

ผลของปริมาณแป้งมันสำปะหลังตัดแปรและไซชาวผง ต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของลูกชิ้นปลา

สันตกิจ นิลอุดมศักดิ์¹ และ อัมพวัน ตันสกุล²

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี บางมด ทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

รับเมื่อ 22 กุมภาพันธ์ 2548 ตอรับเมื่อ 17 สิงหาคม 2548

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของแป้งมันสำปะหลังตัดแปรและไซชาวผงต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของลูกชิ้นปลาที่ผลิตจากซูริมิปลาตาหวาน โดยเติมปริมาณแป้งมันสำปะหลังตัดแปรร้อยละ 0, 4, 8 และ 12 ร่วมกับปริมาณไซชาวผงร้อยละ 0, 1, 2 และ 3 ของน้ำหนักซูริมิ เป็นส่วนประกอบหลักในการผลิตลูกชิ้นปลา พบว่าการเพิ่มขึ้นของทั้งปริมาณไซชาวผงและปริมาณแป้งมันสำปะหลังตัดแปร มีผลทำให้ลูกชิ้นปลาที่ผลิตได้มีค่าความแข็งลดลง แต่ค่าความเกาะติดกัน และค่าความยืดหยุ่นสูงขึ้น และสรุปได้ว่าลูกชิ้นปลาที่เติมแป้งมันสำปะหลังตัดแปรร้อยละ 8 และไซชาวผงร้อยละ 3 ให้ลักษณะเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับลูกชิ้นปลาที่เป็นที่ยอมรับในท้องตลาด

คำสำคัญ : ลูกชิ้นปลา / แป้งมันสำปะหลังตัดแปร / ไซชาวผง / ลักษณะเนื้อสัมผัส

¹ นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร

² รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร

Effects of Quantity of Modified Tapioca Starch and Eggwhite Powder on Texture of Fishball

Santakit Niludomsak ¹ and Ampawan Tansakul ²

King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangmod, Toongkru, Bangkok 10140

Received 22 February 2005 ; accepted 17 August 2005

Abstract

This research was aimed to study the influences of ingredients on texture properties of fishballs produced from Bigeye snapper surimi. Modified tapioca starch (0, 4, 8 and 12 percent w/w of surimi) and eggwhite powder (0, 1, 2 and 3 percent w/w of surimi) were chosen as the two main ingredients in fishball processing. It was found that the fishball samples with an increase in both eggwhite powder and modified tapioca starch showed a decrease in the hardness value but an increase in cohesiveness and the springiness values. It was concluded from this research that the fishball sample with 8 percent modified tapioca starch and 3 percent eggwhite powder gave texture attributes close to those of the accepted commercial fishball.

Keywords : Fishball / Modified Tapioca Starch / Eggwhite Powder / Texture

¹ Graduate Student, Department of Food Engineering.

² Associate Professor, Department of Food Engineering.

1. บทนำ

ในประเทศไทยมีการผลิตลูกชิ้นปลาทั้งในระดับโรงงานอุตสาหกรรมและอุตสาหกรรมในครัวเรือน ทั้งเพื่อจำหน่ายภายในประเทศและส่งออกเป็นสินค้าออก โดยลูกชิ้นปลาเป็นผลิตภัณฑ์จากเนื้อปลาคุด (minced fish) ได้แก่ ปลาตาหวาน ปลาลิ้นหมา ปลาอินทรี เป็นต้น ลักษณะคุณภาพที่ดีของลูกชิ้นปลาควรมีสีขาว ไม่มีกลิ่นคาวปลา นุ่ม และเนื้อสัมผัสต้องมีความยืดหยุ่น (elasticity) [1] นอกจากนี้การใช้ซูริมิ (surimi) เป็นวัตถุดิบพื้นฐานในการผลิตลูกชิ้นปลา สามารถให้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสูง แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ คือ ชนิดของปลา ความสดของปลา กรรมวิธีการผลิต การควบคุมปริมาณความชื้น และสารเติมแต่ง เป็นต้น สารเติมแต่งที่ทำให้ลูกชิ้นปลามีคุณภาพดีเช่น แป้งมันสำปะหลังตัดแปร และไข่ขาว เป็นต้น แป้งมันสำปะหลังตัดแปรในลูกชิ้นปลามีหน้าที่ปรับปรุงเนื้อสัมผัสของเจลและลดต้นทุนการผลิต ในขณะที่ไข่ขาวสามารถยับยั้งและขัดขวางกิจกรรมของเอนไซม์โปรตีเอสซึ่งส่งผลต่อการย่อยโปรตีน และช่วยเสริมโครงสร้างของโปรตีนจากซูริมิในการเป็นสารช่วยยึดเกาะส่วนประกอบต่างๆ ให้เข้ากัน ดังนั้น ผลร่วมกันของแป้งมันสำปะหลังตัดแปรและไข่ขาวส่งผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสที่ได้ Yamprayoon และคณะ [2] ศึกษาชนิดของแป้งที่มีผลต่อคุณภาพของลูกชิ้นปลาแช่แข็ง โดยใช้ซูริมิแช่แข็งซึ่งทำจากปลาทรายแดงเป็นวัตถุดิบในการผลิตลูกชิ้น โดยศึกษากับแป้ง 3 ชนิด คือ แป้งมันสำปะหลัง แป้งมันสำปะหลังตัดแปรชนิด Purity 4 และชนิด National Frigex ในปริมาณร้อยละ 0, 3, 5 และ 8 ของน้ำหนักซูริมิ เมื่อได้ผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลา จึงนำไปแช่แข็งและเก็บรักษาเพื่อศึกษาคุณภาพ พบว่า แป้งทั้ง 3 ชนิด ไม่มีผลต่อค่าความแข็งแรงของเจล (gel strength) ของลูกชิ้นปลา เนื่องจากแป้งที่ใช้มีปริมาณอะไมโลส (amylose) ใกล้เคียงกัน แต่การเติมแป้งทำให้ผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลามีผิวเรียบและนุ่มกว่าเมื่อเทียบกับลูกชิ้นปลาที่ไม่มีการเติมแป้ง [3] Burgarella และคณะ [4] ศึกษาผลของการเติมไข่ขาวต่อเนื้อสัมผัสของซูริมิจากปลา croaker พบว่า ไข่ขาวจะทำหน้าที่ปรับปรุงลักษณะเหนียวคล้ายยาง (rubbery) ซึ่งมีสาเหตุจากการใช้แป้ง นอกจากนี้มีผลให้ผลิตภัณฑ์ขาวขึ้นและเลื่อมมันมากขึ้น ปริมาณของไข่ขาวที่ใช้ขึ้นกับชนิดของผลิตภัณฑ์ การเติมไข่ขาวร้อยละ 10 มีผลให้เจลมีความแข็งแรงสูงสุด (วัดจากค่าแรงเค้น) ส่วนการเติมไข่ขาวในปริมาณร้อยละ 20 ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเนื้อสัมผัสนุ่มขึ้น และให้คุณภาพของเจลที่ดีกว่า แต่การใช้ไข่ขาวในปริมาณสูงกว่าร้อยละ 20 จะลดความแข็งแรงของเจล และให้กลิ่นไข่ขาวอย่างเด่นชัด ผลของไข่ขาวขึ้นกับสถานะต่างๆ ในการแปรรูป เช่น ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตด้วยการให้ความร้อน 2 ขั้นตอน (การผลิตซาบูเทียม) โดยในขั้นตอนแรกไข่ขาวจะทำให้ผลิตภัณฑ์ซึ่งเช็ดตัวบางส่วนมีลักษณะยืดหยุ่นที่ดี แต่ในการให้ความร้อนขั้นสุดท้ายไข่ขาวมีผลให้ผลิตภัณฑ์มีความยืดหยุ่นลดลง ไข่ขาวจะให้เจลที่แข็งแรงที่สุดที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เนื่องจากความแตกต่างของการทนต่อความร้อนที่แตกต่างกันระหว่างโปรตีนจากเนื้อปลาและโปรตีนจากไข่ขาว ดังนั้นไข่ขาวจึงไม่มีผลโดยตรงต่อการเกิดเจลของผลิตภัณฑ์ แต่จะมีผลช่วยเสริมให้โครงสร้างของเจลแข็งแรงขึ้น โดยการแทรกอยู่ตามช่องว่าง (filler effect) งานวิจัยนี้ต้องการศึกษานิตของส่วนประกอบที่แปรรูปจากวัตถุดิบภายในประเทศ ได้แก่ แป้งมันสำปะหลังตัดแปรและไข่ขาวที่มีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของลูกชิ้นปลา เพื่อสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการผลิตลูกชิ้นปลาภายในประเทศ

2. วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

2.1 วัสดุอุปกรณ์

- ซูริมีปลาตาหวาน (Bigeye Snapper) เกรด AA จากบริษัท แปซิฟิกมารีนฟู้ดโปรดักส์ จำกัด
- แป้งมันสำปะหลังดัดแปร (modified tapioca starch) ชนิดแป้งแอซีเตต (acetate starch) จากบริษัท ไทยฟู๊ดแอนด์เคมีคอล จำกัด
- ไข่ขาวผง (albumen powder high gel) จากบริษัท ไทยฟู๊ดแอนด์เคมีคอล จำกัด
- เกลือยี่ห้อปฐพี จากบริษัท อุตสาหกรรมเกลือบริสุทธิ์ จำกัด
- น้ำแข็งบด
- เครื่อง Texture analyzer Model 4301, Instron

2.2 วิธีการ

2.2.1 การหาค่าอ้างอิงของสมบัติทางเนื้อสัมผัสของลูกชิ้นปลา

จากการค้นคว้าเอกสารงานวิจัย พบว่า ไม่มีรายงานแสดงถึงค่าที่เหมาะสมของสมบัติทางเนื้อสัมผัสลูกชิ้นปลาเพื่อใช้เป็นค่าอ้างอิงได้ จึงสุ่มตัวอย่างลูกชิ้นปลาจากท้องตลาด 6 ยี่ห้อ ได้แก่ A, B, C, D, E และ F จากท้องตลาด เพื่อใช้ทดสอบหาค่าสมบัติทางเนื้อสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝน 8 คน และศึกษา Texture Profile Analysis (TPA) ด้วยเครื่อง Texture Analyzer โดยทดสอบด้านความแข็ง (hardness) ความเกาะติดกัน (cohesiveness) และความยืดหยุ่น (springiness) ซึ่งค่าที่ได้จะใช้อ้างอิงในการบ่งชี้คุณภาพของลูกชิ้นปลาต่อไป

2.2.2 การเตรียมตัวอย่างลูกชิ้นปลา

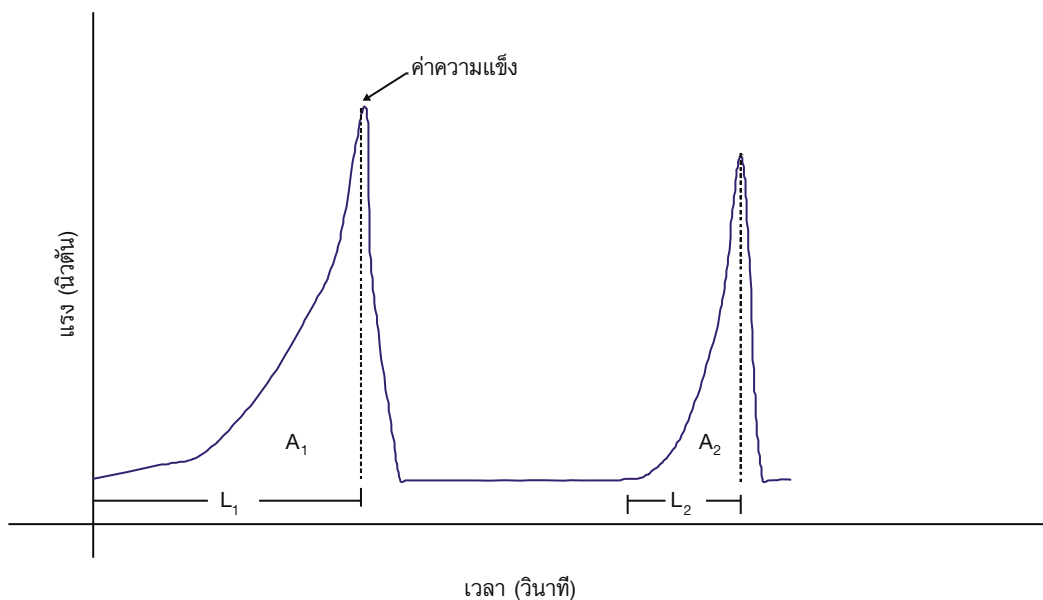
นำซูริมีปลาตาหวานที่ผ่านการละลายมานานเป็นเวลา 5 นาที ใช้ความเร็วในการผสมระดับต่ำต่อมาขนาดผสมกับเกลือครึ่งละร้อยละ 1.5 ต่อน้ำหนักของซูริมี เป็นเวลา 5 นาที และ 10 นาที ตามลำดับ ใช้ความเร็วในการผสมระดับกลาง หลังจากนั้นเติมแป้งมันสำปะหลังดัดแปรและไข่ขาวผง โดยผสมต่ออีก 10 นาที ด้วยระดับความเร็วเดิม รวมเวลาในการผสมนาน 30 นาที ในช่วงการผสมต้องปรับความชื้นของซูริมีให้อยู่ในช่วงร้อยละ 81-82 โดยการเติมน้ำแข็ง ซึ่งคำนวณปริมาณน้ำแข็งโดยการทำสมดุลความชื้น และควบคุมอุณหภูมิในการผสมไม่เกิน 10 องศาเซลเซียส แล้วนำไปขึ้นรูปโดยใช้เครื่องขึ้นรูปที่ระดับอัตราเร็วของการขึ้นรูปเท่ากับ 200 รอบต่อนาที โดยควบคุมขนาดของลูกชิ้นปลาให้มีความสม่ำเสมอเป็นรูปทรงกลมที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร ลูกชิ้นที่ขึ้นรูปแล้วถูกปล่อยให้เย็นในน้ำอุ่นอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส 20 นาที และต้มที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส 20 นาที ทำให้เย็นในน้ำเย็น 3 นาที หลังจากได้ผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลา นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ประมาณ 12-15 ชั่วโมง เพื่อรอวัดลักษณะเนื้อสัมผัสต่อไป

2.2.3 การวัดลักษณะเนื้อสัมผัส

2.2.3.1 การวัดด้วยเครื่อง Texture Analyzer

ตัวอย่างลูกชิ้นปลาทรงกลมที่ผ่านการทำให้เป็นรูปทรงกระบอกที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร และความสูง 1 เซนติเมตร ถูกนำมาวัด Texture Profile Analysis (TPA) ด้วยเครื่อง Texture

Analyzer (Instron model 4301) วิธี TPA เป็นการทดสอบแบบการกด 2 ครั้ง ซึ่งเลียนแบบการเคี้ยว วัดเป็นค่าความแข็ง ค่าความเกาะติด และค่าความยืดหยุ่น การวัดจะใช้ Load cell ขนาด 100 N หัวกดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5.8 เซนติเมตร โดยตัวอย่างถูกกดลงร้อยละ 75 ของความสูงเริ่มต้น (หรือ 7.5 มม.) ทำการกดแบบ cycle จำนวน 2 ครั้ง ความเร็วของหัวกดเท่ากับ 60 มิลลิเมตรต่อวินาที หาค่าที่ต้องการทดสอบโดยวิธีของ Bourne [5] กราฟ Texture Profile ที่ได้มีลักษณะดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 กราฟ Texture Profile Analysis ที่ได้จากการวัดด้วยเครื่อง Instron Universal Testing Machine

ค่าความแข็ง คือ แรงที่มีค่ามากที่สุดในช่วงการกดครั้งแรก (first bite) มีหน่วยเป็นแรง (นิวตัน)

ค่าความเกาะติดกัน เท่ากับ พื้นที่ใต้กราฟที่เป็นบวกที่วัดได้จากการกดครั้งที่สองหารด้วยพื้นที่ใต้กราฟที่เป็นบวกที่วัดได้จากการกดครั้งแรก (A_2/A_1) เป็นค่าอัตราส่วน (ไม่มีหน่วย)

ค่าความยืดหยุ่น คือ ระยะทางเริ่มต้นตั้งแต่หัวกดสัมผัสกับชิ้นอาหารจนกระทั่งถึงค่าแรงที่มากที่สุดในช่วงการกดครั้งที่สอง หารด้วยระยะทางเริ่มต้นตั้งแต่หัวกดสัมผัสกับชิ้นอาหาร จนกระทั่งถึงค่าแรงที่มากที่สุดในช่วงการกดครั้งที่หนึ่ง (L_2/L_1)

2.2.3.2 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

จากการใช้ผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัส 8 คน ที่ผ่านการฝึกฝนเพื่อทดสอบทางประสาทสัมผัสของลูกชิ้นปลาจากท้องตลาด 6 ยี่ห้อ เพื่อหาเกณฑ์อ้างอิงทางด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของลูกชิ้นปลาที่ผู้บริโภคยอมรับ เนื่องจากที่ผ่านมาไม่มีเกณฑ์อ้างอิงถึงลักษณะเนื้อสัมผัสของลูกชิ้นปลาที่ผู้บริโภคยอมรับ โดยตัวอย่างจะถูกให้รหัสทางสถิติก่อน แล้วนำตัวอย่างดังกล่าวมาเสนอให้ผู้ทดสอบชิม โดยการบันทึกปฏิกิริยาของผู้

ทดสอบชิมต่อผลิตภัณฑ์ในลักษณะเฉพาะต่างๆ บนสเกลที่กำหนดให้ ซึ่งกำหนดให้ 1 เป็นคะแนนต่ำสุดและ 5 เป็นคะแนนสูงสุด แบบประเมินดังแสดงในภาคผนวก

2.2.4 การออกแบบการทดลองและการวิเคราะห์ผลทางสถิติ

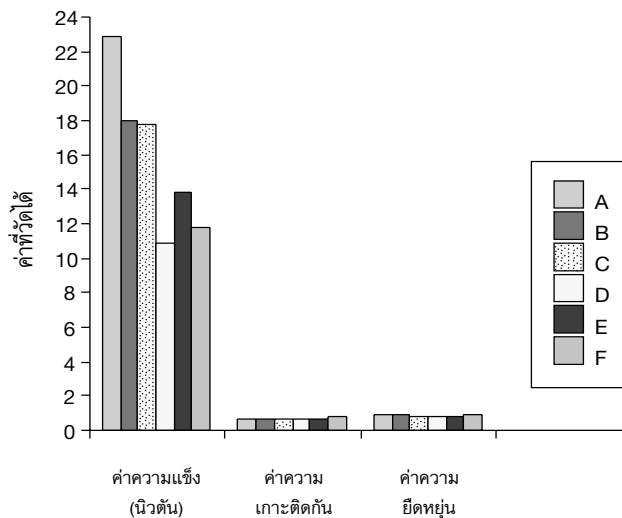
การออกแบบการทดลองใช้หลักการ Factorial Design โดยแบ่งตัวแปรออกเป็น 2 ปัจจัย ปัจจัยที่หนึ่งคือแป้งมันสำปะหลังตัดแปรรูป แบ่งออกเป็น 4 ระดับคือ 0 4 8 และร้อยละ 12 ปัจจัยที่สองคือไซ้ข้าวพอง แบ่งออกเป็น 4 ระดับคือ 0 1 2 และร้อยละ 3 การกระทำซ้ำข้อมูล (replication) เท่ากับ 3 ซ้ำ นำผลการทดลองที่ได้วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) เพื่อวิเคราะห์ผลว่าปัจจัยแต่ละปัจจัยที่ทำการศึกษามีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสหรือไม่ และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test เพื่อวิเคราะห์ผลที่ได้ว่าระดับของปัจจัยที่ศึกษามีผลแตกต่างกันหรือไม่

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

3.1 ลักษณะเนื้อสัมผัสลูกชิ้นปลาจากท้องตลาด

3.1.1 ลักษณะเนื้อสัมผัสโดยการวัดด้วยเครื่อง Texture Analyzer

จากการทดสอบลักษณะเนื้อสัมผัสของลูกชิ้นปลา โดยสุ่มตัวอย่าง 6 ยี่ห้อ ได้แก่ A, B, C, D, E และ F จากท้องตลาด เพื่อศึกษาลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยวิธี Texture Profile Analysis (TPA) รูปที่ 2 แสดงค่าความแข็ง ค่าความเกาะติดกัน และค่าความยืดหยุ่น ที่ได้จากการอ่านค่าจาก Texture Profile



รูปที่ 2 ลักษณะเนื้อสัมผัสของลูกชิ้นปลาที่ศึกษาจากท้องตลาด

จากผลการทดสอบลูกชิ้นปลาจากท้องตลาด 6 ยี่ห้อ พบว่า ค่าความแข็งมีค่าอยู่ระหว่าง 11.80-22.87 นิวตัน ค่าความเกาะติดกันมีค่าอยู่ระหว่าง 0.63-0.76 และค่าความยืดหยุ่นมีค่าอยู่ระหว่าง 0.77-0.87 ผลการทดสอบที่ได้มีค่าอยู่ในช่วงกว้าง จึงได้ทดสอบทางประสาทสัมผัส เพื่อเปรียบเทียบกับผลการใช้เครื่องมือวัดของผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาในท้องตลาด

3.1.2 ลักษณะเนื้อสัมผัสโดยทดสอบทางประสาทสัมผัส (Sensory test)

เมื่อนำผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยผู้ทดสอบชิม 8 คน ให้ผลการยอมรับโดยรวม พบว่า ลูกชิ้นปลาที่ยี่ห้อ C ได้คะแนนการยอมรับโดยรวมสูงที่สุด และเมื่อพิจารณาถึงผลจากการให้คะแนนทางด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของผู้ทดสอบชิม พบว่าผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความรู้สึกภายในปาก (mouth feel) ด้านความเหนียวและความแข็งของยี่ห้อ C สูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับลูกชิ้นปลาที่ยี่ห้ออื่น โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.38 และ 4.25 ตามลำดับ (ตารางที่ 1) คะแนนการทดสอบที่ได้แสดงถึงคุณภาพของลูกชิ้นปลาที่ยี่ห้อ C มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่เหนียวและนุ่ม เป็นลักษณะของผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาที่ผู้บริโภคโดยทั่วไปยอมรับ ดังนั้นในงานวิจัยชิ้นนี้จึงใช้ลักษณะเนื้อสัมผัสของลูกชิ้นปลาที่ยี่ห้อ C เป็นเกณฑ์ที่ผู้บริโภคยอมรับ โดยลักษณะเนื้อสัมผัสของลูกชิ้นปลาที่ยี่ห้อ C มีค่าความแข็ง เฉลี่ยเท่ากับ 17.73 ± 0.76 นิวตัน ค่าความเกาะติดกัน เฉลี่ยเท่ากับ 0.64 ± 0.05 และค่าความยืดหยุ่น เฉลี่ยเท่ากับ 0.83 ± 0.02 (ตารางที่ 2) ซึ่งลักษณะเนื้อสัมผัสทั้ง 3 ค่านี้นำมาเป็นเกณฑ์อ้างอิงในการหาปริมาณส่วนประกอบที่เหมาะสมเพื่อเติมลงในผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาที่ผู้บริโภครต้องการ

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างลูกชิ้นปลาในท้องตลาด

ตัวอย่าง	ลักษณะทั่วไป					ลักษณะเนื้อสัมผัส					กลิ่นทั่วไป	การยอมรับโดยรวม
	สี	ความเงามัน	ลักษณะผิว		สิ่งตกค้าง	ความรู้สึกลูกชิ้นปลา		ลักษณะเนื้อ	ความชุ่มน้ำ			
			ภายนอก	ภายใน		ความเหนียว	ความแข็ง					
A	4.00±0.53 ^{ab}	2.75±0.71 ^{cd}	3.25±0.71 ^{bc}	2.63±0.52 ^{bc}	3.75±0.89 ^a	2.88±0.35 ^a	2.75±0.71 ^c	3.25±0.71 ^{ab}	2.63±0.52 ^a	3.25±0.71 ^a	3.25±0.71 ^a	2.50±0.76 ^{bc}
B	3.00±0.93 ^{bc}	2.50±0.53 ^{cd}	3.00±0.53 ^{bc}	2.63±0.52 ^{bc}	3.13±0.88 ^a	3.00±0.53 ^a	3.13±0.35 ^{bc}	3.00±0.76 ^{bc}	3.25±0.71 ^a	3.38±0.74 ^a	3.38±0.74 ^a	2.75±0.46 ^{ab}
C	4.13±0.35 ^{ab}	3.63±0.52 ^{ab}	4.50±0.53 ^a	3.63±0.74 ^a	4.25±0.46 ^c	3.38±0.52 ^a	4.25±0.71 ^{ab}	4.00±0.53 ^a	3.38±0.92 ^a	3.50±0.93 ^a	3.50±0.93 ^a	3.50±0.53 ^a
D	3.63±1.06 ^{abc}	3.25±0.71 ^{bc}	3.63±0.92 ^{ab}	3.63±0.52 ^a	4.00±0.76 ^b	3.13±0.83 ^a	3.00±0.76 ^c	3.75±0.46 ^{ab}	2.88±0.64 ^a	3.38±1.06 ^a	3.38±1.06 ^a	2.87±0.64 ^{ab}
E	4.50±0.53 ^a	3.75±0.46 ^{ab}	4.00±0.53 ^{ab}	3.63±0.52 ^a	4.25±0.71 ^a	3.38±0.92 ^a	2.75±1.04 ^c	3.25±0.89 ^{ab}	3.00±0.76 ^a	3.13±0.99 ^{ab}	3.13±0.99 ^{ab}	1.87±0.74 ^c
F	2.50±1.20 ^c	2.38±0.52 ^d	3.25±0.71 ^{bc}	3.38±0.52 ^{ab}	3.38±0.92 ^a	3.00±0.76 ^a	3.25±0.89 ^{abc}	3.75±0.46 ^{ab}	3.38±0.74 ^a	2.00±0.76 ^b	2.00±0.76 ^b	1.87±0.35 ^c

a, b, และ c อักษรกำกับในแนวตั้งที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ ($p>0.05$)

ตารางที่ 2 ค่าความแข็ง ค่าความเกาะติดกัน ค่าความยืดหยุ่น และการยอมรับโดยรวม

ตัวอย่าง	ค่าความแข็ง (นิวตัน)	ค่าความเกาะติดกัน	ค่าความยืดหยุ่น	การยอมรับ โดยรวม
A	22.87 ^a	0.73 ^{ab}	0.86 ^{ab}	2.50 ^{bc}
B	18.00 ^b	0.70 ^{abc}	0.86 ^b	2.75 ^{ab}
C	17.73 ^{bc}	0.64 ^{bc}	0.83 ^c	3.50 ^a
D	10.87 ^d	0.70 ^{abc}	0.81 ^d	2.87 ^{ab}
E	13.80 ^d	0.63 ^c	0.77 ^e	1.87 ^c
F	11.80 ^d	0.76 ^a	0.87 ^a	1.87 ^c

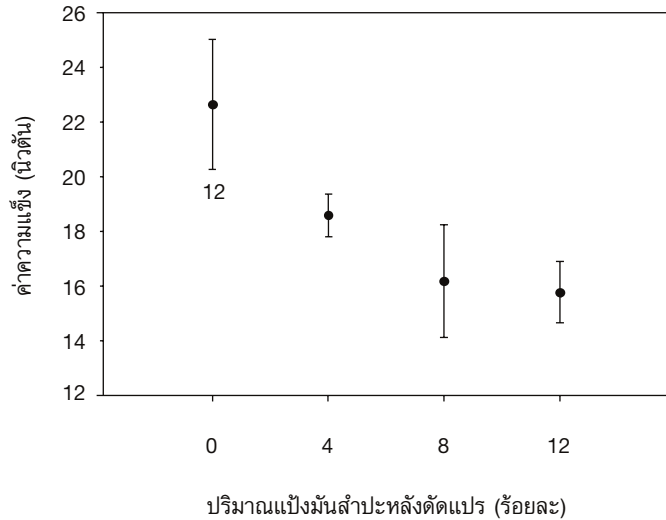
a, b, c และ d อักษรกำกับในแนวดิ่งที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ ($p > 0.05$)

3.2 ผลของปริมาณแป้งมันสำปะหลังตัดแปร และ/หรือ ปริมาณไข่ขาวผงต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของลูกชิ้นปลา

3.2.1 ผลของปริมาณแป้งมันสำปะหลังตัดแปรต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของลูกชิ้นปลา

3.2.1.1 ผลของปริมาณแป้งมันสำปะหลังตัดแปรต่อค่าความแข็ง

จากรูปที่ 3 สังเกตได้ว่าเมื่อมีการใช้แป้งมันสำปะหลังตัดแปรเพียงปัจจัยเดียวมีผลทำให้ค่าความแข็งของลูกชิ้นปลาลดลง กล่าวคือ เมื่อมีการเติมแป้งมันสำปะหลังตัดแปรในปริมาณสูงขึ้น ช่วยทำให้ผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลามีความนุ่มมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Yamprayoon และคณะ [2] นอกจากนี้การเติมแป้งช่วยทำให้ลักษณะปรากฏของลูกชิ้นปลามีผิวเรียบเนียนและสีขาวขึ้น โดยลูกชิ้นปลาที่ไม่ได้เติมแป้งมันสำปะหลังตัดแปรให้ค่าความแข็งเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 22.64 นิวตัน ส่วนลูกชิ้นปลาที่มีการเติมแป้งมันสำปะหลังตัดแปรที่ปริมาณแตกต่างกันร้อยละ 4, 8 และ 12 มีค่าความแข็งเฉลี่ยเท่ากับ 18.59, 16.19 และ 15.78 นิวตัน ตามลำดับ ซึ่งแป้งมันสำปะหลังตัดแปรมีผลต่อค่าความแข็งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$)

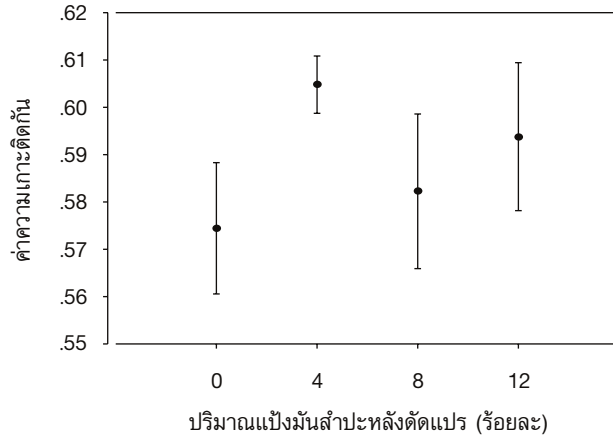


รูปที่ 3 ผลของปริมาณน้ำมันสำหรับเติมหลังตัดแปรรูปต่อค่าความแข็งแรงของลูกชิ้นปลา

การลดลงของค่าความแข็งแรงจากการเติมน้ำมันสำหรับเติมหลังตัดแปรรูปในปริมาณตั้งแต่ร้อยละ 4-12 อธิบายได้ว่า เป็นผลจากการลดสัดส่วนของการเกิดเจลของโปรตีนไมโอไฟบริลลาร์ในชูริมิต่อการเกิดเจลของแป้ง โดยเม็ดแป้งจะเกิดการบวมภายหลังจากการเกิดเจลของโปรตีน การบวมของเม็ดแป้งสามารถเกิดขึ้นในระดับปานกลางที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส และจะบวมอย่างมากที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส แป้งจะแทรกตัวอยู่ตามโครงข่ายโปรตีนไมโอไฟบริล โดยไม่ทำปฏิกิริยาใดๆ กับโปรตีน (passive filler) [6]

3.2.1.2 ผลของปริมาณน้ำมันสำหรับเติมหลังตัดแปรรูปต่อค่าความเกาะติดกัน

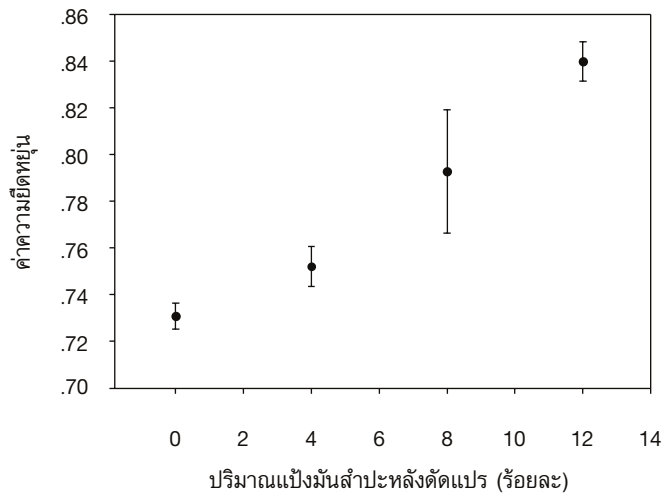
จากรูปที่ 4 พบว่า แป้งสำหรับเติมหลังตัดแปรรูปมีผลต่อค่าความเกาะติดกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) และพบว่าตัวอย่างควบคุมที่ไม่ได้เติมแป้งสำหรับเติมหลังตัดแปรรูป ให้ค่าความเกาะติดกันต่ำที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.57 หลังจากเติมแป้งสำหรับเติมหลังตัดแปรรูปเป็นส่วนผสมปริมาณร้อยละ 4, 8 และ 12 เห็นได้ว่าค่าความเกาะติดกันมีแนวโน้มสูงขึ้นในระดับหนึ่งและลดต่ำลง แต่ค่าดังกล่าวมีค่าสูงกว่าเมื่อเทียบกับตัวอย่างที่ไม่ได้เติมแป้งตัดแปรรูป การเติมปริมาณแป้งสำหรับเติมหลังตัดแปรรูปร้อยละ 4 มีค่าความเกาะติดกันเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 0.61 น่าจะอธิบายได้ที่เกิดจากผลของการเพิ่มระดับความเข้มข้นของโปรตีนในลูกชิ้นปลา เนื่องจากน้ำจำนวนหนึ่งถูกดูดซึมเข้าไปในเม็ดแป้งเพื่อเกิดเจลลาติโนเซชัน แต่ที่ปริมาณแป้งสำหรับเติมหลังตัดแปรรูปร้อยละ 8 และ 12 จะทำให้ค่าความเกาะติดกันลดลง โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.58 และ 0.59 ตามลำดับ อาจเนื่องจากเมื่อแป้งมีปริมาณมากขึ้น เจลของแป้งจะไปขัดขวางความต่อเนื่องของโครงสร้างร่างแห (continuous network) ของโปรตีน [7]



รูปที่ 4 ผลของปริมาณน้ำมันสำหรับหลังตัดแปรร้อยละต่อค่าความเกาะติดกัน ของลูกชิ้นปลา

3.2.1.3 ผลของปริมาณน้ำมันสำหรับหลังตัดแปรร้อยละต่อค่าความยืดหยุ่น

ผลการทดลองที่ได้แสดงดังรูปที่ 5 สังเกตเห็นว่าตัวอย่างควบคุมที่ไม่ได้เติมเบี่ยงน้ำมันสำหรับหลังตัดแปรร้อยละมีค่าความยืดหยุ่นต่ำที่สุดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.73 น้ำมันสำหรับหลังตัดแปรร้อยละมีผลทำให้ค่าความยืดหยุ่นของลูกชิ้นปลาเพิ่มขึ้น โดยปริมาณน้ำมันสำหรับหลังตัดแปรร้อยละ 4, 8 และ 12 มีค่าความยืดหยุ่นเฉลี่ยเท่ากับ 0.75, 0.79 และ 0.84 ตามลำดับ และพบว่าเบี่ยงน้ำมันสำหรับหลังตัดแปรร้อยละมีผลต่อค่าความยืดหยุ่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) สอดคล้องกับปรากฏการณ์ “packing effect” [8] หรือผลการอัดแน่นในโพรง



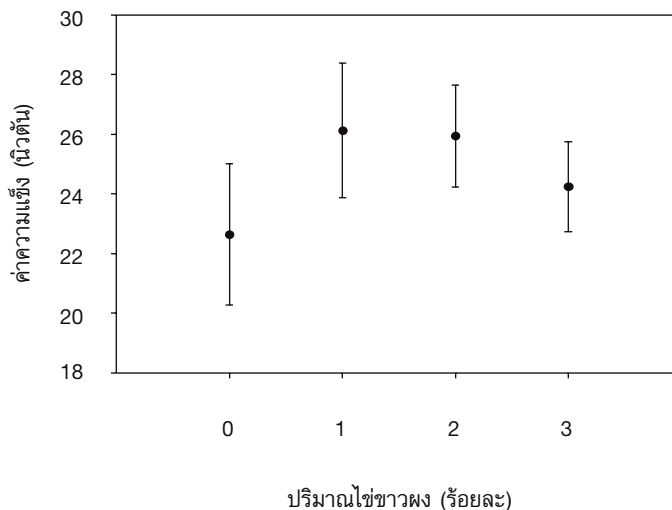
รูปที่ 5 ผลของปริมาณน้ำมันสำหรับหลังตัดแปรร้อยละต่อค่าความยืดหยุ่นของลูกชิ้นปลา

3.2.2 ผลของปริมาณไข่ขาวผงต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของลูกชิ้นปลา

3.2.2.1 ผลของปริมาณไข่ขาวผงต่อค่าความแข็ง

จากการศึกษาผลของไข่ขาวผงต่อค่าความแข็งของลูกชิ้นปลา พบว่าปริมาณไข่ขาวผงมีผลต่อค่าความแข็ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กล่าวคือ ลูกชิ้นปลาที่ไม่มีการเติมไข่ขาวผง ให้ค่าความแข็งต่ำสุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 22.64 นิวตัน (รูปที่ 6) ส่วนลูกชิ้นปลาที่มีการเติมไข่ขาวผงเพิ่มขึ้นในปริมาณร้อยละ 1, 2 และ 3 จะทำให้ค่าความแข็งสูงขึ้นแล้วมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย โดยที่ปริมาณไข่ขาวผงร้อยละ 1 ให้ค่าความแข็งสูงที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 26.13 นิวตัน ส่วนปริมาณไข่ขาวผงร้อยละ 2 และ 3 มีค่าความแข็งเฉลี่ยเท่ากับ 25.94 และ 24.24 นิวตัน ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

การเพิ่มของค่าความแข็งเป็นผลมาจากโปรตีนที่พบในไข่ขาว ได้แก่ โอวัลบูมิน สามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์โปรตีเอสซึ่งส่งผลต่อการย่อยโปรตีน [4] เนื่องจากโปรตีนโอวัลบูมินมีกรดอะมิโนที่มีหมู่ซัลไฮดริลสามารถรวมตัวกับ lysozyme ด้วยพันธะไดซัลไฟด์ ทำให้ lysozyme ไม่สามารถแสดงกิจกรรมได้ Wasson [9] พบว่าในไข่ขาวยังมีโปรตีนอีก 2 ชนิด คือ โปรตีนซิสเททิน (cystatin) และโปรตีนโอโวมูกอยด์ (ovomucoid) ที่สามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ย่อยโปรตีนได้

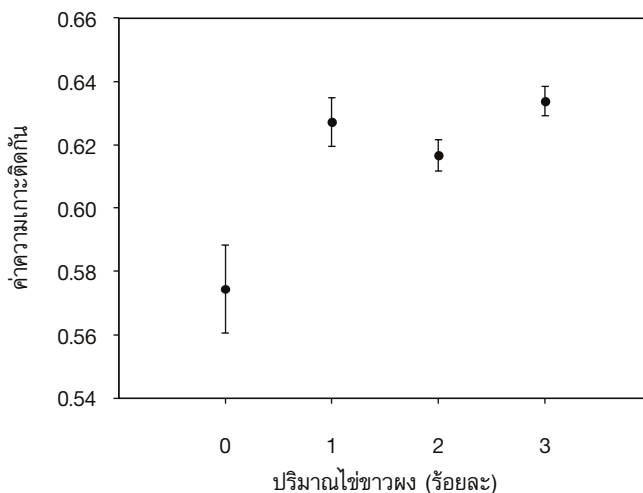


รูปที่ 6 ผลของไข่ขาวผงต่อค่าความแข็งของลูกชิ้นปลา

3.2.2.2 ผลของปริมาณไข่ขาวผงต่อค่าความเกาะติดกัน

ในการศึกษาผลของปริมาณไข่ขาวผงระหว่างร้อยละ 1-3 ต่อค่าความเกาะติดกันของลูกชิ้นปลา พบว่าไข่ขาวผงมีผลต่อค่าความเกาะติดกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กล่าวคือ ลูกชิ้นปลาที่ไม่มีการเติมไข่ขาวผง ให้ค่านี้ต่ำที่สุดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.57 ดังรูปที่ 7 และลูกชิ้นปลาที่มีการเติมไข่ขาวผงเพิ่มขึ้นในปริมาณร้อยละ 1, 2 และ 3 จะทำให้ค่าความเกาะติดกันมีแนวโน้มสูงขึ้น โดยที่ปริมาณไข่ขาวผงร้อยละ 3 ให้ค่าความเกาะติดกันสูงที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.64 ส่วนปริมาณไข่ขาวผงร้อยละ 1 และ 2 มีค่าความเกาะติดกันเฉลี่ยเท่ากับ 0.63 และ 0.62 ตามลำดับ แต่จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพบว่าการใช้ไข่ขาวผงที่ระดับร้อยละ 1, 2

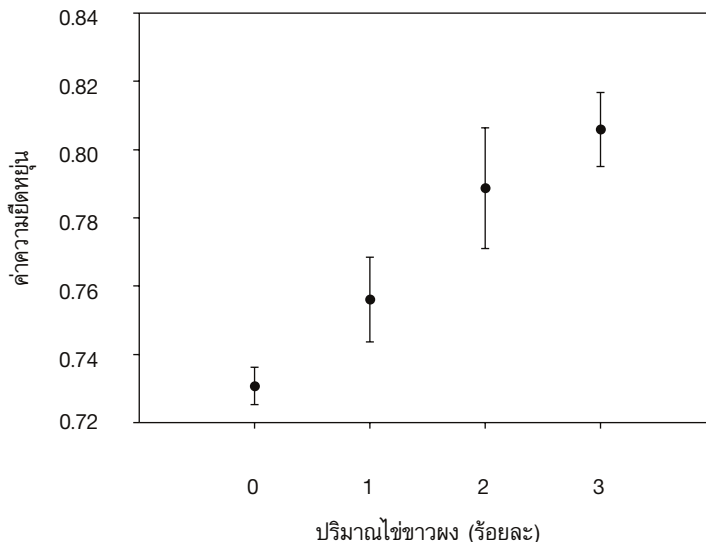
และ 3 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สาเหตุที่ค่าความเกาะติดกันมีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่อปริมาณไข่ขาวผงเพิ่มมากขึ้น อธิบายได้ว่าเป็นผลของการเกิดปฏิกิริยาระหว่างโปรตีนของซูริมิและโปรตีนไข่ขาวผง ในขณะที่ให้ความร้อนทำให้เกิดโครงสร้างตาข่ายสามมิติเพิ่มมากขึ้น ก่อให้เกิดเจลที่มีความแข็งแรง ส่งผลให้ลูกชิ้นมีการยึดเกาะกันมากขึ้น [10]



รูปที่ 7 ผลของปริมาณไข่ขาวผงต่อค่าความเกาะติดกันของลูกชิ้นปลา

3.2.2.3 ผลของปริมาณไข่ขาวผงต่อค่าความยืดหยุ่น

จากการศึกษาผลของไข่ขาวผงต่อค่าความยืดหยุ่นของลูกชิ้นปลา พบว่าปริมาณไข่ขาวผงในระดับร้อยละ 1-3 มีผลต่อค่าความยืดหยุ่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ดังรูปที่ 8 แสดงให้เห็นว่า ลูกชิ้นปลาที่ไม่มีการเติมไข่ขาวผง ให้ค่าความยืดหยุ่นต่ำสุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.73 เมื่อเติมไข่ขาวผงเพิ่มขึ้นในปริมาณร้อยละ 1, 2 และ 3 จะทำให้ค่าความยืดหยุ่นสูงขึ้น โดยที่ปริมาณไข่ขาวผงร้อยละ 3 ให้ค่าความยืดหยุ่นสูงที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.81 ส่วนปริมาณไข่ขาวผงร้อยละ 1 และ 2 มีค่าความยืดหยุ่นเฉลี่ยเท่ากับ 0.76 และ 0.79 ตามลำดับ ปริมาณไข่ขาวผงเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่าความยืดหยุ่นสูงขึ้น

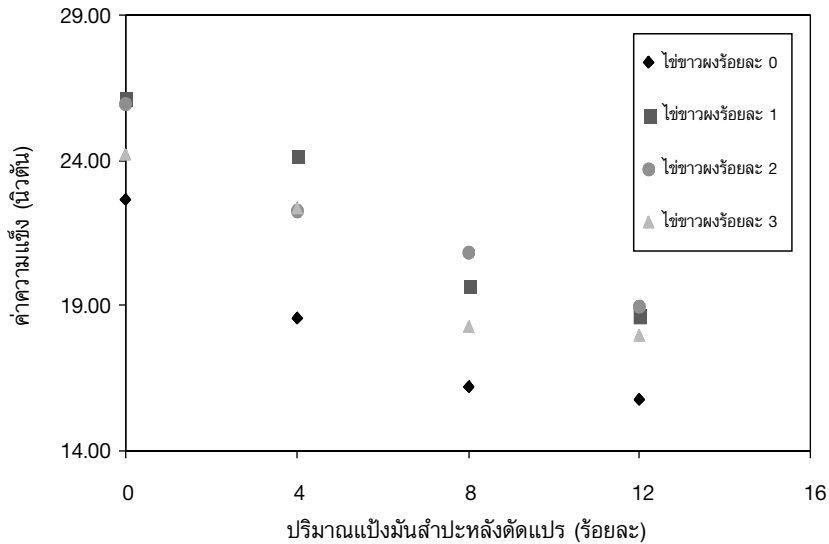


รูปที่ 8 ผลของปริมาณไข่ขาวผงต่อค่าความเย็ดหยุ่นของลูกชิ้นปลา

3.2.3 ผลของปริมาณแป้งมันสำปะหลังตัดแปรและปริมาณไข่ขาวผงต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของลูกชิ้นปลา

3.2.3.1 ผลของปริมาณแป้งมันสำปะหลังตัดแปรและปริมาณไข่ขาวผงต่อค่าความแข็ง

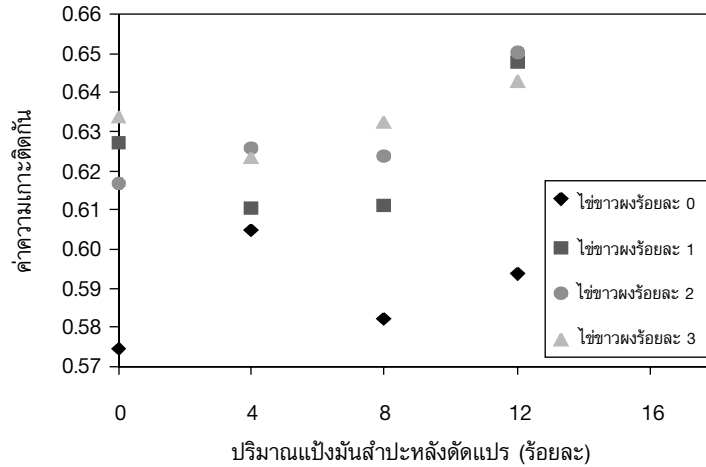
อิทธิพลร่วมของปัจจัยทั้งสองมีผลต่อค่าความแข็ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แสดงดังรูปที่ 9 เมื่อเปรียบเทียบค่าความแข็งของลูกชิ้นปลาพบว่า เมื่อเติมแป้งมันสำปะหลังตัดแปรร้อยละ 4 ร่วมกับไข่ขาวผงร้อยละ 1 จะให้ค่าความแข็งเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 24.17 นิวตัน ซึ่งสอดคล้องกับผลของแป้งมันสำปะหลังตัดแปรต่อค่าความแข็ง ที่พบว่าการใช้แป้งมันสำปะหลังตัดแปรที่ระดับต่ำที่สุด ปริมาณร้อยละ 4 จะให้ค่าความแข็ง เฉลี่ยสูงสุด (ตามรูปที่ 3) และเมื่อพิจารณาผลของไข่ขาวผงต่อค่าความแข็ง พบว่าการใช้ไข่ขาวผง ปริมาณร้อยละ 1 ก็ให้ค่าความแข็งเฉลี่ยสูงที่สุดเช่นกัน และเมื่อเติมแป้งมันสำปะหลังตัดแปรร้อยละ 12 ร่วมกับไข่ขาวผงร้อยละ 3 จะให้ค่าความแข็งเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 17.98 นิวตัน



รูปที่ 9 ผลของปริมาณแป้งมันสำปะหลังตัดแปรร่วมกับไขขาวฟงต่อค่าความแข็งแรงของลูกขึ้นปลา

3.2.3.2 ผลของปริมาณแป้งมันสำปะหลังตัดแปรและปริมาณไขขาวฟงต่อค่าความเกาะติดกัน

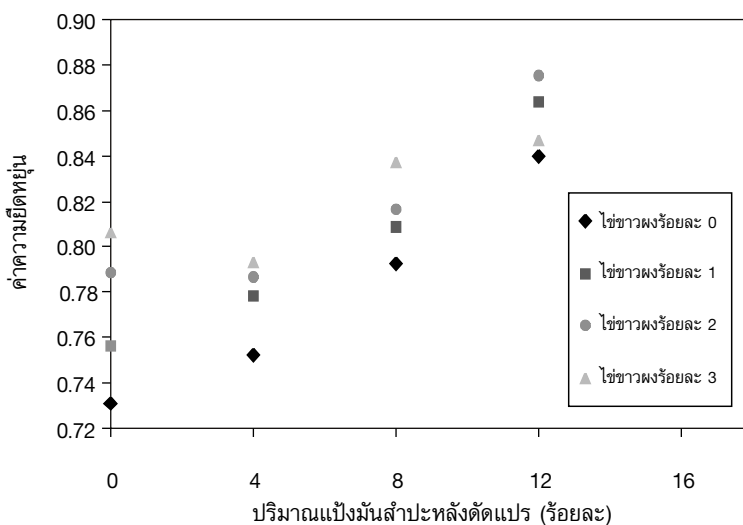
จากการศึกษาผลของอิทธิพลร่วมระหว่างแป้งมันสำปะหลังตัดแปรและไขขาวฟงที่มีต่อค่าความเกาะติดกันของลูกขึ้นปลา พบว่า อิทธิพลร่วมของปัจจัยทั้งสองมีผลต่อค่าความเกาะติดกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) จากรูปที่ 10 จะเห็นได้ว่าลูกขึ้นปลาที่ไม่มีการเติมแป้งมันสำปะหลังตัดแปรและไขขาวฟงเป็นส่วนประกอบจะให้ค่าความเกาะติดกันต่ำที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.57 เมื่อเติมแป้งมันสำปะหลังตัดแปรเพียงอย่างเดียวปริมาณร้อยละ 4 จะทำให้ค่าความเกาะติดกันเพิ่มขึ้นและจะลดต่ำลงเมื่อปริมาณของแป้งมันสำปะหลังตัดแปรเพิ่มเป็นร้อยละ 8 และ 12 การเติมแป้งมันสำปะหลังตัดแปรร่วมกับไขขาวฟงทำให้ค่าความเกาะติดกันเฉลี่ยสูงขึ้น แสดงให้เห็นว่าอิทธิพลของไขขาวฟงสามารถเสริมให้ลูกขึ้นปลามีความยึดเกาะมากขึ้น โดยที่ปริมาณแป้งมันสำปะหลังตัดแปรร้อยละ 12 และไขขาวฟงร้อยละ 2 จะให้ค่าความเกาะติดกันเฉลี่ยสูงสุด มีค่าเท่ากับ 0.65 ส่วนการเติมแป้งมันสำปะหลังตัดแปรร่วมกับไขขาวฟง เมื่อใช้ปริมาณแป้งมันสำปะหลังตัดแปรร้อยละ 4 และไขขาวฟงร้อยละ 1 จะให้ค่าความเกาะติดกันเฉลี่ยต่ำสุด มีค่าเท่ากับ 0.61



รูปที่ 10 ผลของปริมาณน้ำมันสำหรับทอดร่วมกับใช้ชาวก ต่อค่าความเคาติดกันของลูกชิ้นปลา

3.2.3.3 ผลของปริมาณน้ำมันสำหรับทอดและปริมาณใช้ชาวกต่อค่าความยืดหยุ่น

จากการศึกษาผลของอิทธิพลร่วมระหว่างปริมาณน้ำมันสำหรับทอดและใช้ชาวกต่อค่าความยืดหยุ่นของลูกชิ้นปลา พบว่า อิทธิพลร่วมของปัจจัยทั้งสองมีผลต่อค่าความยืดหยุ่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยค่าความยืดหยุ่นของตัวอย่างลูกชิ้นปลาที่มีการใช้ปริมาณน้ำมันสำหรับทอดร่วมกับใช้ชาวก พบว่า จะทำให้ค่าความยืดหยุ่นเฉลี่ยเพิ่มขึ้น โดยปริมาณน้ำมันสำหรับทอดร้อยละ 12 และใช้ชาวกร้อยละ 2 จะให้ค่าความยืดหยุ่นเฉลี่ยสูงสุด มีค่าเท่ากับ 0.88 แสดงดังรูปที่ 11 นอกจากนี้ยังสังเกตได้ว่า อิทธิพลหลักของส่วนประกอบทั้ง 2 ปัจจัย ที่ปริมาณสูงขึ้นจะให้ค่าความยืดหยุ่นที่เพิ่มขึ้น



รูปที่ 11 ผลของปริมาณน้ำมันสำหรับทอดร่วมกับใช้ชาวก ต่อค่าความยืดหยุ่นของลูกชิ้นปลา

3.2.4 การศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของแป้งมันสำปะหลังตัดแปรและไซขาวผงต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของลูกชิ้นปลา

จากการทดลองเมื่อนำลักษณะเนื้อสัมผัสทั้ง 3 ค่าของลูกชิ้นปลาซึ่งเติมปริมาณแป้งมันสำปะหลังตัดแปรร้อยละ 0, 4, 8 และ 12 และปริมาณไซขาวผงร้อยละ 0, 1, 2 และ 3 มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี Duncan's New Multiple Range test เพื่อเปรียบเทียบกับลูกชิ้นปลาที่ใช้เป็นเกณฑ์อ้างอิง ดังแสดงในตารางที่ 3 พบว่า ผลของค่าความแข็งของลูกชิ้นปลาจากการทดลองเมื่อเติมปริมาณแป้งมันสำปะหลังตัดแปรต่อปริมาณไซขาวผง ในอัตราส่วนร้อยละ 4:0, 8:3, 12:1, 12:2 และ 12:3 ค่าความเกาะติดกันอัตราส่วนร้อยละ 0:3, 8:3 และ 12:3 และค่าความยืดหยุ่นอัตราส่วนร้อยละ 8:3, 12:0 มีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับลูกชิ้นปลาที่ใช้เป็นเกณฑ์อ้างอิง ดังนั้นสรุปได้ว่าปริมาณแป้งมันสำปะหลังตัดแปรร้อยละ 8 และปริมาณไซขาวผงร้อยละ 3 จะให้ค่าลักษณะเนื้อสัมผัสทั้ง 3 ค่า ที่ผู้บริโภคยอมรับ โดยจากการทดลองมีค่าความแข็งเฉลี่ยเท่ากับ 18.30 นิวตัน ค่าความเกาะติดกันเฉลี่ยเท่ากับ 0.63 และค่าความยืดหยุ่นเฉลี่ยเท่ากับ 0.83

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทางสถิติของลักษณะเนื้อสัมผัสลูกชิ้นปลาจากท้องตลาด และจากการทดลอง

แป้งมันสำปะหลังตัดแปร ต่อไซขาวผง	ค่าความแข็ง (นิวตัน)	ค่าความเกาะติดกัน	ค่าความยืดหยุ่น
0 : 0	22.64±2.38 ^{ef}	0.574±0.010 ^a	0.731±0.01 ^a
0 : 1	26.13±2.26 ^h	0.627±0.010 ^{de}	0.756±0.01 ^b
0 : 2	25.94±1.71 ^h	0.617±0.005 ^{cd}	0.789±0.02 ^{cd}
0 : 3	24.24±1.51 ^g	0.634±0.005 ^{ef}	0.806±0.01 ^e
4 : 0	18.59±0.78 ^{bc}	0.605±0.006 ^c	0.752±0.008 ^b
4 : 1	24.17±1.48 ^g	0.610±0.005 ^c	0.778±0.009 ^c
4 : 2	22.26±1.75 ^{ef}	0.626±0.008 ^{de}	0.786±0.01 ^{cd}
4 : 3	22.34±2.31 ^{ef}	0.623±0.006 ^{de}	0.793±0.004 ^d
8 : 0	16.19±2.06 ^a	0.582±0.02 ^a	0.792±0.03 ^d
8 : 1	19.68±1.77 ^{cd}	0.648±0.01 ^g	0.808±0.01 ^e
8 : 2	20.83±1.33 ^{de}	0.623±0.01 ^{de}	0.817±0.02 ^e
8 : 3	18.30±1.37 ^{bc}	0.632±0.01 ^{ef}	0.837±0.009 ^g
12 : 0	15.78±1.12 ^a	0.594±0.02 ^b	0.839±0.008 ^g
12 : 1	18.66±1.03 ^{bc}	0.611±0.01 ^c	0.864±0.006 ^h
12 : 2	18.99±0.96 ^{bc}	0.664±0.004 ^h	0.875±0.01 ^h
12 : 3	17.98±1.78 ^{bc}	0.643±0.007 ^g	0.847±0.02 ^g
ผู้บริโภคยอมรับ	17.73±0.76 ^b	0.640±0.05 ^g	0.830±0.02 ^f

a,b,c,d,e,f และ g อักษรกำกับในแนวตั้งที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ ($p>0.05$)

4. สรุปผลการทดลอง

4.1 ศึกษาลักษณะเนื้อสัมผัสของลูกชิ้นปลาจากท้องตลาด 6 ยี่ห้อ เพื่อใช้เป็นค่าอ้างอิงในการบ่งชี้คุณภาพทางด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของลูกชิ้นปลา พบว่าลูกชิ้นปลาที่ได้รับคะแนนการยอมรับโดยรวมและคะแนนลักษณะเนื้อสัมผัส (ความเหนียวและความแข็ง) สูงกว่ายี่ห้ออื่นๆ มีผลของค่าความแข็ง ค่าความเกาะติดกัน และค่าความยืดหยุ่น เฉลี่ยเท่ากับ 17.73 ± 0.76 , 0.64 ± 0.05 และ 0.83 ± 0.02 นิวตัน ตามลำดับ

4.2 การเติมแป้งมันสำปะหลังตัดแปรในลูกชิ้นปลา มีผลดัดแปลงคุณสมบัติของเจล ช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัสของเจลและเป็นการลดต้นทุนการผลิต การเติมแป้งมันสำปะหลังตัดแปรที่ระดับสูงขึ้นร้อยละ 0-12 ต่อน้ำหนักซูริมี มีผลทำให้ ค่าความแข็งลดลงโดยปริมาณแป้งมันสำปะหลังตัดแปรร้อยละ 12 ต่อน้ำหนักซูริมี ให้ค่าความแข็งต่ำที่สุด 15.78 ± 1.12 นิวตัน แต่ค่าความเกาะติดกันจะสูงขึ้นเมื่อปริมาณแป้งมันสำปะหลังตัดแปรร้อยละ 4 แล้วจะมีแนวโน้มลดลง ส่วนค่าความยืดหยุ่นมีแนวโน้มสูงขึ้น

4.3 ผลของโซชาวผงในลูกชิ้นปลาสามารถปรับปรุงคุณภาพเจล การเติมโซชาวผงที่ระดับสูงขึ้นร้อยละ 0-3 ต่อน้ำหนักซูริมี มีผลทำให้ค่าความแข็งสูงที่สุดเมื่อใช้ปริมาณโซชาวผงร้อยละ 1 แล้วมีแนวโน้มลดลง ส่วนค่าความเกาะติดกันและค่าความยืดหยุ่นของลูกชิ้นปลามีแนวโน้มสูงขึ้น

4.4 ผลของปัจจัยร่วมระหว่างแป้งมันสำปะหลังตัดแปรและโซชาวผง มีผลทำให้ค่าความแข็งของลูกชิ้นปลามีค่าลดลงเมื่อเติมแป้งมันสำปะหลังตัดแปรในปริมาณมากขึ้น แต่เมื่อเติมโซชาวผงร่วมด้วยที่ทุกระดับของแป้งมันสำปะหลัง จะทำให้ลูกชิ้นปลามีค่าความแข็งเพิ่มขึ้น ส่วนค่าความเกาะติดกันและค่าความยืดหยุ่นของลูกชิ้นปลาที่เติมแป้งมันสำปะหลังตัดแปร จะมีค่าสูงกว่าตัวอย่างควบคุมที่ไม่เติมแป้งมันสำปะหลังตัดแปร แต่เมื่อเติมโซชาวผงร่วมด้วยที่ทุกระดับของแป้งมันสำปะหลังตัดแปร จะเสริมให้ความยืดเกาะและความยืดหยุ่นของลูกชิ้นปลาเพิ่มขึ้น อิทธิพลร่วมระหว่างปริมาณแป้งมันสำปะหลังตัดแปรและโซชาวผงมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของลูกชิ้นปลาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4.5 ปริมาณที่เหมาะสมของส่วนประกอบต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของลูกชิ้นปลาเพื่อให้ได้ลักษณะเนื้อสัมผัสตามที่ต้องการ โดยใช้ลูกชิ้นปลาจากท้องตลาดเป็นเกณฑ์อ้างอิง ควรใช้แป้งมันสำปะหลังตัดแปรร้อยละ 8 โซชาวผงร้อยละ 3 และน้ำแข็งร้อยละ 76.18 โดยควบคุมปริมาณเกลือที่ใช้เท่ากับร้อยละ 3

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติที่ให้การสนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัย และขอขอบคุณ ดร.จิรวรรณ แยมประยูร และเจ้าหน้าที่ของสถาบันวิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ

6. เอกสารอ้างอิง

1. สุทธิวัฒน์ เบญจกุล, 2536, *ซูริมิและผลิตภัณฑ์จากซูริมิ*, ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, หน้า 115-117.
2. Yamprayoon, J., Virulhakul, P., and Punthura, S., 1991, "Effects of Type and Quantity of Flours Used on the Quality of Frozen Fish Balls," *Proceedings of the Seminar on Advances in Fishery Post-Harvest Technology in Southeast Asia*, pp. 176-186.
3. Laullen, T. E., 1985, "Starch as Function Ingredient," *Food Technology*, Vol. 1, pp. 59-63.
4. Burgarella, J. C., Lanier, T. C., and Hamann, D. D., 1985, "Effects of Added Egg White or Whey Protein Concentrate on Thermal Transitions in Rigidity of Croaker Surimi," *Journal of Food Science*, Vol. 50, p. 1588.
5. Bourne, M. C., 1978, Texture Profile Analysis, *Food Technology*, Vol. 32, No. 7, pp. 62-66, 72.
6. Wu, M. C., Hamann, D. D., and Lanier, T. C., 1985, "Rheological and Calorimetric Investigations of Starch-Fish Protein Systems during Thermal Processing," *Journal of Texture Studies*, Vol. 16, p. 53.
7. Aquilera, J. M. and Rojas, E., 1996, "Rheological Thermal and Microstructural Properties of Whey Protein-Cassava Starch Gels," *Journal of Food Science*, Vol. 61, pp. 962-966.
8. Kong, C. S., Ogawa, H., and Iso, N., 1999, "Compression Properties of Fish-Meat Gel as Affected by Gelatinization of Added Starch," *Journal of Food Science*, Vol. 64, pp. 283-286.
9. Wasson, D. H., 1992, Fish Muscle Protease and Heat-Induced Myofibrillar Degradation : A Review, *Journal of Aquatic Food Product Technology*, Vol. 1, No. 2, pp. 23-41.
10. Siegel, D. G., Church, K. E., and Schmidt, G. R., 1979, "Gel Strength of Nonmeat as Related to Their Ability to Bind Meat Pieces," *Journal of Food Science*, Vol. 44, pp. 1276-1279.

ภาคผนวก: แบบประเมินการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยการให้คะแนน

วันที่.....

ชื่อ.....

1. ลักษณะทั่วไป

1.1	สี	5	4	3	2	1
		ขาว		เหลือง		น้ำตาล
1.2	ความเงามัน	5	4	3	2	1
		เป็นประกาย				ขุ่น
1.3	ลักษณะผิว	5	4	3	2	1
	ผิวภายนอก	เรียบ		มีรูเล็กน้อย		หยาบ
	ผิวภายใน	เรียบ		มีรูเล็กน้อย		หยาบ
1.4	สิ่งตำหนิ	5	4	3	2	1
	(หนัง, เกล็ด, ก้าง)	น้อย				มาก

2. ลักษณะเนื้อสัมผัส

2.1	ความรู้สึกลงในปาก					
	ความเหนียว	5	4	3	2	1
		เหนียว		ค่อนข้างเหนียว		ร่วน
	ความแข็ง	5	4	3	2	1
		นุ่ม				แข็ง
2.2	ลักษณะเนื้อ	5	4	3	2	1
		เรียบ				หยาบ
2.3	ความชุ่มน้ำ	5	4	3	2	1
		เปียก				แห้ง

3. กลิ่นรส

3.1	กลิ่น	5	4	3	2	1
	ทั่วไป	ไม่มีกลิ่นคาวปลา		คาวปลาเล็กน้อย		คาวมาก

4. การยอมรับโดยรวม

5	4	3	2	1
มาก				น้อย