

การศึกษาชนิดและปริมาณแป้งที่เหมาะสมในการผลิตเต้าหู้ซุริมิ

Study on the Optimization of Types and Concentrations of Flour Used in Surimi Tofu

วรางคณา สมพงษ์

ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ปทุมธานี 12121

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงเนื้อสัมผัสของเต้าหู้ซุริมิ โดยศึกษาชนิด และปริมาณแป้งที่เหมาะสม การผลิตเต้าหู้ซุริมิ ทำโดยการนวดผสมซุริมิกับเกลือ และนำไปนวดผสมกับอิมัลชันที่เตรียมโดยการผสมน้ำ โปรตีนถั่วเหลืองสกัดบริสุทธิ์สูง (ISP) และน้ำมันถั่วเหลืองในอัตราส่วน 7 : 1.5 : 1 โดยน้ำหนัก น้ำของผสมที่ได้ไปนึ่ง และทอดแบบน้ำมันท่วม สูตรที่ใช้ในการผลิตประกอบด้วยปริมาณอิมัลชัน 70.25% ซุริมิ 23.4% น้ำแข็ง 4.68% และเกลือ 1.67% โดยน้ำหนัก การศึกษาในครั้งนี้ได้แปรชนิดของแป้ง 6 ชนิด ได้แก่ ISP แป้งขนมปัง แป้งข้าวเหนียว แป้งมันสำปะหลัง แป้งถั่วเหลืองไขมันเต็ม และแป้งถั่วเหลืองสกัดไขมัน และแปรปริมาณ 2 ระดับ ที่ 2.5 และ 5% ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด พบว่า การใช้แป้งข้าวเหนียวร้อยละ 2.5 ของน้ำหนักส่วนผสม มีความเหมาะสมที่สุดให้ค่าสี (L a b) เท่ากับ 53.46, 8.94 และ 23.78 ตามลำดับ ให้แรงตัดขาดเท่ากับ 511.53 กรัม ได้รับคะแนนจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรส และรสชาติสูงสุด ($P \leq 0.05$) การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีพบว่า ผลิตภัณฑ์เต้าหู้ซุริมิ มีปริมาณความชื้นร้อยละ 61.90 โปรตีน 14.45 ไขมัน 9.46 เถ้า 2.58 และคาร์โบไฮเดรต 11.61 จากการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์พบว่าไม่มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณเอนต์รีเท่ากับ 25 และ 20 cfu/กรัมตัวอย่างตามลำดับ ตรวจไม่พบจุลินทรีย์ที่เป็นอันตราย ได้แก่ *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Vibrio cholerae* และ *Salmonella* spp. มีความปลอดภัยอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานอาหารปรุงสุกแช่เย็นของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์

Abstract

The objective of this study was to improve the texture of Surimi Tofu by addition of various flours and concentrations. Surimi Tofu was produced using surimi grinding with salt and mixing with emulsion prepared by the mixture of water, Isolate Soy Protein (ISP) and soy bean oil (7 : 1.5 : 1 by weight). The mixture was steamed and cooked by deep-fat frying. The formulation was emulsion 70.25% , surimi 23.4% , ice 4.68% and salt 1.67% by weight. In this study, ISP, wheat flour, glutinous rice flour, tapioca flour, full fat soy flour and defatted soy flour at 2.5 and 5% of the total mixture weight were added to improve the quality of the surimi tofu. It was found that the 2.5% glutinous rice flour was the most suitable for this product. Hunter L, a, b values and cutting force were 53.46, 8.94, 23.78 and 1865.73 g, respectively. Sensory evaluation was the highest in flavor and taste scores ($P \leq 0.05$) The proximate analysis was 61.90% moisture, 14.45% protein, 9.46% fat, 2.58% ash and 11.61% carbohydrate, by weight. Microbiological analysis indicated that the total viable count and yeast & mold count were 25 and 20 cfu/g sample, respectively. Moreover, pathogenic bacteria including *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Vibrio cholerae* and *Salmonella* spp. were not found. These product met the standard of refrigerated cooked food. Medical Science Department.

1. บทนำ

ปัจจุบันตลาดส่งออกผลิตภัณฑ์อาหารทะเลแช่แข็งของไทยมีแนวโน้มขยายตัวสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง เพราะกำลังเป็นที่ต้องการอย่างมากในตลาดต่างประเทศ และอาหารทะเลแช่แข็งที่ทำสนใจโดยเฉพาะตลาดหลักอย่างญี่ปุ่นคือ เนื้อปลาบดแช่แข็ง (Surimi) ซึ่งสามารถเก็บรักษาได้เป็นเวลานาน และเป็นอาหารแช่แข็งที่ให้ความสะดวกในการนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์จากเนื้อปลาบด (Surimi-based products) ได้หลายรูปแบบ ผลิตภัณฑ์จากเนื้อปลาบดที่ถูกพัฒนาขึ้น ได้แก่ ลูกชิ้นแบบต่างๆ ลูกชิ้นปลา ปลาบดชุบขนมปัง และผลิตภัณฑ์ปลาบดชนิดต่างๆของญี่ปุ่น ซึ่งตลาดได้ขยายกว้างขึ้นในประเทศในทวีปต่างๆได้แก่ เอเชีย อเมริกา และลาตินอเมริกา เช่น ปลาบดแช่แข็ง คามาโบโกะ (Kamaboko) ชิคุวะ (Chikuwa) เนื้อปูเทียม เนื้อหอยเทียม ฯลฯ [1] ซูริมิ เป็นอาหารที่สามารถส่งเสริมการขายในรูปแบบอาหารเพื่อ สุขภาพ ปราศจากไขมัน เหมาะสำหรับผู้ที่จะควบคุมระดับไขมันในเส้นเลือด และควบคุมน้ำหนักอีกด้วย ดังนั้นหากมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์จาก ซูริมิ ให้มีรูปแบบที่หลากหลาย มีกลิ่นรส และเนื้อสัมผัสเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากขึ้น จะเป็นการตอบสนองต่อการขยายตัวของตลาดที่มีแนวโน้มสูงขึ้น และยังทำให้อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ปลาบดอยู่ได้

ถั่วเหลือง เป็นพืชที่มีการเพาะปลูกมากในประเทศไทย นอกจากนี้ถั่วเหลืองยังมีคุณค่าทางโภชนาการสูง เนื่องจากมีกรดอะมิโนที่มีประโยชน์ต่อร่างกายค่อนข้างสูงถึง 30-40 % ของกรดไขมันอิ่มตัวโดยเฉพาะ linoleic acid และ linolenic acid เป็นต้น [2] ทำให้ถั่วเหลืองมีบทบาทสำคัญทางโภชนาการมากขึ้นในปัจจุบันเพราะถือว่าเป็นโปรตีนชั้นสอง (Secondary class protein) รองจากเนื้อสัตว์ที่เป็นโปรตีนชั้นหนึ่ง (First class protein) [3] โปรตีนถั่วเหลืองสกัดบริสุทธิ์สูง (Isolate Soy Protein : ISP) ประกอบด้วยโปรตีนไม่น้อยกว่าร้อยละ 90 โดยน้ำหนักแห้ง ผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองที่มีคุณภาพสูง มีกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายตามที่มาตรฐานกำหนด มีคุณสมบัติเป็นตัวดูดซับน้ำ และไขมัน เป็นตัวกระจาย (Dispersing agent) เป็นตัวทำให้เนื้ออาหารเกาะกัน (Binding agent) และยังเป็นตัวทำให้อิมัลชันเกิดความคงตัว (Emulsion stability) อีกด้วย[4] นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งโปรตีนที่มีราคาถูกเมื่อเทียบกับโปรตีนจากเนื้อ

สัตว์ การนำ ISP มาผสมกับซูริมิ จึงทำให้เกิดประโยชน์ทางเศรษฐกิจ และยังเป็นแหล่งวัตถุดิบที่มีคุณค่าทางอาหารสามารถนำมาใช้เพื่อลดการใช้เนื้อปลาบดในส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ลงได้ด้วย เต้าหู้ซูริมิ (Surimi Tofu) จึงเป็นอีกผลิตภัณฑ์หนึ่งที่น่าสนใจ เพราะเป็นการนำ ISP มารวมกับโปรตีนของเนื้อปลา เป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ให้สูงขึ้น นอกจากนี้ยังเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่จากปลาบดให้มีคุณภาพ และเพิ่มทางเลือกให้กับผู้บริโภค เพื่อตอบสนองความต้องการที่สูงขึ้นในตลาดต่างประเทศ เป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์จากเนื้อปลาบด และยังช่วยรองรับผลผลิตจากเกษตรกรผู้เพาะปลูกถั่วเหลืองอีกด้วย

ปัจจุบันมีการใช้แป้งมันฝรั่ง หรือแป้งสาลีไม่เก็นรียละ 5 ในการปรับปรุงเนื้อสัมผัสของซูริมิเจล แป้งที่ใช้ต้องมีมีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ และเกิดเจลตาในเซชันเพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้ซูริมิเจล แป้งที่มีความสามารถในการจับน้ำ และมีความชื้นหนืดมาก จะมีความสามารถในการเพิ่มความแข็งแรงของเจลมากขึ้น ซึ่งแป้งแต่ละชนิดจะมีความสามารถในการเพิ่มความแข็งแรงของเจลต่างกัน [5]

การนำโปรตีนถั่วเหลืองมาผสมกับโปรตีนเนื้อปลาในลักษณะของผลิตภัณฑ์เต้าหู้ซูรินั้น ในกระบวนการผลิต จะใช้อิมัลชันของน้ำ ISP และน้ำมันถั่วเหลือง เป็นไขมันในส่วนผสม (Fat emulsion) นอกจากนี้ยังมีซูริมิเป็นส่วนประกอบหลักที่ใช้ในการผลิต และเป็นส่วนสำคัญที่มีผลต่อความสามารถในการเกิดเจลของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากซูริมิ เมื่อให้ความร้อนโปรตีนจะเสียสภาพ (Denature) เกิดเจลที่มีลักษณะเหนียวนุ่มและยืดหยุ่น อัตราส่วนที่เหมาะสมของปริมาณอิมัลชัน และซูริมิทำให้เต้าหู้ซูริมิที่มีลักษณะเหนียว และยืดหยุ่นที่เกิดจากโปรตีนในซูริมิ แต่ยังคงลักษณะเนื้อสัมผัสที่นุ่มของเต้าหู้ได้ การศึกษาในครั้งนี้เป็นการปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากขึ้นโดยการศึกษานิดและปริมาณแป้งที่เหมาะสม รวมทั้งศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เต้าหู้ซูริมิสูตรที่ได้รับการคัดเลือกด้วย

วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้ :-

1. ศึกษาชนิด และปริมาณแป้งที่เหมาะสมในการผลิตเต้าหู้ซูริมิ
2. ศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เต้าหู้ซูริมิ

2. อุปกรณ์ และวิธีการ

2.1 วัตถุดิบ ได้แก่ ซูริมิจากปลาตาหวาน Isolate Soy Protein (ISP) น้ำมันถั่วเหลือง กลีโอลีน น้ำแข็ง น้ำสะอาด แป้งขนมปัง แป้งข้าวเหนียว แป้งมันสำปะหลัง แป้งถั่วเหลืองไขมันเต็ม (Full Fat Soy Flour : FFSF) และแป้งถั่วเหลืองสกัดไขมัน (Defatted Soy Flour : DFSF)

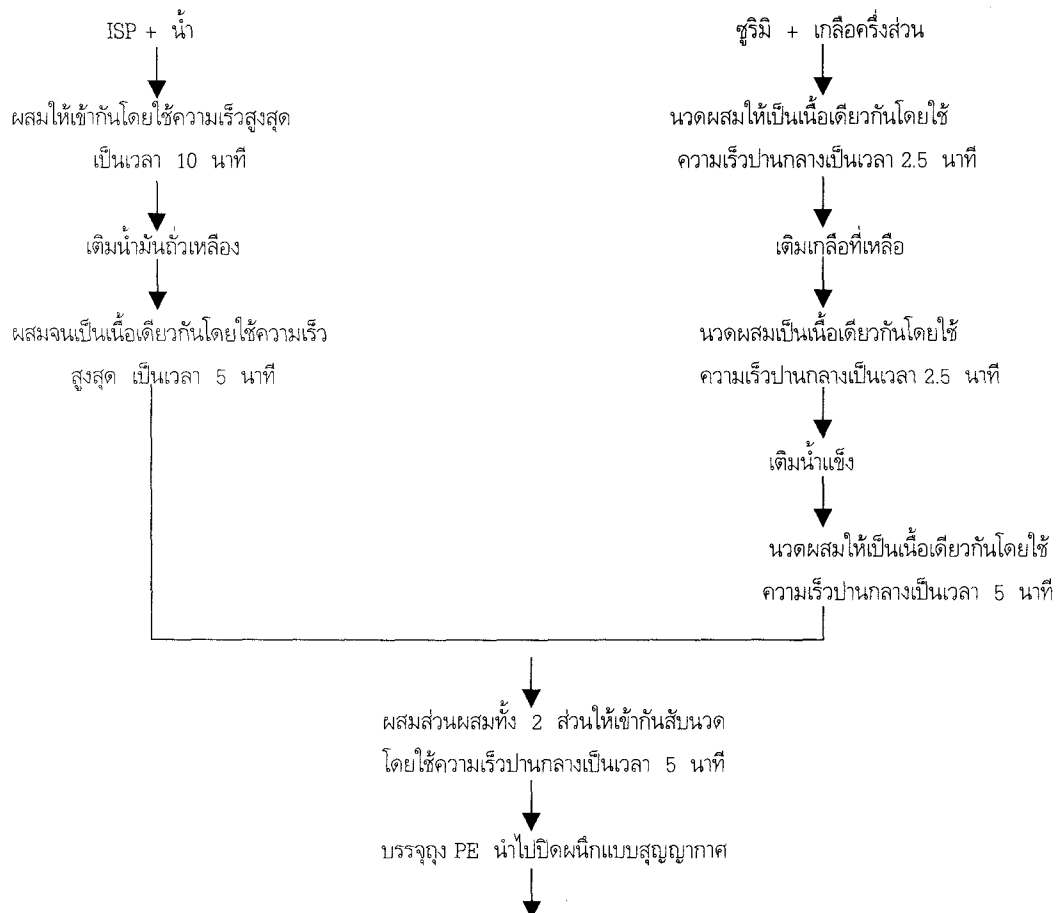
2.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางกายภาพ ได้แก่ เครื่องวัดสี (Tristimulus Colorimeter ยี่ห้อ Hunter Lab รุ่น DP-9000™) และเครื่องวัดเนื้อสัมผัสอาหาร (Texture Analyser ยี่ห้อ SMS รุ่น TA-XT2/25 ใช้หัววัด

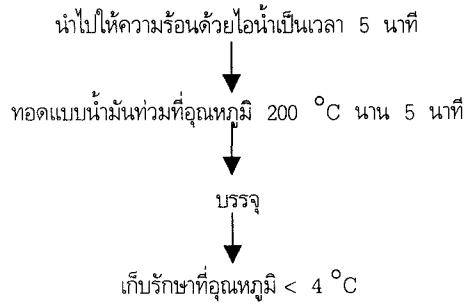
ชนิด Blade set with guillotine) โดยใช้แรงกด (Setting mode force in compression) ที่ตั้ง Pre-test speed, Test speed และ Post test speed เท่ากับ 2, 2 และ 10 mm/s ตามลำดับ กำหนดระยะทาง 30 mm, Trigger type 50 g ขนาดตัวอย่าง 2 x 2 x 2 ซม.

2.3 วิธีการทดลอง

2.3.1 ศึกษาชนิด และปริมาณแป้งที่เหมาะสมในการผลิตเต้าหู้ซูริมิ

จากการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของน้ำ : ISP : น้ำมันถั่วเหลืองที่เหมาะสม และอัตราส่วนของอิมัลชัน : ซูริมิ : น้ำแข็งที่เหมาะสมในการผลิตเต้าหู้ซูริมิ สรุปเป็นสูตรในการผลิตเต้าหู้ซูริมิ ดังนี้ ปริมาณอิมัลชัน 70.25% (ปริมาณน้ำ : ISP : น้ำมัน = 7 : 1.5 : 1 โดยน้ำหนัก) ซูริมิ 23.4% น้ำแข็ง 4.68% และเกลือ 1.67% มีการบวนการผลิตดังแสดงในรูปที่ 1





รูปที่ 1 กระบวนการผลิตเต้าหู้สุริมิที่ถูกดัดแปลงขั้นตอนการนวดผสม
ที่มา : ดัดแปลงจาก Roy and Robert [6]

การศึกษาชนิดและปริมาณแป้งที่เหมาะสมในการผลิตเต้าหู้สุริมิให้มีลักษณะเป็นที่ยอมรับ โดยแปรชนิด และปริมาณแป้งเป็นอัตราส่วน ดังต่อไปนี้

1. แปรชนิดแป้ง 6 ชนิด คือ ISP แป้งขนมปัง แป้งข้าวเหนียว แป้งมันสำปะหลัง แป้งถั่วเหลืองไขมันเต็ม (FFSF) และแป้งถั่วเหลืองสกัดไขมัน (DFSF)

2. แปรปริมาณแป้ง 2 ระดับ คือ 2.5 และ 5% ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด

นำผลิตภัณฑ์เต้าหู้สุริมิไปตรวจวิเคราะห์ด้านต่างๆดังต่อไปนี้

ก. การตรวจสอบทางกายภาพ

- วัดค่าสี (L a b) โดยใช้เครื่องวัดสี
- วัดแรงตัดขาด ใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัสอาหาร

ข. การทดสอบทางประสาทสัมผัส ด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม โดยใช้วิธี 9 - Points Hedonic Scale ซึ่งจะให้คะแนนเท่ากับ 9 คือความชอบมากที่สุด และ 1 คือความไม่ชอบมากที่สุด การทดสอบทำที่อุณหภูมิห้อง ในการทดสอบ 1 ครั้ง ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 20 คน โดยให้คะแนนที่ยอมรับได้โดยรวมคือคะแนนเท่ากับ 6

การวางแผนการทดลองแบบ Asymmetric Factorial Experiment ขนาด 3x2 ทำ 2 ซ้ำ ส่วนการทดสอบทางประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ทำ 2 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้วยวิธี ANOVA และวิเคราะห์ความแตกต่าง

ทางสถิติด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS [7]

2.3.2 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เต้าหู้สุริมิ

นำผลิตภัณฑ์เต้าหู้สุริมิที่ได้รับการคัดเลือกจากการทดลองในข้อ 2.3.1 มาศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ดังต่อไปนี้

2.3.2.1 องค์ประกอบทางเคมี

- ปริมาณโปรตีน [8]
- ปริมาณไขมัน [8]
- ปริมาณคาร์โบไฮเดรต [8])
- ปริมาณเยื่อใย [8]
- ปริมาณเถ้า [8]
- ปริมาณความชื้น [8])
- คำนวณค่าพลังงานจากองค์ประกอบทางเคมี

2.3.2.2 การวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์

- ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Viable Count : TVC) [9]
- Coliform bacteria [9]
- *Escherichia coli* [9]
- *Staphylococcus aureus* [9]
- *Vibrio cholerae* [9-10]
- *Salmonella* spp. [11-12]
- Yeast & Mold [9]

3. ผลการทดลอง

3.1.1 ผลการทดสอบทางกายภาพ

3.1 ผลการศึกษานิต และปริมาณแป้งที่เหมาะสมในการผลิตเต้าหู้ซูริมิ

3.1.1.1 ค่าสี (L a b)

ตารางที่ 1 ค่าสี (a b) ของผลิตภัณฑ์เต้าหู้ซูริมิ ซึ่งแปรชนิดของแป้ง 6 ชนิด และแปรปริมาณแป้ง 2 ระดับ คือ 2.5 และ 5% ของน้ำหนักส่วนผสม เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของชนิดแป้ง

ชนิดแป้ง	ค่าเฉลี่ยค่าสี + เบี่ยงเบนมาตรฐาน	
	a	b
ISP	$6.85^b + 0.95$	$23.34^a + 1.34$
แป้งขนมปัง	$8.70^a + 1.18$	$21.77^{ab} + 1.04$
แป้งข้าวเหนียว	$8.09^{ab} + 1.10$	$23.18^a + 0.92$
แป้งมัน	$7.00^b + 1.10$	$21.36^b + 2.17$
FFSF	$7.64^{ab} + 0.51$	$21.94^{ab} + 1.26$
DFSF	$8.09^{ab} + 1.09$	$23.22^a + 0.55$

a และ b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

3.1.1.2 แรงตัดขาด

ตารางที่ 2 แรงตัดขาดของผลิตภัณฑ์เต้าหู้ซูริมิ (ก่อนทอด) ซึ่งแปรชนิดของแป้ง 6 ชนิด และแปรปริมาณแป้ง 2 ระดับ คือ 2.5 และ 5% ของน้ำหนักส่วนผสม เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของชนิดแป้ง

ชนิดแป้ง	ค่าเฉลี่ยแรงตัดขาด + เบี่ยงเบนมาตรฐาน (กรัม)
ISP	$808.10^a + 160.51$
แป้งขนมปัง	$630.08^{ac} + 149.15$
แป้งข้าวเหนียว	$628.19^{ab} + 161.73$
แป้งมัน	$646.35^{ab} + 201.69$
FFSF	$618.49^{ab} + 157.18$
DFSF	$566.71^b + 166.91$

a และ b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 3 แรงตัดขาดของผลิตภัณฑ์เต้าหู้ซูริมิ (ก่อนทอด) ซึ่งแปรชนิดของแป้ง 6 ชนิด และแปรปริมาณแป้ง 2 ระดับ คือ 2.5 และ 5% ของน้ำหนักส่วนผสม เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของปริมาณแป้ง

ปริมาณแป้ง (% น้ำหนักส่วนผสม)	ค่าเฉลี่ยแรงตัดขาด + เบี่ยงเบนมาตรฐาน (กรัม)
2.5	534.62 ^b + 94.51
5	764.69 ^a + 155.62

a และ b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

3.1.2 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส

ตารางที่ 4 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และสีของผลิตภัณฑ์เต้าหู้ซูริมิ ซึ่งแปรชนิดแป้ง 6 ชนิดและแปรปริมาณแป้ง 2 ระดับ คือ 2.5 และ 5% ของน้ำหนักส่วนผสม เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลชนิดแป้ง

ชนิดแป้ง	คะแนนเฉลี่ย + เบี่ยงเบนมาตรฐาน					
	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่นรส	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
ISP	6.10 ^c + 1.43	6.10 ^b + 1.38	5.82 ^c + 1.32	5.83 ^c + 1.27	5.79 ^c + 1.46	5.91 ^c + 1.24
แป้งขนมปัง	6.68 ^a + 1.34	6.52 ^a + 1.32	6.24 ^{ab} + 1.36	6.22 ^b + 1.42	6.00 ^c + 1.61	6.49 ^a + 1.32
แป้งข้าวเหนียว	6.57 ^{abc} + 1.29	6.42 ^{ab} + 1.35	6.34 ^a + 1.35	6.63 ^a + 1.25	6.43 ^a + 1.32	6.54 ^a + 1.24
แป้งมัน	6.24 ^{bc} + 1.38	6.45 ^{ab} + 1.33	6.14 ^{abc} + 1.28	6.33 ^{ab} + 1.36	6.45 ^a + 1.25	6.67 ^a + 1.26
FFSF	6.46 ^{abc} + 1.28	6.45 ^{ab} + 1.12	5.93 ^c + 1.51b	6.18 ^{bc} + 1.45	6.17 ^{ab} + 1.39	6.08 ^c + 1.38
DFSF	5.75 ^d + 1.49	6.12 ^b + 1.46	5.99 ^{abc} + 1.45	6.03 ^{bc} + 1.48	6.19 ^{ab} + 1.36	6.13 ^c + 1.44

a, b, c และ d ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 5 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ และเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เต้าหู้ซูริมิ ซึ่งแปรชนิดของแป้ง 6 ชนิด และแปรปริมาณแป้ง 2 ระดับ คือ 2.5 และ 5% ของน้ำหนักส่วนผสม เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของปริมาณแป้ง

ปริมาณแป้ง (% น้ำหนักส่วนผสม)	คะแนนเฉลี่ย + เบี่ยงเบนมาตรฐาน	
	ลักษณะปรากฏ	เนื้อสัมผัส
2.5	6.18 ^c + 1.50	6.30 ^c + 1.47
5	6.42 ^a + 1.29	6.04 ^d + 1.35

a และ b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 6 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบรวมของผลิตภัณฑ์เต้าหู้ซูริมิ ซึ่งแปรชนิดของแป้ง 6 ชนิด และแปรปริมาณแป้ง 2 ระดับ คือ 2.5 และ 5% ของน้ำหนักส่วนผสม พิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดและปริมาณแป้ง

ชนิดแป้ง	ปริมาณแป้ง (% น้ำหนักส่วนผสม)	คะแนนเฉลี่ย + เบี่ยงเบนมาตรฐาน
		ความชอบรวม
ISP	2.5	6.05 ^{de} + 1.33
	5	5.77 ^e + 1.13
แป้งขนมปัง	2.5	6.52 ^{abc} + 1.41
	5	6.47 ^{abcd} + 1.24
แป้งข้าวเหนียว	2.5	6.62 ^{ab} + 1.26
	5	6.47 ^{abcd} + 1.21
แป้งมัน	2.5	6.47 ^{abcd} + 1.37
	5	6.87 ^a + 1.11
FFSF	2.5	6.22 ^{bcd^e} + 1.62
	5	5.95 ^{de} + 1.08
DFSF	2.5	5.93 ^{de} + 1.55
	5	6.33 ^{abcd} + 1.31

a, b, c, d และ e ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

3.2 ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เต้าหู้ซูริมิ

การศึกษาก่อนประกอบทางเคมีได้แก่ปริมาณโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เยื่อใย เถ้า ความชื้น และการคำนวณ

ค่าพลังงาน และการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เต้าหู้ซูริมิที่ได้รับการคัดเลือกจากข้อ 3.1 ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 7 และ 8 ตามลำดับ

ตารางที่ 7 องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์เต้าหู้ซูริมิที่ใช้อัตราส่วนอิมัลชัน : ซูริมิ เท่ากับ 3 : 1 น้ำแข็งร่อยละ 20 ของน้ำหนักซูริมิ และแป้งข้าวเหนียวร่อยละ 2.5 ของน้ำหนักส่วนผสม

องค์ประกอบ	ความชื้น	โปรตีน	ไขมัน	เถ้า	เยื่อใย	คาร์โบไฮเดรต
ปริมาณที่พบ (%)	61.90	14.15	9.46	2.58	0.0	11.61
ค่าพลังงานจากการคำนวณ	189.38 Kcal/100 กรัม (wet basis)					

ตารางที่ 8 การวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เต้าหู้ซุริมิที่ใช้อัตราส่วนอิมัลชัน : ซุริมิเท่ากับ 3 : 1 น้ำแข็งร้อยละ 20 ของน้ำหนักซุริมิ และแบ่งข้าวเหนียวร้อยละ 2.5 ของน้ำหนักส่วนผสม

ชนิดจุลินทรีย์	ปริมาณที่ตรวจพบ
ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (cfu/g)	25
<i>Coliform</i> (MPN/g)	nil
<i>Escherichia coli</i> (MPN/g)	nil
<i>Staphylococcus aureus</i> (MPN/g)	nil
<i>Vibrio cholerae</i> (/25 g sample)	ND
<i>Salmonella</i> spp. (/25 g sample)	ND
Yeast & Mold (cfu/g)	20

nil and ND = were not detected.

4. วิจัยการผลิตทดลอง

4.1 การศึกษาชนิด และปริมาณแบคทีเรียที่เหมาะสมในการผลิตเต้าหู้ซุริมิ

4.1.1 การทดสอบทางกายภาพ

4.1.1.1 ค่าสี (L a b)

พบว่าชนิดแบ่งเท่านั้นที่มีผลต่อค่าสี (a b) อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$, ตารางที่ 1) แบ่งขนมปังทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีแดง (ค่าสี a) มากที่สุด ISP แบ่งข้าวเหนียว และ DFSF ทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีเหลือง (ค่าสี b) มากที่สุด (ตารางที่ 1) แบ่งจากธัญพืชมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าแบ่งจากหัว และราก [13] แบ่งสาหร่ายเป็นแบ่งจากธัญพืชมีปริมาณโปรตีนสูง เมื่อทำปฏิกิริยากับน้ำตาลรีดิวซ์เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (Maillard Browning reaction) เต้าหู้ซุริมิที่ผลิตโดยใช้แบ่งขนมปัง จึงมีสีแดงมากที่สุด นอกจากนั้นการใช้แบ่งจากธัญพืชยังทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีเหลืองมาก และการใช้แบ่งมันสำปะหลังทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีเหลืองน้อยที่สุด (ตารางที่ 1)

4.1.1.2 แรงตึงผิว

ชนิดแบ่ง มีผลต่อแรงตึงผิวของผลิตภัณฑ์ก่อนทอดอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$, ตารางที่ 2) ISP ทำให้ผลิตภัณฑ์มีแรงตึงผิวมากที่สุด และ DFSF ทำให้ผลิตภัณฑ์มีแรงตึงผิวน้อยที่สุด (ตารางที่ 2) เนื่องจาก ISP มีปริมาณโปรตีนสูงมากกว่า 90% (น้ำหนักแห้ง) กระจายตัวในน้ำได้ดี [2] และมี คุณ

สมบัติในการเกิดเจลได้ ผลิตภัณฑ์จึงมีความแข็ง และเหนียวมากกว่าการใช้แบ่งชนิดอื่นๆ ทำให้แรงตึงผิวสูงที่สุด แบ่งที่มีปริมาณอะไมโลเปกตินสูง ได้แก่ แบ่งข้าวเหนียว และแบ่งมันสำปะหลัง [13] อะไมโลเปกตินในแบ่งจะช่วยให้เกิดความยืดหยุ่นในซุริมิเจล [5] ทำให้เต้าหู้ซุริมิมีเนื้อสัมผัสที่เหนียวนุ่ม และมีความยืดหยุ่นสูง แรงตึงผิวจึงอยู่ในระดับปานกลาง (ตารางที่ 2) DFSF มีปริมาณโปรตีนมากกว่า FFSSF [2] ทำให้เต้าหู้ซุริมิมีเนื้อสัมผัสที่แข็ง แต่เปราะไม่เหนียวเพราะ DFSF มีปริมาณไขมันที่ต่ำกว่า แรงตึงผิวของเต้าหู้ซุริมิที่ผลิตจากการใช้ DFSF จึงน้อยกว่าเต้าหู้ซุริมิที่ใช้ FFSSF (ตารางที่ 2) ปริมาณแบ่งมีผลต่อแรงตึงผิวของผลิตภัณฑ์ก่อนทอดอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$, ตารางที่ 3) การใช้แบ่งร้อยละ 5 ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็ง และเหนียวมากกว่า แรงตึงผิวจึงมากกว่า (ตารางที่ 3) ส่วนอิทธิพลร่วมระหว่างชนิด และปริมาณแบ่ง ไม่มีผลต่อแรงตึงผิวของผลิตภัณฑ์ก่อนทอดอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) แต่อย่างไรก็ตาม ชนิด ปริมาณแบ่ง และอิทธิพลร่วมระหว่างชนิด และปริมาณแบ่ง ไม่มีผลต่อแรงตึงผิวของผลิตภัณฑ์หลังทอดอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) เนื่องจากการทอด ทำให้ผลิตภัณฑ์ทุกสูตรเกิดเปลือกแข็งที่มีความหนาใกล้เคียงกัน จึงไม่พบความแตกต่างของชนิด และปริมาณแบ่งที่ใช้ในการผลิตภายหลังการทอดผลิตภัณฑ์

4.1.2 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

พบว่าชนิดแป้งมีผลต่อคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสทุกๆด้านอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$, ตารางที่ 4) แป้งขนมปังได้รับคะแนนด้านลักษณะปรากฏ และสีมากที่สุด (ตารางที่ 4) ซึ่งสอดคล้องกับค่าสี (a) ที่มากที่สุด (ตารางที่ 1) แสดงว่าผู้บริโภคมองว่าผลิตภัณฑ์ที่มีสีค่อนข้างเข้ม ส่วนแป้งข้าวเหนียวได้รับคะแนนด้านกลิ่นรส และรสชาติมากที่สุด (ตารางที่ 4) นอกจากนี้ยังได้รับคะแนนด้านเนื้อสัมผัส และความชอบรวมอยู่ในกลุ่มคะแนนสูง เช่นเดียวกับการใช้แป้งมันสำปะหลัง (ตารางที่ 4) จากการที่แป้งข้าวเหนียว และแป้งมันสำปะหลังมีปริมาณอะไมโลเปกตินสูง [12] ทำให้เต้าหู้สุริมมีความยืดหยุ่นมากขึ้น [13] ผลิตภัณฑ์ที่ใช้แป้ง 2 ชนิดนี้จึงได้รับการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสสูง

เมื่อพิจารณาปริมาณแป้ง พบว่ามีผลต่อคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ และเนื้อสัมผัสอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$, ตารางที่ 5) ผู้บริโภคชอบเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณแป้งต่ำ คือร้อยละ 2.5 ของน้ำหนักส่วนผสม มากกว่าปริมาณแป้งร้อยละ 5 (ตารางที่ 5) แม้ว่าการใช้แป้งร้อยละ 5 ทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะปรากฏแข็ง และคงรูปดี คะแนนด้านลักษณะปรากฏจึงมากกว่าการใช้แป้งร้อยละ 2.5 แต่ผลิตภัณฑ์มีความแข็ง และเหนียวมากเกินไป ขาดความยืดหยุ่น คะแนนด้านเนื้อสัมผัสจึงน้อยกว่า ผลดังกล่าวสอดคล้องกับแรงตึงขาด (ตารางที่ 5)

อิทธิพลร่วมระหว่างชนิด และปริมาณแป้ง มีผลต่อความชอบรวมอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$, ตารางที่ 6) พบว่าการใช้แป้งมันสำปะหลังร้อยละ 5 ทำให้เต้าหู้สุริมได้รับคะแนนความชอบรวมมากที่สุด (ตารางที่ 6) แต่อย่างไรก็ตาม การใช้แป้งข้าวเหนียวร้อยละ 2.5 ทำให้เต้าหู้สุริมได้รับคะแนนด้านความชอบรวมสูงรองจากการใช้แป้งมันสำปะหลังร้อยละ 5 และการใช้แป้งข้าวเหนียวยังได้รับคะแนนด้านกลิ่นรส และ รสชาติมากที่สุดอีกด้วย (ตารางที่ 4) ดังนั้นเมื่อพิจารณาคะแนนจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสทุกๆด้าน และใช้คะแนนด้านกลิ่นรส รสชาติ และเนื้อสัมผัสเป็นเกณฑ์ พบว่าการใช้แป้งข้าวเหนียวร้อยละ 2.5 ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด

จากผลการทดสอบทางกายภาพ พบว่าชนิดแป้งมีผลต่อค่าสี (a b) ชนิด และปริมาณแป้งมีผลต่อแรงตึงขาดของผลิตภัณฑ์ก่อนทอดอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) และจากผลการทดสอบทาง

ประสาทสัมผัส พบว่าการใช้แป้งข้าวเหนียวร้อยละ 2.5 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด ทำให้ผลิตภัณฑ์เต้าหู้สุริม ได้รับคะแนนด้านกลิ่นรส และรสชาติสูงสุด ($P < 0.05$) และคะแนนด้านสี ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมอยู่ในเกณฑ์สูง ดังนั้นแป้งที่เหมาะสมในการผลิตเต้าหู้สุริม คือ การใช้แป้งข้าวเหนียวร้อยละ 2.5 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด

4.2 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เต้าหู้สุริม

จากตารางที่ 7 พบว่าผลิตภัณฑ์เต้าหู้สุริมประกอบด้วย ปริมาณความชื้นร้อยละ 61.9 โปรตีน 14.45 ไขมัน 9.46 เถ้า 2.58 และคาร์โบไฮเดรต 11.61 (wet basis) สามารถคำนวณค่าพลังงานได้เท่ากับ 189.38 Kcal/100 กรัม

นอกจากนี้ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในตารางที่ 8 ยังแสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์เต้าหู้สุริมมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (TVC) 25 และ Yeast & Mold 20 cfu/กรัมตัวอย่างตามลำดับ ตรวจไม่พบจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค ได้แก่ *E.coli*, *Salmonella*, *Vibrio cholerae* และ *Staphylococcus aureus* จึงเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความสะอาดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานอาหารปรุงสุกแช่เย็นของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข [14] และมีความปลอดภัยในการบริโภค

ในผลิตภัณฑ์เต้าหู้สุริม 100 กรัม ประกอบด้วย น้ำ 50.47 ISP 10.82 ไขมันถั่วเหลือง 7.21 ซูริม 22.83 แป้งข้าวเหนียว 2.44 เกลือ 1.67 และน้ำแข็ง 4.57 กรัม การที่ผลิตภัณฑ์มีน้ำเป็นองค์ประกอบมาก มีอัตราส่วนระหว่างอิมัลชัน และซูริมที่เหมาะสม ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความเหนียวนุ่ม และยืดหยุ่น จากการเกิดเจลของโปรตีนในเนื้อปลาเมื่อได้รับความร้อน นอกจากนี้แป้งข้าวเหนียวยังช่วยทำให้เต้าหู้สุริมมีเนื้อสัมผัสที่นุ่มคล้ายเนื้อสัมผัสของเต้าหู้มากยิ่งขึ้น ผลิตภัณฑ์จึงเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

5. สรุปผลการทดลอง

1. แป้งที่เหมาะสมในการผลิตเต้าหู้สุริม คือ การใช้แป้งข้าวเหนียวร้อยละ 2.5 ของน้ำหนักส่วนผสม หรือคิดเป็นร้อยละ 2.44 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด ให้ค่าสี (L a b) เท่ากับ 53.46, 8.94 และ 23.78 ตามลำดับ แรงตึงขาดเท่ากับ 1865.73 กรัม ได้รับคะแนนจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรส

และรสชาติสูงสุดเท่ากับ 6.47 และ 6.75 ตามลำดับ ($P \leq 0.05$)

2. ผลิตกัณฑ์เต้าหู้สุริมิ มีปริมาณความชื้นร้อยละ 61.90 โปรตีน 14.45 ไขมัน 9.46 เถ้า 2.58 และคาร์โบไฮเดรต 11.61 คำนวณค่าพลังงานได้เท่ากับ 189.38 Kcal/100 กรัม (wet basis) มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณยีสต์ราเท่ากับ 25 และ 20 cfu/กรัมตัวอย่าง ตามลำดับ ตรวจไม่พบจุลินทรีย์ที่เป็นอันตราย และมีความปลอดภัยอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานอาหารปรุงสุกแช่เย็นของ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข

3. ส่วนผสมของเต้าหู้สุริมิ ใน 100 กรัมประกอบด้วย น้ำ 50.47 ISP 10.82 น้ำมันถั่วเหลือง 7.21 ซูริมิ 22.83 แป้งข้าวเหนียว 2.44 เกลือ 1.67 และน้ำแข็ง 4.57 กรัม

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติที่สนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบพระคุณ ดร. พรรณทิพย์ สุวรรณสาครกุล สถาบันวิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ กรมประมงที่ได้ให้คำปรึกษาแนะนำ และช่วยเหลือต่างงานวิจัยนี้สำเร็จได้ และขอขอบคุณ คุณ สวนิต อิชยาวณชัย คุณสุธาสิณี สุภาวุฒิ และคุณณอม อังกรวานิช ที่ได้ช่วยงานวิจัยนี้

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Tanikawa, E., Marine products in Japan, Revised edition, Koseisha Koseikaku, Co., Ltd., Tokyo, 1985.
- [2] สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถั่วเหลืองและการใช้ประโยชน์ในประเทศไทย (Soybean and its utilization in Thailand), บริษัท สยามออฟเซท, กรุงเทพมหานคร, 2527.
- [3] อนุกุล พลศิริ, ประสิทธิภาพของโปรตีนถั่วเหลืองต่อบดบด (The Effect of Soy Protein on Ground Beef Meat Loves), วารสารอาหาร 9 ; น. , 21 - 26, 2520.
- [4] Rakosky, J., Soy Products for the Meat Industry, J. Agr. Food Chem. Vol. 18 ; pp. 1005, 1970.
- [5] Lee, C.M., Surimi Process Technology, Food Technol. Vol. 38 ; pp. 69 - 80, 1984.
- [6] Roy, E.M. and Robert L.C., Engineered Seafood Including Surimi, National Fisheries Institute, Washington DC., 1990.
- [7] กัลยา วาณิชยัญชา, การวิเคราะห์ข้อมูลด้วย SPSS for Windows, ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร, 2540
- [8] AOAC , Official methods of analysis, 16 ed., The Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C., 1995.
- [9] AOAC , Official methods of analysis, 15 ed., The Association of Official Analytical Chemists, Arlington, Virginia, 1990.
- [10] Speck, M.L., Compendium of methods for the microbiological analysis of foods, American Public Health Association, New York, 1976.
- [11] De Smedt, J.M. and Bolderdijk, R.F., Dynamics of Salmonella isolation with modified semi-solid rappaport-vassiliadis medium, J. Food Prot. Vol. 50 ; pp. 658 - 661, 1987.
- [12] สุมาลี บุญมา, อรุณ ปางตระกูลนนท์, นพรัตน์ همانริน และ ชุมพจน์ อมาตยกุล , การตรวจหาเชื้อซัลโมเนลลาในผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์โดยวิธี Standard Conventional และวิธี Modified Semisolid Rappaport Vassiliadis, วารสารอาหาร 26 ; น. , 88 - 97 , 2539.
- [13] อรพิน ภูมิภมร , เทคโนโลยีของแป้ง : เคมีของแป้งและเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์จากแป้งบางชนิดที่ผลิตในประเทศไทย, ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ , กรุงเทพมหานคร, 2533.
- [14] วิทยาศาสตร์การแพทย์, กรม, เกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะที่สัมผัสอาหาร, เอกสารแนบท้ายบันทึกที่ สท 0524/5756 ลงวันที่ 24 สิงหาคม 2536, กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข, 2536.