

# ฟลาวร์ผสม ปริมาณน้ำ และเวลาผสมที่เหมาะสมของโดสำหรับ อาหารอบกรอบที่มีโปรตีนหัวปลาไฮโดรไลเสตเป็นส่วนประกอบ

เสาวลักษณ์ จิตรบรรเจิดกุล<sup>1</sup> ก่องกาญจน์ กิจรุ่งโรจน์<sup>2</sup> และ กฤตลักษณ์ ปะสะกี<sup>3</sup>

## Abstract

Jitbunjerdkul, S., Kijroongrojana, K., and Pasakawee, K.

### Optimum composite flour, water and mixing time of dough for crispy snack containing fish-head protein hydrolysate

Songklanakarin J. Sci. Technol., 2007, 29(6) : 1633-1644

The properties of dough are responsible to the final quality of crispy snack. The effect of flour, water and mixing time on dough quality were evaluated. The simplex-centroid design for mixture of three flours (A, B and C) in a composite flour of 30-70, 25-65 and 5-45%, respectively was used in this study. Contour plot of hedonic scores and the predictive regression models were calculated, using Design-Expert version 7.0.3 (Stat-Ease, Inc. MN, USA). The result revealed that the predictive regression model and goodness-of-fit for the correlation between different composite flours and sensory properties showed adj.  $R^2$  0.87-0.96 and lack of fit,  $p > 0.05$  in the attribute of color, odor, taste and overall liking. The optimum amount of flour A, B and C that would yield the crispy snack with 9-point hedonic score of the all terms in the range of 6.0-9.0 was 45, 25 and 30% respectively. The optimum mixing conditions of dough using the optimum composite flour were studied. Factorial design of 56, 58, 60 and 62% water and mixing time 5, 10 and 15 min was used.

Department of Food Technology, Faculty of Agro-Industry, Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla 90112, Thailand.

<sup>1</sup>วท.ม. (เคมีเทคนิค) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ <sup>2</sup>Ph.D. (Food Technology) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ <sup>3</sup>นักศึกษาปริญญาโทหลักสูตร วท.ม. สาขา เทคโนโลยีอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90112

Corresponding e-mail : soawaluck.j@psu.ac.th

รับต้นฉบับ 12 กรกฎาคม 2549      รับลงพิมพ์ 8 ธันวาคม 2550

When the physical properties were evaluated, this results showed elasticity, cohesion and adhesion of dough increased with increasing water at mixing time ranging from 5 to 10 min. The crispy snack containing 5% fish-head protein hydrolysate, using the composite flour with flours A, B and C in the ratio of 45 : 25 :30, 62% water and mixing time 10 min obtained bulk density 16.17 g/100 ml, water absorption index 5.15 g/g dried sample, maximum force (hardness) 141.74 g and numbers of major peak (crispness) 8.2 peaks. The acceptance scores of color, odor, taste, crispness and overall liking of the final product evaluated by 9-point hedonic scales, were 6.84, 6.50 , 6.38, 7.68 and 6.64, respectively.

**Key words :** crispy snack, composite flour, dough, fish-head protein hydrolysate

### บทคัดย่อ

เสาวลักษณ์ จิตรบรรเจิดกุล ก่องกาญจน์ กิจรุ่งโรจน์ และ กฤตลักษณ์ ประสะกวี  
ฟลาวัวร์ผสม ปริมาณน้ำ และเวลาผสมที่เหมาะสมของโดสำหรับอาหารอบกรอบ  
ที่มีโปรตีนหัวปลาไฮโดรไลเสตเป็นส่วนประกอบ  
ว. สงขลานครินทร์ วทท. 2550 29(6) : 1633-1644

คุณภาพของอาหารอบกรอบมีผลสะท้อนมาจากสมบัติของโด งานวิจัยนี้จึงศึกษาผลของส่วนประกอบของฟลาวัวร์ ปริมาณน้ำ และเวลาการผสม ต่อคุณภาพของโด โดยศึกษาปริมาณฟลาวัวร์ชนิดต่าง ๆ ที่จะนำมาใช้เป็นฟลาวัวร์ผสม ซึ่งกำหนดให้มีฟลาวัวร์ A 30-70% ฟลาวัวร์ B 25-65% และฟลาวัวร์ C 5-45% วางแผนการทดลองแบบ simplex centroid ทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น รสชาติ ความกรอบ และความชอบรวมของผลิตภัณฑ์ด้วยการให้คะแนนความชอบแบบเฮโดนิค (9-point hedonic scale) แล้ววิเคราะห์สมการทำนายด้วยวิธีเรกเรชัน และสร้างแผนภาพคอนทัวร์โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Design-Expert version 7.0.3 (Stat-Ease, Inc. MN, USA) เพื่อหาสัดส่วนฟลาวัวร์ A B และ C ที่เหมาะสม ผลการทดลองพบว่าชนิดของฟลาวัวร์มีอิทธิพลต่อปัจจัยคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยสมการทำนายค่าคะแนนความชอบของทุกคุณลักษณะมีค่าสหสัมพันธ์สูง ( $adj. R^2 = 0.87-0.96$ ) และสมการไม่มีความบกพร่อง (lack of fit,  $p>0.05$ ) ยกเว้นคุณลักษณะด้านความกรอบ จึงใช้แผนภาพคอนทัวร์จากคำตอบสองด้านสี กลิ่น รสชาติ และความชอบรวม ในการทำนายสูตรที่เหมาะสม หลังจากทวนสอบสูตรแล้วพบว่าฟลาวัวร์ผสมที่เหมาะสมประกอบด้วยปริมาณ flour A B และ C เป็น 45 25 และ 30% ตามลำดับ นำฟลาวัวร์ผสมมาศึกษาปริมาณน้ำที่เหมาะสมในระดับ 56 58 60 62 และ 64% ของน้ำหนักฟลาวัวร์ผสม และใช้เวลาผสมต่างๆ คือ 5 10 และ 15 นาที โดยจัดสิ่งทดลองแบบแฟคทอเรียล แล้ววิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของโด พบว่าปริมาณน้ำเพิ่มขึ้นมีผลให้ค่าแรง (ความยืดหยุ่น) ระยะทาง (ความแข็งแรง) และพื้นที่ (การยึดติด) สูงขึ้นเมื่อใช้เวลาผสมระหว่าง 5-10 นาที ดังนั้นเห็นได้ว่าอาหารอบกรอบที่มีโปรตีนหัวปลาไฮโดรไลเสต 5% ของน้ำหนักฟลาวัวร์ผสม ควรใช้ฟลาวัวร์ผสมซึ่งประกอบด้วยฟลาวัวร์ A 45% ฟลาวัวร์ B 25% และฟลาวัวร์ C 30% ของน้ำหนักฟลาวัวร์ผสม ปริมาณน้ำ 62% ของน้ำหนักฟลาวัวร์ผสม และใช้เวลาผสมเป็นเวลา 10 นาทีที่จะได้อาหารอบกรอบที่มีคุณภาพดี คือ มีความหนาแน่น 16.17 กรัม / 100 มล. ความสามารถดูดซับน้ำ 5.15 กรัม/กรัมตัวอย่างแห้ง ค่าแรงสูงสุด (ความแข็ง) 141.4 กรัม และจำนวนพีกหลัก (ความกรอบ) 8.2 พีก และได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ย (9-point hedonic scale) ด้านสี กลิ่น รสชาติ ความกรอบและความชอบรวมเป็น 6.84 6.50 6.38 7.68 และ 6.64 ตามลำดับ

อุตสาหกรรมอาหารขบเคี้ยวของประเทศไทย มีการขยายตัวค่อนข้างมาก เห็นได้จากปริมาณและมูลค่าการส่งออกที่ปรับตัวเพิ่มสูงขึ้น และมีผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดใหม่ๆ ผลิตรายใหม่จำหน่ายในท้องตลาดเพิ่มมากขึ้น (วิภาดา,

2548) อาหารขบเคี้ยวมีหลายประเภท ได้แก่ ประเภทที่ทำจากแป้งและข้าว และประเภทที่มีโปรตีน (เช่น ถั่ว ปลา กุ้ง และปลาหมึก เป็นต้น) และมีเนื้อสัมผัสหลายลักษณะ เช่น ลักษณะกรอบนุ่ม กรอบแข็ง พองตัว และมีความหนาแน่น

ด้า เป็นต้น อาหารอบกรอบเป็นอาหารขบเคี้ยวชนิดหนึ่งที่มี ส่วนประกอบพื้นฐานมาจากแป้งและข้าว โดยขั้นตอนแรก ของกระบวนการผลิต คือ การผสม (mixing) ซึ่งทำให้ได้ ลักษณะแป้งที่เหนียวและยืดหยุ่น เรียกว่า "โด" กระบวนการผสมมีหน้าที่หลัก 3 ประการ ได้แก่ ผสมส่วนประกอบ เข้าด้วยกัน พัฒนาโดให้มีโครงสร้าง 3 มิติที่มีความเหนียว ยืดหยุ่นพอที่จะเก็บกักก๊าซ และให้อากาศซึ่งจะเกิดเป็นฟอง ก๊าซในระหว่างการทำโด (Angioloni and Rosa, 2005) การผลิต "โด" เป็นการผสมวัตถุดิบหลักคือ ฟลาวัวร์ (flour) น้ำ และเกลือ เกิดเป็นของผสมเชิงซ้อนของสตาร์ช โปรตีน ไขมัน และเกลือ ซึ่งคุณภาพของโดขึ้นกับคุณลักษณะของ ฟลาวัวร์ และสภาวะในการผสม ได้แก่ ชนิดของเครื่องผสม ความเร็วของการผสม เวลาผสม ปริมาณน้ำที่เติม (Contamine *et al.*, 1995) ฟลาวัวร์แต่ละชนิดจะมีองค์ประกอบ ทางเคมีที่สำคัญ คือ สตาร์ช และโปรตีน ที่แตกต่างกัน สตาร์ชประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก คือ อะไมโลส และ อะไมโลเพกติน ซึ่งรวมกันอยู่ด้วยสัดส่วนที่แตกต่างกัน มีผล ให้สมบัติของแป้ง ได้แก่ ความเหนียว การเกิดเจล ความคงตัว และการพองตัว แตกต่างกันไปตามชนิดของสตาร์ช (Satin, 2004) ส่วนโปรตีนในฟลาวัวร์จะมีบทบาทร่วมกับน้ำและระยะเวลา นวดผสม ในการให้คุณลักษณะของโดโดยการเกิดเป็น ร่างแหกดูเดน ซึ่งมีสมบัติเหนียว (viscoelastic properties) (Kuktaite *et al.*, 2004) ในกรณีที่มีการพัฒนา ร่างแหกดูเดนมีมากเกินไป โด้ที่ได้จะมีความยืดหยุ่น (elasticity) สูงเกินไป ทำให้เกิดความแข็งจากแรงเค้น (strain hardening) ส่งผลให้ความอ่อนตัวของโดลดลง จึงยากใน การรีดเป็นแผ่น และสูญเสียความคงตัวของขนาดและรูปร่าง

จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาพัฒนาการผลิตโดให้ได้คุณลักษณะ ของโดที่เหมาะสมกับคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ ได้แก่ Contamine และคณะ (1995) ศึกษาพบว่าโดของ บิสกิตต้องมีความยืดหยุ่นต่ำแต่เพียงพอที่จะสามารถยืดขยาย ออกได้ เพื่อสามารถขึ้นรูปได้ง่าย และคงรูปอยู่ได้ นั่นคือ ความเหนียวยืดเกาะพอเหมาะ และความยืดหยุ่นไม่มากเกินไป โดยพบว่า สัดส่วนความเหนียวต่อความยืดหยุ่น < 0.48 จึงจะได้โดที่ดีสำหรับบิสกิต ซึ่งคุณลักษณะของโดจะสะท้อน ถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้ายด้วย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึง ต้องการหาสัดส่วนผสมของฟลาวัวร์ซึ่งมีคุณลักษณะต่างกัน ที่เหมาะสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารอบกรอบที่มีโปรตีนไฮโดร-ไลเสตจากห้วปลาเป็นส่วนประกอบ นอกจากนี้ยังศึกษาถึง ปัจจัยในด้านเวลาผสมและปริมาณน้ำที่มีผลต่อสมบัติของโด ที่โปรตีนห้วปลาไฮโดรไลเสตเป็นส่วนผสม เพื่อเป็นข้อมูลใน การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารอบกรอบจากฟลาวัวร์ที่มีโปรตีนห้ว ปลาไฮโดรไลเสต เป็นส่วนประกอบต่อไป

### วัสดุ

1. โปรตีนปลาไฮโดรไลเสตเข้มข้นสกัดจากห้วปลา ทูน่าพันธุ์โอแลบ (Katsuwonus pelamis, Skipjack Tuna) ที่ผลิตตามวิธีซึ่งดัดแปลงจาก อัจฉริยา เชื้อช่วยชู (2542) แล้วทำให้เข้มข้นโดยการระเหยด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ ยี่ห้อ EYELA รุ่น 1000 ที่อุณหภูมิ 60°C จนได้โปรตีน ปลาไฮโดรไลเสตเข้มข้นซึ่งมีปริมาณของแข็งทั้งหมดประมาณ 65%
2. ฟลาวัวร์ทางการค้าที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์อาหาร

**Table 1. Composition of various flours used for production of crispy snack.**

flour type	composition (%)			
	fat	protein	amylose	amylopectin
flour A <sup>1</sup>	1.0-1.2	10.6 -10.3	28.0	72.0
flour B <sup>2</sup>	1.0-1.2	0.4-0.8	25.0	75.0
flour C <sup>3</sup>	4.0-5.0	6.0-7.0	9.0	91.0

Source: <sup>1</sup>UFM Food Centre Co., Ltd.

<sup>2</sup>Ben and Go Co., Ltd.

<sup>3</sup>Cho Heng rice vermicelli factory Co., Ltd.

อบกรอบ ได้แก่ ฟลาวัวร์ A ฟลาวัวร์ B และ ฟลาวัวร์ C ซึ่งมีองค์ประกอบที่สำคัญ คือ ปริมาณไขมัน โปรตีน อะไมโลส และอะไมโลเพกติน ดังแสดงใน Table 1

### วิธีการทดลอง

#### 1. เตรียมโดและผลิตภัณฑ์อบกรอบที่มีโปรตีนไฮโดรไลสได้จากหัวปลาเป็นส่วนประกอบ

ส่วนผสมของโด ประกอบด้วย ฟลาวัวร์ผสม (composite flour) 100 กรัม เกลือ น้ำตาล และเครื่องเทศผสมปั่นแห้ง (กระเทียม : พริกไทย : จิง : ตะไคร้ : มะกรูด : ยี่หระ อัตราส่วน 1.0:1.0:1.5:1.5:1.5:0.25) ปริมาณ 2 10 และ 2% ของน้ำหนักฟลาวัวร์ผสม ตามลำดับ เติมน้ำและโปรตีนหัวปลาไฮโดรไลส ปริมาณ 60 และ 5% ของน้ำหนักฟลาวัวร์ผสม ตามลำดับ นวดผสมด้วยเครื่องผสมยี่ห้อ King รุ่น K-05 ที่ระดับความเร็วเบอร์ 1 นาน 10 นาที นำโดที่ได้มารีดเป็นแผ่นหนา  $1 \pm 0.02$  มม. ตัดเป็นชิ้นขนาด  $1 \times 1.5$  ตร.นิ้ว นำไปอบโดยใช้ตู้อบก๊าซที่อุณหภูมิ  $150^{\circ}\text{C}$  เป็นเวลา 15 นาที

#### 2. ศึกษาสัดส่วนผสมที่เหมาะสมของฟลาวัวร์ A ฟลาวัวร์ B และฟลาวัวร์ C

2.1 เตรียมโดตามวิธีในข้อ 1 ด้วยการใช้ฟลาวัวร์ผสมที่ประกอบด้วยฟลาวัวร์ A 30-70% ฟลาวัวร์ B 25-65%

และฟลาวัวร์ C 5-45% วางแผนการทดลองแบบ simplex-centroid สูตรการทดลองทั้งหมดแสดงดัง Table 2 แล้ววิเคราะห์คุณลักษณะของโดตามวิธีของ Chen และ Hosney (1995) โดยวัดค่าความยืดหยุ่นของโดด้วยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่ใช้ในการยืดตัวอย่างกับระยะทางที่ตัวอย่างถูกยืดออก อ่านค่าเฉลี่ยของแรงสูงสุดของกราฟ ระยะทางที่ตัวอย่างถูกยืดออกมากที่สุด และพื้นที่ของกราฟในด้านที่มีค่าเป็นบวก ซึ่งจะสัมพันธ์กับค่าความยืดหยุ่น การยึดเกาะ/ความแข็งแรง (cohesion/dough strength) และการยึดติด (adhesion) ตามลำดับ โดยการวัดแต่ละตัวอย่างทำซ้ำ 10 ครั้ง

2.2 ผลิตผลิตภัณฑ์อบกรอบตามวิธีในข้อ 1 โดยใช้โดที่เตรียมในข้อ 2.1 แล้ววิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์อบกรอบดังนี้

2.2.1 วัดความหนาแน่น (bulk density) โดยวัดปริมาตรด้วยวิธีแทนที่เม็ล็ดงา ตามวิธีในรายงานของธงชัย (2535) ให้หน่วยเป็น กรัม/100 มล. ในการวัดแต่ละตัวอย่างทำซ้ำ 3 ครั้ง

2.2.2 วิเคราะห์ค่าดัชนีการดูดซับน้ำ (water absorption index) ของผลิตภัณฑ์ โดยการดัดแปลงวิธีในรายงานของ Ning และคณะ (1991) และวัดแต่ละตัวอย่างทำซ้ำ 3 ครั้ง

2.2.3 วิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ตามวิธีของ Anon (1996) เป็นการวัดค่าแรงกดแตก

**Table 2. The D-optimal designs for composite flours of crispy snack.**

treatment	flour content (% by weight)		
	flour A	flour B	flour C
M1	30	25	45
M2	30	65	5
M3	30	45	25
M4	50	25	25
M5	50	45	5
M6	70	25	5
M7	36.67	31.67	31.67
M8	56.67	31.67	11.67
M9	43.33	38.33	18.33
M10	36.67	51.67	11.67

ด้วยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส หาค่าแรงสูงสุดที่กดลงบนผลิตภัณฑ์แล้วทำให้ตัวอย่างแตกและจำนวนพีคที่มีค่าแรงกดมากกว่า 10 กรัม ต่อความหนาเฉลี่ย (สุ่มวัดความหนาขึ้นละ 5 จุด คือ มุม 4 จุด และจุดกึ่งกลาง 1 จุด และหาความหนาเฉลี่ย) ของผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะสัมพันธ์กับความแข็ง (hardness) และความกรอบ (crispness) ตามลำดับ ในการวัดแต่ละตัวอย่างทำซ้ำ 10 ครั้ง

2.2.4 ทดสอบสมบัติทางประสาทสัมผัสด้วยการใช้ผู้ทดสอบที่คุ้นเคยกับการรับประทานอาหารอบกรอบจำนวน 50 คน ทดสอบชิมแล้วให้คะแนนความชอบแบบ 9-point hedonic scale (คะแนน 1 = ไม่ชอบมากที่สุด คะแนน 9 = ชอบมากที่สุด) ในด้านสี กลิ่น รสชาติ ความกรอบ และความชอบรวม ของผลิตภัณฑ์ นำผลคะแนนมาสร้างสมการทำนายโดยการวิเคราะห์รีเกรสชันและสร้างแผนภาพคอนทัวร์ (contour plot) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Design-Expert Version 7.0 (Stat-Ease, Inc. MN, USA) ตรวจสอบและยืนยันสมการจำลองที่ได้โดยสุ่มสุตรการทดลองจากพื้นที่ที่เหมาะสมของกราฟมาทวนสอบเพื่อคัดเลือกสุตรที่เหมาะสมใช้ในการทดลองข้อ 3 ต่อไป

### 3. ศึกษาปริมาณน้ำที่เติมและเวลาผสมที่เหมาะสมต่อคุณลักษณะของโด้และผลิตภัณฑ์อบกรอบ

ผลิตอาหารอบกรอบตามวิธีการในข้อ 1 โดยการเตรียมโด้จากฟลาวัวร์ผสมตามสัดส่วนผสมของฟลาวัวร์ชนิดต่างๆ ที่คัดเลือกจากข้อ 2 และศึกษาปริมาณน้ำที่เติม 5 ระดับ (56 58 60 62 และ 64% ของน้ำหนักฟลาวัวร์ผสม) และใช้ระยะเวลาในการนวดผสม 3 ระดับ (5 10 และ 15 นาที) จัดชุดการทดลองแบบแฟคทอเรียล (Factorial Design) (3x5) ใน CRD วิเคราะห์คุณลักษณะของโด้ และอาหารอบกรอบเช่นเดียวกับข้อ 2.1- 2.2

### 4. การวิเคราะห์ทางสถิติ

การทดลองข้อ 2 และ 3 วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างโดย Duncan's Multiple Range Test (DMRT) จากโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for Window Version 10.0 สำหรับการสร้าง

สมการทำนายใช้การวิเคราะห์รีเกรสชัน การสร้างแผนภาพคอนทัวร์และวิเคราะห์สุตรที่เหมาะสมใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Design-Expert Version 7.0.3 (Stat-Ease, Inc. MN, USA)

### ผลการทดลองและวิจารณ์

#### 1. ผลของฟลาวัวร์ผสมต่อคุณลักษณะต่างๆ ของโด้และของอาหารอบกรอบที่มีโปรตีนหั่วปลาไฮโดรไลเสตเป็นส่วนประกอบ

##### 1.1 ลักษณะเนื้อสัมผัสของโด้

ผลการวัดค่าความยืดหยุ่นของโด้ด้วยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Table 3) พบว่า ทุกสุตรการทดลองมีความยืดหยุ่น การยึดเกาะ/ความแข็งแรง และการยึดติดแตกต่างกัน ( $p < 0.05$ ) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของแรงสูงสุดอยู่ในช่วง 25.78-56.36 กรัม ระยะทางที่ตัวอย่างถูกยืดออกได้มากที่สุดเท่ากับ 0.093-3.462 มม. และพื้นที่ของกราฟเท่ากับ 0.574-1.992 กรัม มม. โดยสุตรการทดลอง M7 มีค่าเฉลี่ยของแรงสูงสุดสูงกว่าทุกชุดการทดลอง โดยมีค่าเท่ากับ 56.36 กรัม และสุตรการทดลอง M1 M3 M4 และ M7 มีระยะทางที่ตัวอย่างถูกยืดออกได้มากที่สุด สูงกว่าสุตรการทดลองอื่นๆ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 3.227-3.462 มม. สำหรับสุตรการทดลอง M2 M5 และ M6 มีการยึดเกาะ/ความแข็งแรงและการยึดติดต่ำ ทั้งนี้มีค่าระยะทางที่ตัวอย่างถูกยืดออกได้มากที่สุดเท่ากับ 0.093-1.118 มม. และพื้นที่ของกราฟเท่ากับ 0.574-0.595 กรัม มม. การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจะสัมพันธ์กับองค์ประกอบที่สำคัญของฟลาวัวร์ผสมคือ ปริมาณโปรตีน อัตราส่วนอะไมโลสต่ออะไมโลเพกติน และปริมาณไขมัน ฟลาวัวร์ที่มีโปรตีนสูงจะให้โครงข่ายของโด้ที่หนาแน่น (Friedman, 1995 และ Seibel, 1996) ฟลาวัวร์ที่มีอะไมโลสสูงจะให้โด้ที่มีลักษณะเหนียวและยืดหยุ่นได้ดี ทั้งนี้เนื่องจากโมเลกุลของอะไมโลสเป็นพอลิเมอร์สายตรง ส่วนโมเลกุลของอะไมโลเพกตินเป็นพอลิเมอร์เชิงกิ่งเมื่อแรงเค้นกระทำต่อโด้ การจัดเรียงตัวของโมเลกุลอะไมโลสจะมีความหนาแน่นกว่าโมเลกุลอะไมโลเพกติน โด้ที่มีอะไมโลเพกตินสูงจึงมีความแข็งแรงน้อยกว่าโด้ที่มีอะไมโลสสูง (David and Lloyd, 2001) นอกจากนี้ไขมันในฟลาวัวร์

Table 3. Texture analysis of dough containing various flour ratios.

treatment	force (g)	distance (mm)	area (g. mm)
M1	38.16±0.55e	3.462±0.21a	1.992±0.11a
M2	25.78±0.58g	0.118±0.05e	0.595±0.07e
M3	54.84±1.09b	3.240±0.15b	1.229±0.12c
M4	54.10±1.00b	3.307±0.18ab	1.301±0.10c
M5	27.64±0.75f	0.109±0.02e	0.580±0.03e
M6	28.38±0.81f	0.093±0.01e	0.574±0.05e
M7	56.36±0.68a	3.227±0.17b	1.550±0.16b
M8	38.10±0.42e	1.664±0.18d	0.635±0.13e
M9	52.66±0.61c	2.665±0.21c	0.836±0.14d
M10	40.10±0.68d	1.665±0.21d	0.700±0.17de

Values are means ± standard deviations from ten determinations.

The same letters within columns indicate non-significant differences ( $p>0.05$ ).

ยังมีผลต่อคุณภาพของโดที่เพิ่มขึ้นอีกด้วย ไขมันจะเข้าไปแทรกตัวอยู่ในโมเลกุลของแป้ง มีผลให้พันธะต่างๆ ที่เชื่อมต่อกันของแป้งอ่อนตัว (Friedman, 1995) โดยของฟลาวัวร์ที่ผ่านการสกัดไขมันจะมีความยืดหยุ่นสูงกว่าโดของฟลาวัวร์ที่ไม่ผ่านการสกัดไขมัน (Huang and Hosenev, 1999)

#### 1.2 ลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์อบกรอบ

การใช้สัดส่วนฟลาวัวร์ที่แตกต่างกันผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีลักษณะทางกายภาพต่างกัน แสดงผลใน Table 4 กล่าวคือ ความหนาแน่น (bulk density) ของผลิตภัณฑ์ในทุกสูตรการทดลองมีค่าใกล้เคียงกัน ทั้งนี้เป็นค่าที่ค่อนข้างสูง เนื่องจากผลิตภัณฑ์ไม่มีการเติมไขมันในส่วนผสม ทำให้ผลิตภัณฑ์มีโครงสร้างที่แน่น เพราะน้ำมันเป็นตัวช่วยในเรื่องการพองตัว โดยมีการแทรกตัวอยู่ระหว่างอนุของแป้งและโปรตีนทำให้อาหารอบกรอบไม่แข็งกระด้าง มีฟองอากาศเล็กๆ กระจายตัวทั่วตลอดชิ้น กรอบแน่น และไม่เหนียวติดฟันขณะเคี้ยว สูตรการทดลอง M2 และ M10 มีค่าความหนาแน่นสูงกว่าสูตรการทดลองอื่นๆ ( $p<0.05$ ) ส่งผลต่อค่าแรงกดแตกของผลิตภัณฑ์ที่สูงกว่าสูตรการทดลองอื่นๆ ( $p<0.05$ ) เช่นกัน แสดงว่าผลิตภัณฑ์มีความแข็งแรงมาก ซึ่งทั้งสองสูตรเป็นฟลาวัวร์ผสมที่มีอะไมโลสสูงแต่อะไมโลเพกตินต่ำ ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีความหนาแน่นสูง เนื่องจากโครงสร้างโมเลกุลอะไมโลสเป็นพอลิเมอร์สายตรง แต่โมเลกุลอะไมโลเพกตินเป็นพอลิเมอร์เชิงกึ่ง การจัดเรียงตัวของโมเลกุลอะไมโลสจึงมีความหนาแน่นกว่าโมเลกุลอะไมโลเพกติน ฟลาวัวร์ที่มีอะไมโลสสูงจึงให้ผลิตภัณฑ์ที่แน่นแข็ง ส่วนฟลาวัวร์

ที่มีอะไมโลเพกตินสูงให้ผลิตภัณฑ์ที่มีความหนาแน่นต่ำ การพองตัวสูง (David and Lloyd, 2001; Seibel, 1996) สำหรับความสามารถในการดูดซับน้ำของผลิตภัณฑ์แตกต่างกัน ( $p<0.05$ ) ทุกสูตรการทดลอง โดยที่สูตรการทดลอง M6 และ M8 มีความสามารถในการดูดซับน้ำสูงกว่าสูตรการทดลองอื่นๆ ( $p<0.05$ ) ในทางตรงข้าม สูตรการทดลอง M2 M3 และ M10 มีความสามารถในการดูดซับน้ำน้อยกว่าสูตรการทดลองอื่นๆ ( $p<0.05$ ) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณโปรตีนของฟลาวัวร์แต่ละชนิด ขนมอบที่ทำจากฟลาวัวร์ที่มีโปรตีนสูงจะดูดซับน้ำจากภายนอกได้เร็วกว่าขนมอบที่ทำจาก ฟลาวัวร์ที่มีโปรตีนต่ำ เพราะโครงข่ายโปรตีนเป็นตัวยึดจับโมเลกุลน้ำไว้ภายใน (Primo-Martin *et al.*, 2006)

#### 1.3 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์อบกรอบ

ผลการทดสอบสมบัติทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่ได้ พบว่า คะแนนความชอบ ด้านกลิ่น สี ความกรอบ รสชาติ และความชอบรวมของผลิตภัณฑ์อยู่ในช่วงชอบเล็กน้อย จาก Table 5 ซึ่งแสดงสมการทำนายความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนผสมของฟลาวัวร์ A ฟลาวัวร์ B และ ฟลาวัวร์ C กับปัจจัยคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ทั้ง 5 ปัจจัย เป็นหุ่นกำลังสามแบบเต็ม มีค่าสหสัมพันธ์ ( $adj. R^2$ ) อยู่ในช่วง 0.87-0.96 และสมการไม่มีความบกพร่อง (lack of fit,  $p>0.05$ ) จึงสามารถใช้ทำนายแนวโน้มของปัจจัยคุณภาพได้ยกเว้นด้านความกรอบสมการมีความบกพร่อง (lack of fit,  $p<0.05$ ) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากผู้ทดสอบไม่

**Table 4. Physical properties of crispy snack from dough containing various flour ratios.**

treatment	bulk density (g/100 ml)	water absorption index (g/g sample dry basis)	compression force (g)	numbers of peak (major peak > 10 g)
M1	23.50±0.16b	5.31±0.02e	361.69±85.41b	6.60±0.84ab
M2	29.66±0.23a	4.69±0.01h	523.68±48.05a	7.10±1.29ab
M3	22.61±0.19b	4.98±0.04g	318.38±44.83bc	7.00±0.82ab
M4	22.79±0.75b	5.52±0.03c	300.29±89.03bc	6.80±1.03ab
M5	23.09±0.90b	4.53±0.02i	320.98±65.74bc	7.00±1.18ab
M6	23.84±0.89b	5.86±0.04b	349.86±15.46b	6.50±1.27ab
M7	22.99±0.89b	5.07±0.01f	249.72±27.95c	7.90±1.10a
M8	23.42±0.76b	6.04±0.04a	333.30±89.58bc	5.40±1.25b
M9	23.53±0.88b	5.44±0.01d	363.54±77.90b	5.70±1.25b
M10	30.03±0.80a	4.71±0.01h	472.95±20.77a	7.00±1.25ab

Values of bulk density and water absorption index are means ± standard deviations from triplicate determinations and values of compression force and numbers of peak are means ± standard deviations from ten determinations. The same letters within columns indicate non-significant differences (p>0.05).

**Table 5. The predictive regression models and goodness-of-fit for sensory properties of crispy snack containing various composite flours.**

factor	regression model	adj.R <sup>2</sup>	p	lack of fit
color	$Y = -0.016A + 0.32B - 0.082C - 3.536 \times 10^{-3}AB + 1.915 \times 10^{-3}AC - 9.182 \times 10^{-3}BC + 2.983 \times 10^{-4}ABC + 8.839 \times 10^{-5}A^2B - 8.839 \times 10^{-5}AB^2 - 1.088 \times 10^{-4}A^2C + 1.088 \times 10^{-4}AC^2$	0.9072	0.0090	0.4071
odor	$Y = 0.013A + 0.22B - 0.19C - 2.5 \times 10^{-3}AB + 5.483 \times 10^{-3}AC - 2.358 \times 10^{-3}BC + 1.106 \times 10^{-4}ABC + 5.339 \times 10^{-5}A^2B - 5.339 \times 10^{-5}AB^2 - 8.594 \times 10^{-5}A^2C + 8.594 \times 10^{-5}AC^2$	0.8893	0.0126	0.2576
taste	$Y = 0.067A + 0.24B - 0.43C - 4.203 \times 10^{-3}AB + 7.695 \times 10^{-3}AC - 6.509 \times 10^{-3}BC + 3.532 \times 10^{-4}ABC + 4.901 \times 10^{-5}A^2B - 4.901 \times 10^{-5}AB^2 - 1.864 \times 10^{-4}A^2C + 1.864 \times 10^{-4}AC^2$	0.8671	0.0179	0.0780
crispness	$1 / Y = 3.015 \times 10^{-3}A - 3.56 \times 10^{-3}B + 0.011C + 7.634 \times 10^{-5}AB - 2.011 \times 10^{-4}AC + 5.899 \times 10^{-5}BC - 3.184 \times 10^{-6}ABC - 1.774 \times 10^{-6}A^2B + 1.774 \times 10^{-6}AB^2 + 2.993 \times 10^{-6}A^2C - 2.993 \times 10^{-6}AC^2$	0.9379	0.0041	0.0267
overall liking	$1 / Y = 2.656 \times 10^{-3}A - 4.992 \times 10^{-3}B + 0.018C + 1.208 \times 10^{-4}AB - 2.98 \times 10^{-4}AC + 1.367 \times 10^{-4}BC - 7.773 \times 10^{-6}ABC - 2.109 \times 10^{-6}A^2B + 2.109 \times 10^{-6}AB^2 + 5.356 \times 10^{-6}A^2C - 5.356 \times 10^{-6}AC^2$	0.9654	0.0013	0.0531

Y; sensory score, A; % flour A by wet basis, B; % flour B by wet basis and C; % flour C by wet basis, adj.R<sup>2</sup>; The adjusted R<sup>2</sup>, p; probability level

สามารถประเมินลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความกรอบและความแข็งของผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างกัน จึงพิจารณาเฉพาะสมการทำนายด้านสี กลิ่น รสชาติ และความชอบรวม พบว่า ฟลาวร์ B มีความสำคัญต่อค่าตอบสนองด้านสีและกลิ่นมากที่สุด (ค่า

สัมประสิทธิ์ที่สูงที่สุด) ขณะที่ฟลาวร์ C มีความสำคัญต่อค่าตอบสนองด้านรสชาติและความชอบรวมมากที่สุด ทั้งนี้ ปริมาณฟลาวร์ B ผลรวมของฟลาวร์ A กับฟลาวร์ C (AC) และผลรวมของฟลาวร์ผสมทั้งสาม (ABC) มีค่าสัมประสิทธิ์

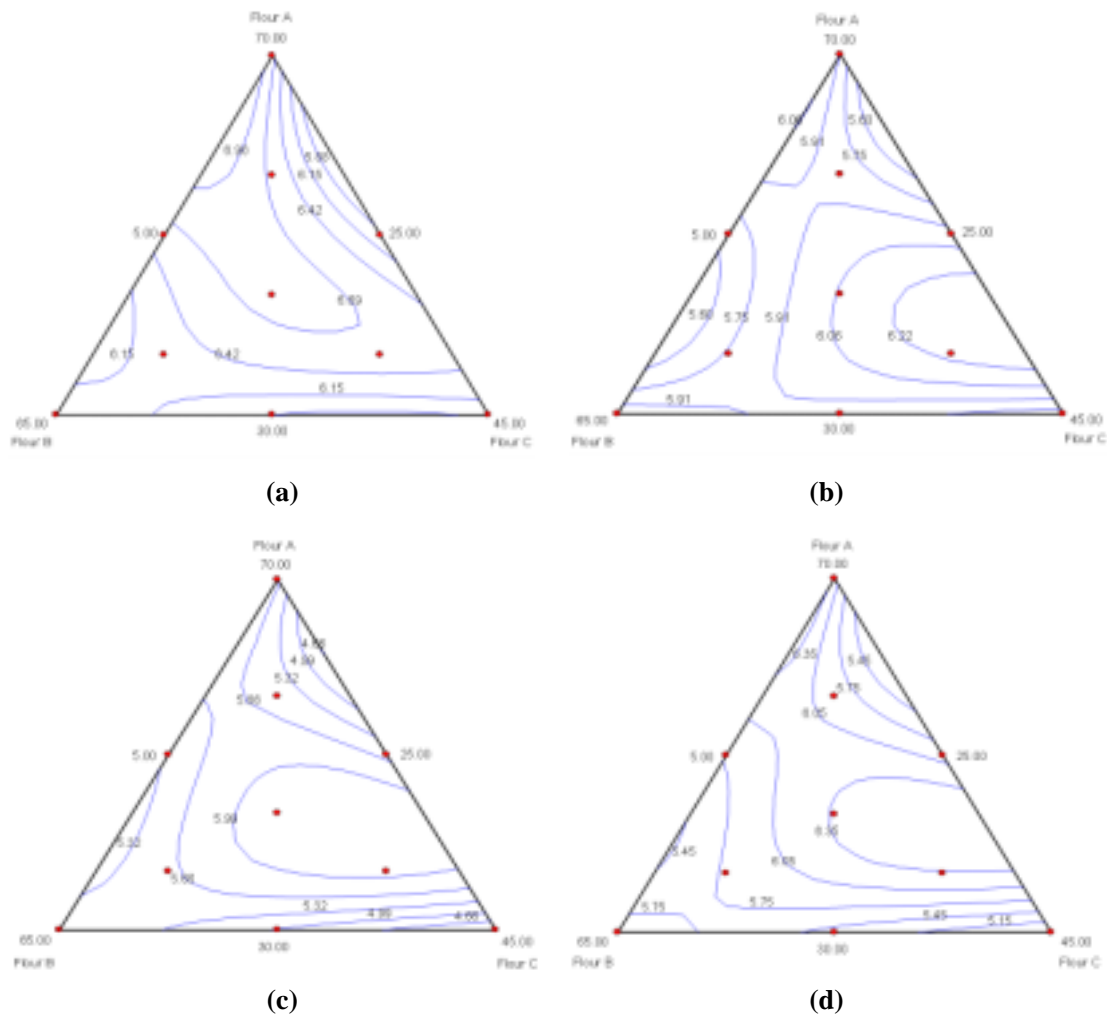


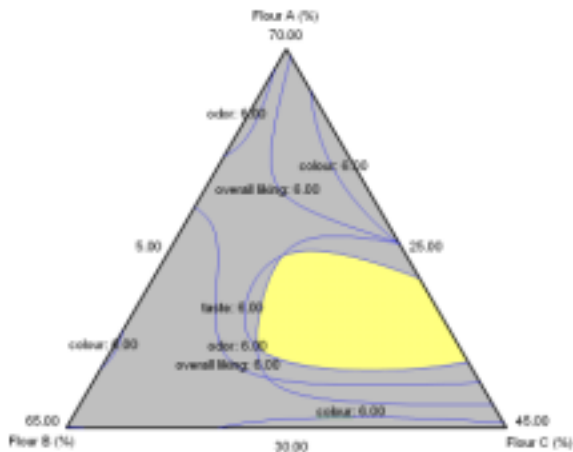
Figure 1. Contour plot of hedonic scores of color (a), odor (b), taste (c), and overall liking (d) of the crispy snack containing fish-head protein hydrolysate with different composite flours.

เป็นบวก ส่งผลให้ค่าทำนายของคะแนนความชอบด้านสี กลิ่น และรสชาติสูงขึ้น แต่ฟลาวัวร์ C ผลรวมของฟลาวัวร์ A กับฟลาวัวร์ B (AB) และผลรวมของฟลาวัวร์ B กับฟลาวัวร์ C (BC) มีค่าสัมประสิทธิ์เป็นลบ ส่งผลต่อค่าตอบสนองในทางตรงกันข้าม ส่วนสมการทำนายด้านความชอบรวมเห็นได้ว่าฟลาวัวร์ C มีค่าสัมประสิทธิ์สูงสุด และมีค่าเป็นบวก แต่การเพิ่มปริมาณฟลาวัวร์ C ส่งผลให้คะแนนความชอบรวมมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากสมการเป็นส่วนกลับของค่าตอบสนอง (1/Y) และเมื่อนำค่าตอบสนองที่ได้จากสมการทำนายด้านต่างๆ ที่ได้รับอิทธิพลจากความแตกต่างของสัดส่วนปริมาณ

ฟลาวัวร์ A ฟลาวัวร์ B และฟลาวัวร์ C แสดงได้ดังแผนภาพคอนทัวร์ (Figure 1a, 1b, 1c และ 1d)

ผลการหาสัดส่วนฟลาวัวร์ที่เหมาะสมโดยทำการซ้อนทับกราฟที่ได้จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสทั้ง 4 ปัจจัยข้างต้น ได้ช่วงการทดลองที่มีสัดส่วนผสมของฟลาวัวร์ที่เหมาะสมในการทำอาหารอบกรอบที่ใช้โปรตีนหัวปลาไฮโดรไลเสตเป็นส่วนประกอบ ดัง Figure 2 โดยมีปริมาณฟลาวัวร์ A ฟลาวัวร์ B และฟลาวัวร์ C อยู่ในช่วง 35-48 30-45 และ 15-38% โดยน้ำหนัก ตามลำดับและจากการสุ่มสูตรการทดลองในพื้นที่ที่เหมาะสม และทดสอบคุณภาพทางประสาท





**Figure 2.** An optimum region (yellow area) of flour A, flour B, and flour C that would yield crispy snack with score of all attributes in the range of 'like slightly' to 'like extremely' (scores 6.00-9.00).

สัมผัส เพื่อตรวจสอบและยืนยันสมการทำนาย พบว่า ทั้ง 6 สูตร มีคะแนนความชอบเฉลี่ยในทุกปัจจัยในช่วงชอบเล็กน้อยจนถึงชอบปานกลาง (Table 6) และมีคะแนนความชอบเฉลี่ยจากการทดสอบใกล้เคียงกับคะแนนความชอบเฉลี่ยจากการทำนาย จึงเลือกสูตรที่มีสัดส่วนของฟลาวัวร์ A : ฟลาวัวร์ B : ฟลาวัวร์ C เท่ากับ 45 : 25 : 30 เป็นสูตรที่เหมาะสม และเมื่อทดสอบโดยการให้คะแนนความชอบคุณลักษณะด้านสี กลิ่น รสชาติ และความกรอบของผลิตภัณฑ์อบกรอบที่ได้แบบ 9-point hedonic scale พบว่ามีคะแนนเฉลี่ยด้านความชอบรวม 6.56 และมีคะแนนความชอบเฉลี่ยด้านสี กลิ่น รสชาติ และความกรอบ เท่ากับ 6.84 6.36 6.32 และ 7.00 ตามลำดับ

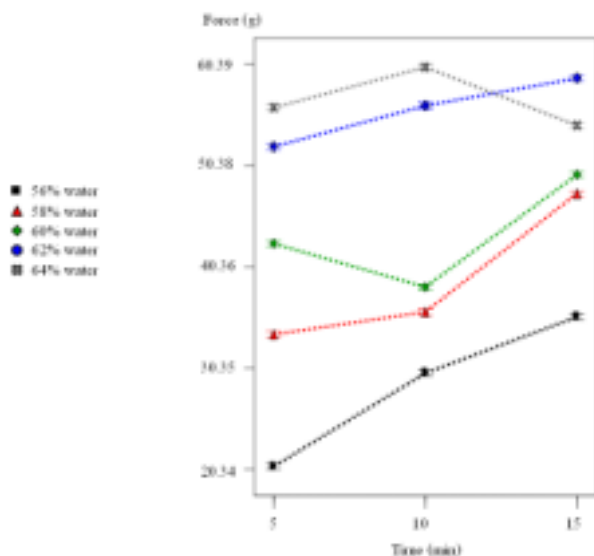
**2. ผลของปริมาณน้ำที่เติมและเวลาผสมต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของโคที่มีโปรตีนหัวปลาไฮโดรไลเสตเป็นส่วนประกอบ**

จาก Figure 3 พบว่า เมื่อปริมาณน้ำเพิ่มขึ้น ความยืดหยุ่นของโคที่เวลาผสมนาน 5 และ 10 นาที มีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนที่เวลาผสม 15 นาที การเพิ่มปริมาณน้ำจาก 56% ไปจนถึง 62% ทำให้โคมีความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น แต่เมื่อปริมาณน้ำมากถึง 64% โคลกลับมีความยืดหยุ่นลดลง ( $p < 0.05$ ) ใน

**Table 6.** Actual and predicted hedonic scores of crispy snack containing various composite flours.

treat ment	color			odor			taste			crispness			overall liking		
	actual	predicted	residual	actual	predicted	residual	actual	predicted	residual	actual	predicted	residual	actual	predicted	residual
F1	6.92±0.95a	6.76	-0.16	6.16±1.11a	6.00	-0.16	6.04±0.89a	6.00	-0.04	6.60±1.19a	6.80	0.20	6.04±0.84b	6.26	0.22
F2	6.84±1.11a	6.26	-0.58	6.36±1.04a	6.23	-0.13	6.32±0.90a	6.03	-0.29	7.00±1.12ab	7.23	0.23	6.56±1.04a	6.43	-0.13
F3	6.56±1.12a	6.51	-0.05	6.00±1.08a	6.34	0.34	6.04±1.02a	6.04	0.00	6.88±1.01ab	7.44	0.56	6.12±0.73b	6.41	0.29
F4	6.40±1.15a	6.58	0.18	6.28±1.02a	6.01	-0.27	6.00±1.08a	6.02	0.02	6.84±1.07ab	6.74	0.02	6.12±0.73b	6.17	0.05
F5	6.88±1.09a	6.73	-0.15	6.16±1.14a	6.24	0.08	5.92±1.08a	6.31	0.39	7.04±1.17a	7.17	0.13	6.36±0.95ab	6.59	0.23
F6	6.80±1.04a	6.76	-0.04	6.32±1.11a	6.12	-0.20	6.20±0.76a	6.22	0.02	7.04±0.98a	6.96	-0.08	6.40±0.87ab	6.44	0.04

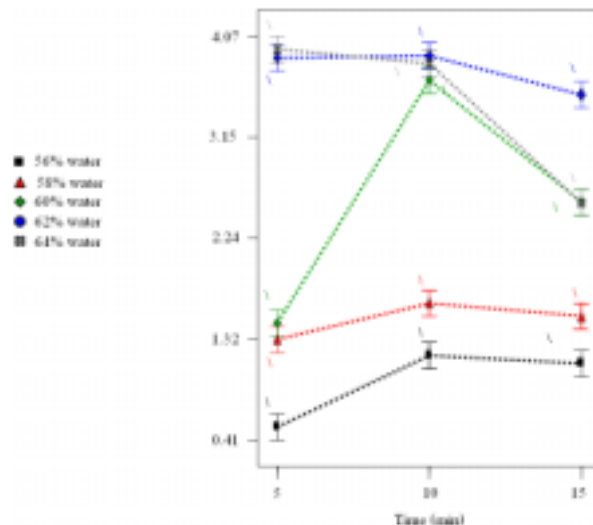
F1-F6; flour A: flour B: flour C ratios (48:36:16, 45:25:30, 37.5:25:37.5, 38.5:43:18.5, 42:33:25 and 43.3:33:36.8:19.87, respectively). Values are means ± standard deviations of duplicate determinations. The same letters within columns indicate non-significant differences ( $p > 0.05$ ).



**Figure 3.** The elasticity (force, g) of dough containing fish-head protein hydrolysate with different water levels and mixing times.

Bars represent the standard deviation of ten determinations.

Significant effects: water levels ( $p < 0.05$ ), mixing times ( $p < 0.05$ ) and interaction of water levels x mixing times ( $p < 0.05$ )



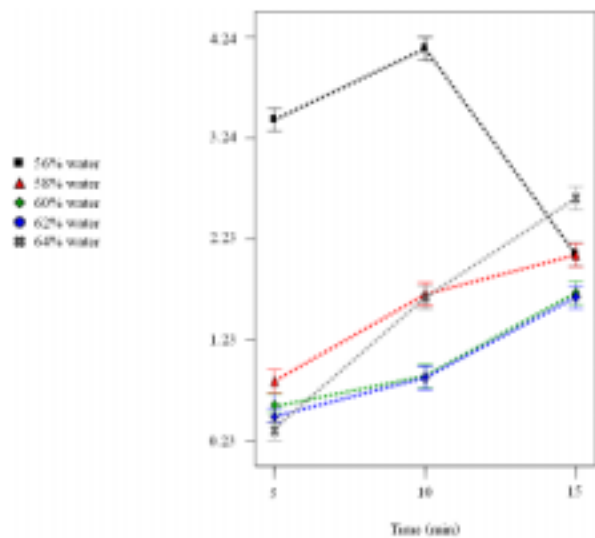
**Figure 4.** The adhesion (distance,mm.)of dough containing fish-head protein hydrolysate with different water levels and mixing times.

Bars represent the standard deviation of ten determinations.

Significant effects: water levels ( $p < 0.05$ ), mixing times ( $p < 0.05$ ) and interaction of water levels x mixing times ( $p < 0.05$ )

ทิศทางเดียวกันที่ระดับการเติมน้ำ 56 58 60 และ 62% เมื่อเพิ่มเวลาผสมทำให้โดมมีความยืดหยุ่นมากขึ้น แต่เมื่อเติมน้ำ 64% พบว่าโดมมีความยืดหยุ่นลดลงที่เวลาผสม 15 นาที ( $p < 0.05$ ) สำหรับความสามารถในการยึดเกาะ/ความแข็งแรงของโด (Figure 4) ปรากฏผลเช่นเดียวกัน คือ ที่เวลาผสม 5 และ 10 นาที ได้ผลว่า ปริมาณน้ำที่เติมเพิ่มขึ้น โดมมีการยึดเกาะมากขึ้น แต่ที่เวลาผสม 15 นาที การเพิ่มปริมาณน้ำมากถึง 64% โดกลับมีความยืดหยุ่นลดลง ( $p < 0.05$ ) ที่ทุก ๆ ระดับการเติมน้ำ จากการทดลองเพิ่มเวลาผสม ทำให้โดมมีความสามารถในการยึดเกาะสูงขึ้น จนเมื่อเวลาผสมเป็น 15 นาที โดกลับมีความสามารถในการยึดเกาะลดลง ( $p < 0.05$ ) ส่วนค่าการยึดติดของโด (Figure 5) ที่เวลาผสม 5 นาที การเพิ่มปริมาณน้ำมากขึ้น โดมค่าการยึดติดลดลง ( $p < 0.05$ ) แต่ที่เวลาผสม 10 และ 15 นาที การเพิ่มปริมาณน้ำ โดมค่าการยึดติดลดลงถึงจุดหนึ่งค่าการยึดติดกลับเพิ่มขึ้นอีก ( $p < 0.05$ ) เมื่อพิจารณาผลของเวลาผสม เห็นได้ว่าการเติม

น้ำปริมาณ 58 60 62 และ 64% เมื่อเพิ่มเวลาผสมทำให้โดมมีการยึดติดมากขึ้น ( $p < 0.05$ ) ขณะที่การเติมน้ำ 56% ให้ผลทิศทางตรงกันข้าม คือ เวลาผสมเพิ่มขึ้น โดมค่าการยึดติดลดลง ( $p < 0.05$ ) สำหรับอิทธิพลร่วมของปริมาณน้ำที่เติมกับเวลาผสมต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของโดพบว่ามีผลกระทบต่อสมบัติต่างๆ ทั้งในด้านความยืดหยุ่น การยึดเกาะ/ความแข็งแรง และการยึดติดของโด โดยเมื่อเพิ่มปริมาณน้ำและใช้เวลาผสมนานขึ้น โดจะมีความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น สามารถยึดออกได้ยาวขึ้น นั่นคือ ความสามารถในการยึดเกาะ/ความแข็งแรงของโดเพิ่มขึ้น และการยึดติดลดลง เนื่องจากการเติมน้ำและใช้เวลาผสมอย่างพอเหมาะ พลังงานจะถูกดูดซับไประหว่างกระบวนการผสม เกิดการพัฒนาของโครงข่ายกลูเตน ค่าทอร์ก (torque) ของโดจะลดลง เป็นดัชนีบ่งชี้ว่าโดมีความยืดหยุ่นสูงขึ้น (Contamine et al., 1995) แต่เมื่อนวดผสมเป็นเวลานานประกอบกับมีการเติมน้ำในปริมาณมากเกินไป โดกลับจะมีความยืดหยุ่นและการยึดเกาะ/ความ



**Figure 5. The cohesion/dough strength (area, g. mm.) of dough containing fish-head protein hydrolysate with different water levels and mixing times. Bars represent the standard deviation of ten determinations. Significant effects: water levels ( $p<0.05$ ), mixing times ( $p<0.05$ ) and interaction of water levels x mixing times ( $p<0.05$ )**



**Figure 6. Crispy snack from the optimum dough (Color figure can be viewed in the electronic version)**

แข็งแรงของลดลง แต่ค่าการยึดติดเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากการ นวดผสมนานเกินไปหรือมีการเติมน้ำมากเกินไปจนเกินไป พันธ์ ะต่าง ๆ ที่เชื่อมโครงข่ายของแป้งและโปรตีนจะถูกทำลายจน อ่อนตัวลง โดยโมเลกุลของน้ำที่เข้าไปแทรกตัวอยู่ระหว่าง อนุภาคของโปรตีนและแป้งหรือแรงเค้นที่กระทำต่อโดใน กระบวนการนวดผสม มีผลให้เกิดโดที่มีลักษณะเหนียวและ

ขาดได้ง่ายเมื่อมีการยืดขยายออก (Contamine *et al.*, 1995; Huang and Hosney, 1999) จึงคัดเลือกปริมาณน้ำที่ เติมและเวลาผสมที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์อบกรอบที่ใช้ โปรตีนหัวปลาไฮโดรไลเสตเป็นส่วนประกอบโดยพิจารณาจาก สภาวะที่ให้คุณลักษณะของโดที่มีความยืดหยุ่นและการยึด เกาะ/ความแข็งแรงสูง แต่มีการยึดติดต่ำ สภาวะที่เหมาะสม ดังกล่าว คือ การเติมน้ำ 62.0% ของน้ำหนักฟลาวัวร์ผสม และใช้เวลาผสมนาน 10 นาที ซึ่งผลิตภัณฑ์อบกรอบที่ได้มี ลักษณะปรากฏดัง Figure 6 และมีคุณสมบัติดังนี้คือ ความหนาแน่น 16.17 กรัม/100 มล. ค่าดัชนีดูดซับน้ำ 5.15 กรัม/กรัมตัวอย่างแห้ง ค่าแรงสูงสุด (ความแข็ง) 141.38 กรัม จำนวนฟีด (ความกรอบ) เท่ากับ 8.20 ฟีด และมี คะแนนความชอบเฉลี่ยของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ด้านสี กลิ่น รสชาติ ความกรอบ และความชอบรวม เท่ากับ 6.84 6.50 6.38 7.68 และ 6.64 ตามลำดับ

### สรุป

การผลิตโดสำหรับผลิตภัณฑ์อบกรอบที่มีโปรตีนหัวปลา ไฮโดรไลเสตเป็นส่วนประกอบ 5% ของน้ำหนักฟลาวัวร์ผสม นั้น ต้องใช้ฟลาวัวร์ผสมที่มีฟลาวัวร์ A B และ C ในปริมาณ 45 25 และ 30% ตามลำดับ เติมน้ำ 62% และใช้เวลาผสม 10 นาที จะได้ผลิตภัณฑ์อบกรอบที่มีคุณลักษณะดังนี้คือ ความหนาแน่น 16.17 กรัม/100 มล. ค่าดัชนีการดูดซับ น้ำ 5.15 กรัม/กรัมตัวอย่างแห้ง แรงกดสูงสุด (ความแข็ง) 141.38 กรัม จำนวนฟีด (ความกรอบ) เท่ากับ 8.20 ฟีด และคะแนนความชอบของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้าน สี กลิ่น รสชาติ ความกรอบ และความชอบรวม มีคะแนน เฉลี่ย 6.84 6.50 6.38 7.68 และ 6.64 ตามลำดับ

### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ที่สนับสนุนทุนวิจัยของบัณฑิตศึกษา รวมถึงคณะ อุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ให้ความ เอื้อเฟื้อสถานที่และสาธารณูปโภค

## เอกสารอ้างอิง

- ธงชัย สุวรรณสิขณณ์. 2535. การพัฒนาอาหารขบเคี้ยวจากแป้งถั่วลิสงไขมันต่ำผสมแป้งมันสำปะหลังชนิดพรีเจลาติไนซ์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 211 หน้า.
- วิภาดา อึ้งตระกูล. 2548. อาหารขบเคี้ยว. สืบค้นจาก : <http://www.cb.ktb.co.th>. [18/11/2548]
- อัจฉริยา เชื้อช่วยชู. 2542. การผลิตโปรตีนปลาไฮโดรไลเสตจากหัวและเครื่องในปลาทูน่าพันธุ์ โอแลบ (*Katsuwonus pelamis*) โดยวิธีการใช้เอนไซม์. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 133 หน้า
- Angioloni, A. and Rosa, M.D. 2005. Dough thermo-mechanical properties : influence of sodium chloride, mixing time and equipment. *J. Cereal Sci.* 41: 327-331.
- Anon. 1996. Texture analysis for extruded products. *Extrusion Communique Bio-Monthly*. April : 18-21.
- Chen, W.Z. and Hosene, R.C. 1995. Development of an objective method for dough stickiness. *Lebensmittel Wiss U-Technol.* 28 : 467-473.
- Contamine, A.S., Abecassis, J., Movel, M.H. Vergnes, B. and Verel, A. 1995. Effect of mixing conditions on the quality of dough and biscuits. *Cereal Chem.* 72: 516-522.
- David, P.H. and Lloyd, W.R. 2001. Starches for snack foods. In *Snack Food Processing*. (W.L. Edmund and W.R. Llouy, eds.) p. 115-136. Technomic Publishing Company, Inc. Lancaster.
- Friedman, R.B. 1995. Interactions of starch in foods. **In** *Ingredient interaction: effect on food quality*. (A.G. Gaonkar, ed.) p. 171-198. Marcel Dekker, Inc. New York.
- Huang, W.N. and Hosene, R.C. 1999. Isolation and identification of a wheat flour compound causing sticky dough. *Cereal Chem.* 76(2): 276-281.
- Ning, L., Villota, R. and Artz, W.E. 1991. Modification of corn fiber through chemical treatments in combination twin-screw extrusion. *Cereal Chem.* 68 : 632-636.
- Kuktaite, R., Larsson, H., Johansson, E. 2004. Variation in protein composition of wheat flour and its relationship to dough mixing behavior. *J. Cereal Sci.* 40: 31-39.
- Primo-Martin, C., Van de Pijpenkamp, A., Van Vliet, T., De Jongh, H.H.J., Plijter, J.J. and Hamer, R.J. 2006. The role of the gluten network in the crispness of bread crust. *J. Cereal Sci.* 43: 342-352.
- Satin, M. 2004. Starch as functional food. Available : <http://www.fao.org> [25/11/2003]
- Seibel, W. 1996. Recent research progress in bread baking technology. **In** *Wheat production properties and quality*. (W. Bushuk and V.F. Rasper, eds) p, 154-168. Chapman and Hall. London.