเจนขึ้น และต้นทุนในการผลิตลดลง อีกทั้งเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันทางการตลาดกับคู่แข่งได้ และสุดท้ายผลิตภัณฑ์ตรงตามความต้องการของผู้บริโภค

## 2. วัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัย

1) เพื่อพัฒนาสูตรของผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นหมูโดยใช้เทคนิคการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment) ภายใต้ข้อจำกัดทางด้านผลิตภัณฑ์กระบวนการผลิต และเงินทุน

ซึ่งเทคนิคการออกแบบการทดลอง เป็นวิธีการทางสถิติวิธีหนึ่ง ที่ทำให้ผู้ทดลองสามารถทราบได้ว่าปัจจัย

หรือส่วนผสมใด ส่งผลต่อความยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นที่ทำการพัฒนาได้ และสามารถหาค่าที่เหมาะสมของสูตรลูกชิ้นได้

2) เพื่อหารูปแบบและวิธีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นที่เหมาะสม โดยผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ผ่านการพัฒนาแล้ว ต้องมีต้นทุนการผลิตไม่เกิน 50 บาทต่อกิโลกรัม

โดยทางโรงงานลูกชิ้นตัวอย่าง ทำการกำหนดต้นทุนในการพัฒนาลูกชิ้นสูตรใหม่ ซึ่งใช้ข้อมูลการคำนวณต้นทุนวัตถุดิบจากทางโรงงาน

## 3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลทางสถิติ

1) โปรแกรมสำเร็จรูปทางด้านสถิติ Design-Expert version 6.02 สำหรับการออกแบบการทดลอง และการคำนวณเพื่อหาค่าที่เหมาะสมของการทดลอง (Optimization) (สุจินดา, 2548)

2) โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 15.0 ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลแบบสอบถามผู้บริโภค โดยแบ่งการทดลอง ออกเป็นดังนี้

3.1 การสำรวจข้อมูลผู้บริโภค (ไพโรจน์, 2545) โดยทำการสุ่มกลุ่มตัวอย่างประชากรที่ทำการสำรวจซึ่งเป็นผู้บริโภค ภายในอำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อให้ทราบถึงความต้องการของกลุ่มผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ลูกชิ้น โดยทำแบบสอบถามผู้บริโภคภายในจังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 140 คน

3.2 การทดสอบความยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อลูกชิ้นยี่ห้อต่าง ๆ ภายในอำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ โดยใช้จำนวนผู้ทดสอบ ประมาณ 50 คน ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบระดับ 9 คะแนน (Hedonic Scale 9 Points) (นิรมล, 2543) เพื่อให้ทราบถึงระดับความยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อลูกชิ้น ทั้งหมด 6 ตัวอย่าง ได้แก่ ลูกชิ้น A, ลูกชิ้น B, ลูกชิ้น C, ลูกชิ้น D, ลูกชิ้น E, และลูกชิ้น F

3.3 ทดสอบลูกชิ้นต้นแบบ (Mock up) ก่อนทำการพัฒนา โดยทำการทดสอบผู้บริโภคเบื้องต้น โดยใช้

จำนวนผู้ทดสอบอย่างต่ำประมาณ 50 คน ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบระดับ 9 คะแนน สำหรับคุณลักษณะความชอบโดยรวม เพื่อให้ทราบถึงระดับความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อลูกชิ้นก่อนทำการพัฒนา และการทดสอบระดับความเข้ม (Categories just about right) สำหรับคุณลักษณะอื่น ๆ ได้แก่ ความเหนียวนุ่ม กลิ่นรส เนื้อหมู รสเค็ม และสีของลูกชิ้น เพื่อให้ทราบถึงคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นที่ต้องทำการพัฒนาต่อไป (Meligaard, 1999)

3.4 การวางแผนการทดลอง โดยใช้เทคนิคการออกแบบการทดลอง (ปารเมศ, 2545) โดยการปรับปรุงสูตรส่วนผสมของลูกชิ้น โดยใช้เทคนิคการออกแบบการทดลองแบบผสม (Gacula, 1993) เพื่อหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นหมู

หลังจากนั้นทำการทดสอบความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบระดับ 9 คะแนน ความเหนียวนุ่ม กลิ่นรสเนื้อหมู รสเค็ม และสีของลูกชิ้น และวัดค่าเนื้อสัมผัส ได้แก่ ความแข็ง (Hardness), การเกาะติดของอาหารกับผิวสัมผัสอื่น (Adhesiveness), อัตราที่สารเลืกรูปกลับคืนรูปเดิม (Springiness), ปริมาณการสลายตัวของผลิตภัณฑ์ (Cohesiveness), การแตกตัวจนถึงสภาวะที่กลืนได้ (Gumminess) และพลังงานที่ใช้เคี้ยวอาหารแข็งจนถึงขั้นที่พร้อมจะกลืน (Chewiness) (Ulu, 2006) แล้วทำการวิเคราะห์ผลทางสถิติ และหาค่าที่เหมาะสมของแต่ละคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัส (Cornell, 2002)

3.5 การทดสอบผู้บริโภค (ไพโรจน์, 2545) เพื่อหาความยอมรับรวมของผู้บริโภคที่มีต่อลูกชิ้นหมูสูตรปรับปรุง และเปรียบเทียบความชอบระหว่างลูกชิ้นหมูสูตรปรับปรุง สูตรเดิม และลูกชิ้นหมู A ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบระดับ 9 คะแนน โดยใช้ผู้ทดสอบ 50 คน ว่ามีความยอมรับที่แตกต่างกันหรือไม่ ด้วยวิธีหาความแตกต่างของ Tukey (ศิริชัย, 2539)

## 4. ผลการวิจัย

4.1 จากการสำรวจผู้บริโภค พบว่ารูปแบบของลูกชิ้นหมูที่เลือกซื้อมากที่สุด คือ แบบกลม ร้อยละ 79.6 ส่วนรสชาติของลูกชิ้นหมูที่ผู้บริโภคชอบมากที่สุด คือ รสเค็ม คิดเป็นร้อยละ 44.3 และเนื้อสัมผัสของลูกชิ้นหมูที่ผู้บริโภคต้องการมากที่สุด คือ เหนียวนุ่ม คิดเป็นร้อยละ 82.1 และราคาลูกชิ้นหมูต่อกิโลกรัมที่ผู้บริโภคเลือกซื้อมากที่สุด คือ ไม่เกิน 50 บาทต่อกิโลกรัม

4.2 ผลการทดสอบความยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อลูกชิ้นยี่ห้อต่าง ๆ ภายในอำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบผลการทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของลูกชิ้นหมูตัวอย่าง 6 ยี่ห้อ

| ตัวอย่าง  | คะแนนเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน |
|-----------|---------------------------------------|
| ลูกชิ้น A | 8.02 $\pm$ 0.71                       |
| ลูกชิ้น B | 7.22 $\pm$ 0.76                       |
| ลูกชิ้น C | 7.02 $\pm$ 0.59                       |
| ลูกชิ้น D | 6.72 $\pm$ 0.57                       |
| ลูกชิ้น E | 6.30 $\pm$ 0.65                       |
| ลูกชิ้น F | 6.22 $\pm$ 0.62                       |

ลูกชิ้นทั้ง 6 ตัวอย่าง มีค่า  $p < 0.05$  ( $p = 0.000$ ) แสดงว่าปฏิเสธสมมติฐานในการทดสอบ ( $H_0$ ) คือ ผู้บริโภคมีความชอบลูกชิ้นทั้ง 6 ตัวอย่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธีหาความแตกต่างแบบ Tukey ระหว่างลูกชิ้นหมูทั้ง 6 ตัวอย่าง สรุปได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของ Tukey ของผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นหมูทั้ง 6 ตัวอย่าง

| ลูกชิ้น | คะแนนเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน |
|---------|---------------------------------------|
| A       | $8.02 \pm 0.71^a$                     |
| B       | $7.22 \pm 0.76^b$                     |
| C       | $7.02 \pm 0.59^{bc}$                  |
| D       | $6.72 \pm 0.57^d$                     |
| E       | $6.30 \pm 0.65^e$                     |
| F       | $6.22 \pm 0.62^e$                     |

4.3 ผลคะแนนการทดสอบความชอบของลูกชิ้นต้นแบบ (Mock up) ก่อนทำการพัฒนา แสดงผลดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบผลคะแนนการทดสอบคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสของลูกชิ้นหมูสูตรเดิมและสูตรปรับปรุง

| คุณลักษณะ       | ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบน |                 |
|-----------------|------------------------------|-----------------|
|                 | สูตรเดิม                     | สูตรปรับปรุง    |
| ความชอบโดยรวม   | $7.90 \pm 0.76$              | $6.24 \pm 1.15$ |
| รสเค็ม          | $5.34 \pm 0.72$              | $5.56 \pm 1.25$ |
| กลิ่นรสเนื้อหมู | $4.88 \pm 0.66$              | $5.00 \pm 1.47$ |
| สีของลูกชิ้น    | $4.92 \pm 0.44$              | $5.00 \pm 0.70$ |
| ความเหนียวนุ่ม  | $4.96 \pm 0.60$              | $6.18 \pm 1.22$ |

หลังจากนั้นนำคะแนนทดสอบของคุณลักษณะความชอบโดยรวมที่ได้ไปวิเคราะห์หาความแตกต่าง (Paired T – test) (อิสรพงษ์, 2544) ได้ค่า p เท่ากับ 0.000 ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐานหลักและสรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยของความชอบโดยรวมของลูกชิ้นทั้ง 2 สูตรแตกต่างกัน ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p \leq 0.05$ )

ส่วนผลการระดับความเข้มของคุณลักษณะของลูกชิ้นหมูสูตรปรับปรุงนั้น ต้องปรับคุณลักษณะรสเค็ม กลิ่นรสเนื้อหมู และความเหนียวนุ่ม โดยคุณลักษณะความเหนียวนุ่มต้องปรับปรุงมากที่สุด ซึ่งข้อสรุปดังกล่าวทำให้ทราบถึงทิศทางในการพัฒนาคือ ควรปรับปรุงอัตราส่วนผสมระหว่างเนื้อหมู น้ำแข็ง และกลูเตน

(สารประกอบโปรตีนที่อยู่ในแป้งสาลี) (กล้าณรงค์ และ เกื้อกุล, 2543) เพื่อปรับปรุงความเหนียวนุ่มของลูกชิ้น

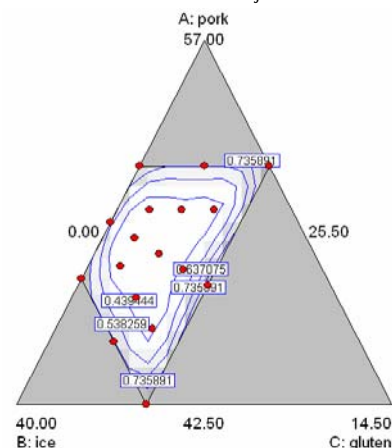
4.4 ผลการวางแผนการทดลอง โดยใช้เทคนิคการออกแบบการทดลองแบบผสม ซึ่งกำหนดอัตราส่วนผสม คือ เนื้อหมู น้ำแข็ง และกลูเตน รวมกันแล้วเท่ากับร้อยละ 82.5 แสดงระดับปัจจัยต่าง ๆ ได้ ดังตารางที่ 4 และส่วนผสมที่ทำการกำหนดให้คงที่ ได้แก่ ส่วนผสมแป้งรวม ร้อยละ 11.0 และเครื่องปรุงรส ร้อยละ 6.5

ตารางที่ 4 แสดงปัจจัย และระดับอัตราส่วนผสมของผลไม้วรวมในการทดลอง

| ปัจจัย | ส่วนผสม  | ร้อยละ   |          |
|--------|----------|----------|----------|
|        |          | ระดับต่ำ | ระดับสูง |
| A      | เนื้อหมู | 42.5     | 52       |
| B      | น้ำแข็ง  | 25.5     | 35.0     |
| C      | กลูเตน   | 0        | 5.0      |

ในที่นี้ทำการเลือกใช้แบบจำลองกำลังสอง (Quadratic Model) (Montgomery, 2001) ในการวางแผนการทดลอง ดังสมการที่ 1 และพื้นที่ของอัตราส่วนผสมที่ทำการศึกษา แสดงดังรูปที่ 1 ซึ่งมีการสุ่มการทดลองทั้งหมด 17 สูตรการทดลอง

$$E(y) = \sum_{i=1}^p \beta_i X_i + \sum_{i < j} \sum \beta_{ij} X_i X_j \quad (1)$$



รูปที่ 1 สูตรการทดลองสำหรับแผนการทดลองแบบผสมแบบเอ็กซ์ทรีมเวอร์ทิส

ซึ่งเมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส และค่าทดสอบทางด้านเนื้อสัมผัส พบว่าปัจจัยผลตอบที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ได้แก่ (1) ความชอบโดยรวม, (2) รสเค็ม, (3) กลิ่นรสเนื้อหมู, (4) ความเหนียวนุ่ม และ (5) ความแข็ง ซึ่งสรุปสมการถดถอย ดังตารางที่ 5 ตามลำดับ

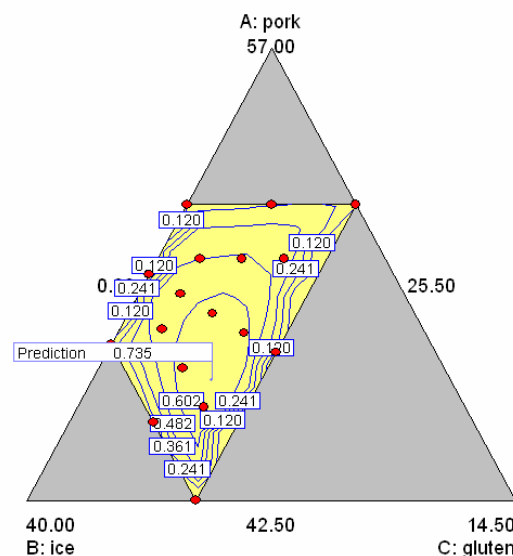
**ตารางที่ 5** แสดงผลสรุปสมการถดถอยของค่าทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

| ลำดับ | สมการความสัมพันธ์                                                                                                | p       | Adj. R <sup>2</sup> |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------------|
| 1     | 5.88A-30.22B-241.59C<br>+0.58AB+4.29AC<br>+5.71BC-0.060ABC<br>-0.009AB(A-B)<br>-0.015AC(A-C)<br>-0.017BC(B-C)    | 0.0057  | 0.8012              |
| 2     | 1.36A-11.64B-293.68C<br>+0.25AB+5.47AC<br>+6.15BC-0.06ABC<br>-0.003AB(A-B)<br>-0.021AC(A-C)<br>-0.021BC(B-C)     | 0.0008  | 0.8905              |
| 3     | 2.88A-16.66B-308.42C<br>+0.33AB+5.76AC<br>+6.38BC-0.06ABC<br>-0.005AB(A-B)<br>-0.023AC(A-C)<br>-0.021BC(B-C)     | 0.019   | 0.7094              |
| 4     | 5.13A-29.74B-198.52C<br>+0.59AB+3.72AC<br>+4.66BC-0.05ABC<br>-0.008AB(A-B)<br>-0.014AC(A-C)<br>-0.009BC(B-C)     | 0.0059  | 0.7989              |
| 5     | 377.34A+1160.38B<br>-578.82C-18.72AB<br>+43.08AC-35.21BC<br>-0.25ABC+0.41AB(A-B)<br>-0.23AC(A-C)<br>+0.46BC(B-C) | 0.00428 | 0.6212              |

หลังจากนั้น นำสมการทั้งหมดไปทำการหาค่าที่เหมาะสม จะได้ เนื้อหมู (A) เท่ากับ 46.36 เปอร์เซ็นต์

น้ำแข็ง (B) เท่ากับ 32.58 เปอร์เซ็นต์ และกลูเตน เท่ากับ 3.55 เปอร์เซ็นต์ (C) ซึ่งสามารถแสดงผลได้ดังรูปที่ 2

จากรูปที่ 2 เป็นกราฟคอนทัวร์ในการวิเคราะห์หาค่าที่เหมาะสมที่สุดของผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นหมู ซึ่งจะแสดงให้เห็นว่า ส่วนผสมที่วิเคราะห์ออกมาได้นั้น สามารถตอบสนองเกณฑ์ที่ต้องการได้ คิดเป็นร้อยละ 73.50 (0.735) ซึ่งค่าทำนายที่ได้ในแต่ละคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นหมู แสดงดังตารางที่ 6



**รูปที่ 2** กราฟแสดงการวิเคราะห์หาค่าที่เหมาะสมที่สุดของผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นหมู

**ตารางที่ 6** แสดงระดับค่าของตัวแปรผลตอบ หลังการวิเคราะห์หาค่าที่เหมาะสม (Optimization)

| คุณลักษณะ         | คะแนน  |
|-------------------|--------|
| ความชอบโดยรวม     | 6.67   |
| รสเค็ม            | 6.44   |
| กลิ่นรสเนื้อหมู   | 6.39   |
| ความเหนียวนุ่ม    | 6.67   |
| ความแข็ง (นิวตัน) | 107.62 |

เมื่อคำนวณต้นทุนการผลิตลูกชิ้นหมู คิดเป็น 43.19 บาทต่อกิโลกรัม ไม่เกินต้นทุนการผลิตที่กำหนดไว้คือ 50 บาทต่อกิโลกรัม

4.5 จากการทดสอบผู้บริโภคนั้น ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 7 ซึ่งเป็นผลการวิเคราะห์ผลความแปรปรวนของการทดสอบคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสโดยผู้ทดสอบชิมและผลการวัดค่าเนื้อสัมผัสด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัสอาหารของลูกชิ้นหมู

ตารางที่ 7 สรุปผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนในแต่ละปัจจัยผลตอบของลูกชิ้นหมูทั้ง 3 ตัวอย่าง

| ลำดับ                                    | ปัจจัย                                                                | ค่า p |
|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-------|
| <b>การทดสอบโดยผู้ทดสอบชิม</b>            |                                                                       |       |
| 1                                        | ความชอบโดยรวม                                                         | 0.004 |
| 2                                        | รสเค็ม                                                                | 0.185 |
| 3                                        | กลิ่นรสหมู                                                            | 0.011 |
| 4                                        | สีของลูกชิ้นหมู                                                       | 0.322 |
| 5                                        | ความเหนียวนุ่ม                                                        | 0.001 |
| <b>การทดสอบด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส</b> |                                                                       |       |
| 6                                        | ความแข็ง (นิวตัน)                                                     | 0.001 |
| 7                                        | การเกาะติดของอาหารกับผิวสัมผัสอื่น (กรัมวินาที)                       | 0.164 |
| 8                                        | อัตราที่สารเลี้ยวรูปกลับคืนรูปเดิม (มิลลิเมตร)                        | 0.000 |
| 9                                        | ปริมาณการสลายตัวของผลิตภัณฑ์ (กรัมวินาที)                             | 0.000 |
| 10                                       | การแตกตัวจนถึงสภาวะที่กลืนได้ (นิวตัน)                                | 0.000 |
| 11                                       | พลังงานที่ใช้เคี้ยวอาหารแข็งจนถึงขั้นที่พร้อมจะกลืน (นิวตันมิลลิเมตร) | 0.000 |

จากตารางที่ 7 แสดงให้เห็นว่า การทดสอบคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสโดยผู้ทดสอบชิมในแต่ละ

ปัจจัยผลตอบนั้น ปัจจัยที่มีค่าน้อยกว่า 0.05 คือความชอบโดยรวม กลิ่นรสเนื้อหมู และความเหนียวนุ่มนั้นแสดงให้เห็นว่า ปฏิเสธ  $H_0$  คือลูกชิ้นหมูทั้ง 3 ตัวอย่างมีคะแนนความชอบในแต่ละปัจจัยผลตอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p \leq 0.05$ ) ส่วนการทดสอบด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส พบว่าทุก ๆ ปัจจัยผลตอบ ยกเว้นค่าการเกาะติดของอาหารกับผิวสัมผัสอื่น มีค่า  $p$  น้อยกว่า 0.05 นั้นแสดงให้เห็นว่า ปฏิเสธ  $H_0$  คือลูกชิ้นหมูทั้ง 3 ตัวอย่าง มีค่าทดสอบทางด้านเนื้อสัมผัสแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p \leq 0.05$ )

เมื่อทำการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Tukey พบว่าผู้บริโภคมักมีความชอบลูกชิ้นสูตรปรับปรุงไม่ต่างจากสูตรเดิม และคุณลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัสจากการวัดค่าเนื้อสัมผัสก็ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ลูกชิ้นสูตรที่ทำการพัฒนานั้นแตกต่างกับลูกชิ้นหมูข้างม่อย ทั้งนี้เนื่องจากลูกชิ้นที่ทำการพัฒนาเป็นลูกชิ้นที่ทำการลดต้นทุนอาจทำให้ไม่อาจทดแทนหรือเปรียบเทียบทางด้านคุณภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ

## 5. สรุปผลการวิจัย

การหาสูตรลูกชิ้นหมูที่เหมาะสม โดยใช้เทคนิคการออกแบบผสม มีอัตราส่วนผสมคือ เนื้อหมู เท่ากับ 46.36 เปอร์เซ็นต์ น้ำแข็ง เท่ากับ 32.58 เปอร์เซ็นต์ และกลูเตน เท่ากับ 3.55 เปอร์เซ็นต์ และมีต้นทุนในการผลิตเท่ากับ 43.19 บาทต่อกิโลกรัม ไม่เกินต้นทุนการผลิตที่กำหนดไว้คือ 50 บาทต่อกิโลกรัม

## เอกสารอ้างอิง

- กล้าณรงค์ ศรีรอด และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ. 2543. เทคโนโลยีของแป้ง. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- นิรมล อุดมอ่า. 2543. วิธีการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส. ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาลิขสิทธิ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ปารเมศ ชูติมา. 2545. การออกแบบการทดลองทางวิศวกรรม. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.
- ไพโรจน์ วิริยาริ. 2545. การประเมินทางประสาทสัมผัส. ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาลิขสิทธิ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ไพโรจน์ วิริยาริ. 2545. หลักการทางเทคโนโลยีการพัฒนาลิขสิทธิ์, พิมพ์ครั้งที่ 2. ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาลิขสิทธิ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ศิริชัย พงษ์วิชัย. 2539. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยคอมพิวเตอร์, พิมพ์ครั้งที่ 6. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ.
- สุจินดา ศรีวัฒนะ. 2548. แบบหุ่นจำลองและสูตรอาหารที่เหมาะสม. วารสารอาหาร 35: 168 – 176.
- อิสรพงษ์ พงษ์ศิริกุล. 2544. การวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับอุตสาหกรรมเกษตร. ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาลิขสิทธิ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- Cornell, J.A. 2002. **Experiments with Mixtures: Designs, Models, and Analysis of Mixture Data**, 3<sup>rd</sup> ed. John Wiley and Son., New York: 305.
- Gacula, C. Maximo, Jr., 1993. **Design and Analysis of Sensory Optimization**. Food & Nutrition Press Trumbull, Connecticut 06611 USA.
- Meligaard, G., et al. 1999. **Sensory Evaluation techniques**. 3<sup>rd</sup> ed. CRC Press, Inc. Boca Raton.
- Montgomery D.C., 2001. **Design and Analysis of Experiments**, 5<sup>th</sup> ed. Arizona State University, United States of America.
- Ulu, H. 2006. Effects of carrageenan and guar gum on the cooking and textural properties of low fat meatballs. **J. Food Chemistry** 87: 523–529.