

การปรับปรุงคุณภาพลูกชิ้นปลาแช่เยือกแข็ง : บทบาทของ แป้งและไขมัน

Improvement of Frozen Fishball Quality : The Role of Starch and Fat

วรรณวิบูลย์ กาญจนกฤษณ์¹ และพิมลพรรณ ฮั่นไพศาล²

Wunwiboon Garnjanagoonchorn and Phimonphan Hunpaisal

ABSTRACT

The improvement of fishball quality by adding starch and/or pork back fat showed that frozen fishballs with the addition of 5% tapioca or modified starch had no statistical significant difference in gel strength values and sensory scores. However the addition of different levels of fat caused significant difference ($P<0.05$) in gel strength values, the higher the fat content the lower the gel strength value. During 12 weeks of frozen storage at -18°C , fishballs with the addition of 5% tapioca or modified starch plus 4-8% pork back fat remained acceptable by sensory panels.

Scanning electron microscope (SEM) was used to study the microstructure of comminuted fish meat prepared at different steps of the fishball process. Micrograph of batter, chopped with salt, starch and pork back fat showed the interconnected network of protein matrix. Cooking the fish batter caused the matrix to become more aggregated and occurred as opaque gel, and the fat globules were bound to the protein gel matrix.

Key words : fishball, gel strength, frozen storage

บทคัดย่อ

การปรับปรุงคุณภาพลูกชิ้นปลาแช่เยือกแข็งโดยเติมแป้ง และมันหมูในสูตรส่วนผสม พบว่าแป้งมันและแป้งสาลีชนิดดัดแปรในปริมาณร้อยละ 5 ให้ผลที่ไม่ต่างกันต่อค่าความแข็งแรงของเจล และการยอมรับรวมเมื่อ

ทำการประเมินคุณภาพลูกชิ้นทางประสาทสัมผัส แต่การเติมไขมันเพิ่มขึ้นจะทำให้ความแข็งแรงของเจลลดลง ลูกชิ้นปลาซึ่งเติมมันหมูร้อยละ 5 และไขมันร้อยละ 4-8 จะช่วยลดการเปลี่ยนแปลงของลูกชิ้นในระหว่างแช่เยือกแข็งและยังคงได้รับการยอมรับจากผู้ชิมเมื่อเก็บเป็นเวลานาน 12 สัปดาห์

1 ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Dept. of Food Science and Technology, Faculty of Agro-Industry, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand.

2 บริษัท ลักกี้ ยูเนี่ยนฟู้ดส์ จำกัด มหาชัย สมุทรสาคร

การศึกษาโครงสร้างทางจุลภาคของซูริมิเมื่อสับผสมทำลูกชิ้น โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดกราดลำแสง พบว่าซูริมิเมื่อสับผสมกับเกลือ แป้งและไขมัน จะปรากฏโครงสร้างร่างแหของโปรตีนเมททริกส์ ซึ่งมีเม็ดไขมันแทรกอยู่ การให้ความร้อนจนสุกจะทำให้เกิดเป็นเจลที่ชุ่มทึบ โครงสร้างของโปรตีนเมททริกส์ มีการรวมตัวกันแน่นยิ่งขึ้นโดยเม็ดไขมันยังคงเกาะเกี่ยวข้องกับโปรตีนเมททริกส์

คำนำ

ลูกชิ้นปลาเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมในกลุ่มผู้บริโภคทั่วไป โรงงานผลิตลูกชิ้นปลาในประเทศไทยมีประมาณ 100 โรง ผลิตได้ถึง 5 ล้านลูกต่อวัน โดยใช้วัตถุดิบปลาถึง 12,500 ตันต่อปี (Jirawan, 1985) แต่ลูกชิ้นปลาเกิดการเน่าเสียได้ง่าย จึงต้องเก็บรักษาในที่ซึ่งมีอุณหภูมิต่ำ เช่น แช่น้ำแข็ง หรือแช่เย็น ซึ่งจะเก็บได้นานประมาณ 7 วัน นับจากวันผลิตถ้าลูกชิ้นปลาไปแช่เยือกแข็ง จะทำให้เกิดรูพรุนคล้ายฟองน้ำ เมื่อคลายความเย็นจะเสียน้ำมาก และเนื้อสัมผัสเหนียวคล้ายยางมีรสซิด ดังนั้นจึงทำให้เกิดข้อจำกัดในเรื่องอายุการเก็บรักษา ปัจจุบันเทคโนโลยีการผลิตซูริมิเป็นที่รู้จักกว้างขวาง การนำซูริมิหรือเนื้อปลาบดที่ผ่านการล้างน้ำ มาทำเป็นลูกชิ้นน่าจะช่วยลดการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระหว่างการเก็บแช่เยือกแข็งได้บ้าง เนื่องจากโปรตีนซาร์โคพลาสมิก ซึ่งจัดขวางการเกิดโครงสร้างร่างแหของลูกชิ้นถูกกำจัดออกจากเนื้อปลา และการที่ลูกชิ้นมีน้ำมากถึงร้อยละ 80 (จิรวรรณ และคณะ, 2523) เมื่อนำไปแช่เยือกแข็งโดยวิธีการที่มีอัตราการแช่เยือกแข็งอย่างช้าๆ จึงทำให้เกิด ผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่ ซึ่งทำลายโครงสร้างของเนื้อลูกชิ้น และส่งผลให้เนื้อสัมผัสของลูกชิ้น มีลักษณะเหนียวคล้ายยาง และมีการสูญเสียน้ำจากผลิตภัณฑ์มากในระหว่างการทำให้คลายความเย็น (Jiang, 1988) ดังนั้นเพื่อหาแนวทางในการยืดอายุการเก็บรักษาลูกชิ้นปลา งานวิจัยนี้จึงทำการผลิตลูกชิ้นจากซูริมิและทำการพัฒนาสูตรส่วนผสม เพื่อให้มีปริมาณน้ำ

น้อยลง โดยลูกชิ้นนั้นยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ศึกษาผลของปริมาณและชนิดแป้ง ปริมาณไขมัน ที่เติมเป็นส่วนผสมในการทำลูกชิ้น

เตรียมซูริมิจากเนื้อปลาทรายแดงตามวิธีของ MFRD (1987) นำมาทำลูกชิ้นปลา โดยใช้แป้ง 2 ชนิด คือ แป้งมัน และแป้งสตาร์ชคัดแปรของบริษัท Food and Cosmetic System ชื่อสินค้า National-Frigex เติมน้ำมันร้อยละ 0 และ 5 พร้อมทั้งปรับปริมาณไขมันเป็นร้อยละ 0, 4, 8 ผลิตลูกชิ้นตามวิธีใน Figure 1 ทำการเปรียบเทียบคุณภาพของลูกชิ้นแช่เยือกแข็งทางด้านประสาทสัมผัส โดยผู้ตัดสินที่ชำนาญจำนวน 7 คน ประเมินโดยวิธี descriptive analysis with score ซึ่งมีคะแนน 1-9 เมื่อคะแนน 1 เป็นคะแนนที่ผู้ชิมไม่ยอมรับ คะแนน 6 ผู้ชิมยังให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ และ 9 เป็นคะแนนที่มีการยอมรับมากที่สุด และวัดความแข็งแรงของเจลหรือความเหนียวของลูกชิ้นโดยใช้เครื่อง Instron 1000 ที่ติดตั้งหัวเจาะทรงกลมที่ทำขึ้นเองโดยพัฒนาขึ้นจากหัวเจาะของเครื่องวัดความแข็งแรงของเจลซึ่งระบุในวิธีของ MFRD (1987) หัวเจาะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร ใช้ความเร็วในการเคลื่อนที่ของหัวเจาะเป็น 50 มิลลิเมตรต่อนาที ทำการวัดตัวอย่างละ 3 ซ้ำ ทำการประเมินคุณภาพทั้งหมด โดยสุ่มตัวอย่างมาประเมินทุกสัปดาห์จนครบ 12 สัปดาห์ของการเก็บรักษาที่ -18°C

นำคะแนนการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสและค่าความเหนียวของลูกชิ้นมาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้ ANOVA โดยมีแผนการทดลองแบบ split plot จัด main plot แบบ factorial ใน RBD และเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยโดยวิธี LSD (Steel and Torrie, 1960) เพื่อสรุปปริมาณและชนิดของแป้ง และปริมาณไขมันที่มีผลในการชะลอการเปลี่ยนแปลงของลูกชิ้นระหว่างการแช่แข็ง

2. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเนื้อปลา เมื่อผ่านขั้นตอนต่างๆ ในการผลิตลูกชิ้นปลา

ใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดกราดลำแสง (Scanning Electron Microscope : SEM) ศึกษาโครงสร้างทางจุลภาคของเนื้อปลาที่นวดผสมเพื่อทำลูกชิ้นตามขั้นตอนใน Figure 1 โดยสุ่มตัวอย่างขนาด 0.5 x 0.5 เซนติเมตรประมาณ 10 ชิ้นต่อเนื้อปลาที่ทำการสับผสมประมาณ 2 กิโลกรัมโดยสุ่มตัวอย่างในขั้นตอนต่างๆ ต่อไปนี้

ก. ชูริมิที่เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตลูกชิ้นปลา

ข. ชูริมิเมื่อผ่านการนวด และผสมเกลือร้อยละ 3 โดยน้ำหนัก

ค. ชูริมิในข้อ ข. ที่ผ่านการนวดผสมกับแป้งสตราซ์คัดแปรร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก

ง. ชูริมิในข้อ ค. ที่ผ่านการนวดและเติมมันหมูแข็งร้อยละ 4 โดยน้ำหนัก

จ. ชูริมิที่ผสมจนได้ที่แล้ว และนำมาขึ้นรูปเป็นแท่งกลมผ่านความร้อนที่ 40°ซ

20 นาที ตามด้วย 90°ซ 20 นาที แล้วจึงทำให้เย็นได้เป็นลูกชิ้นปลาพร้อมบริโภค

ทั้งนี้ใช้วิธีการเตรียมตัวอย่าง เพื่อส่งดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ SEM ตามวิธีการของห้องปฏิบัติการกลาง สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตบางเขน ซึ่งประกอบด้วย ขั้นตอนการตรึงตัวอย่างด้วย 2.5% glutaraldehyde ใน buffer 0.1 M K_3PO_4 pH 7.2 นาน 1-2 ชั่วโมงที่ 20°ซ และใช้ 1% OsO_4 ในน้ำกลั่นเป็นสารตรึงตัวที่สองคั่งน้ำออกจากตัวอย่างโดยแช่ในสารเอทานอลที่มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ ตามด้วยสาร Amyl acetate แล้วนำเข้าเครื่อง Critical point dryer จึงใช้ CO_2 เหลวนามาเคลือบด้วยไอคาร์บอนและทองตามลำดับ นำตัวอย่างไปส่องดูภายใต้กล้องจุลทรรศน์ SEM บันทึกภาพ และเปรียบเทียบภาพที่ได้เพื่อสรุปประเมินโครงสร้างทางจุลภาคที่เปลี่ยนแปลงจากผลของขั้นตอนการแปรรูปตาม

ที่ระบุในข้อ ก-จ

จากผลการศึกษาในข้อ 1 และ 2 นำมาสรุปเป็นวิธีการที่เป็นไปได้ในการผลิตลูกชิ้นปลาแช่เยือกแข็ง

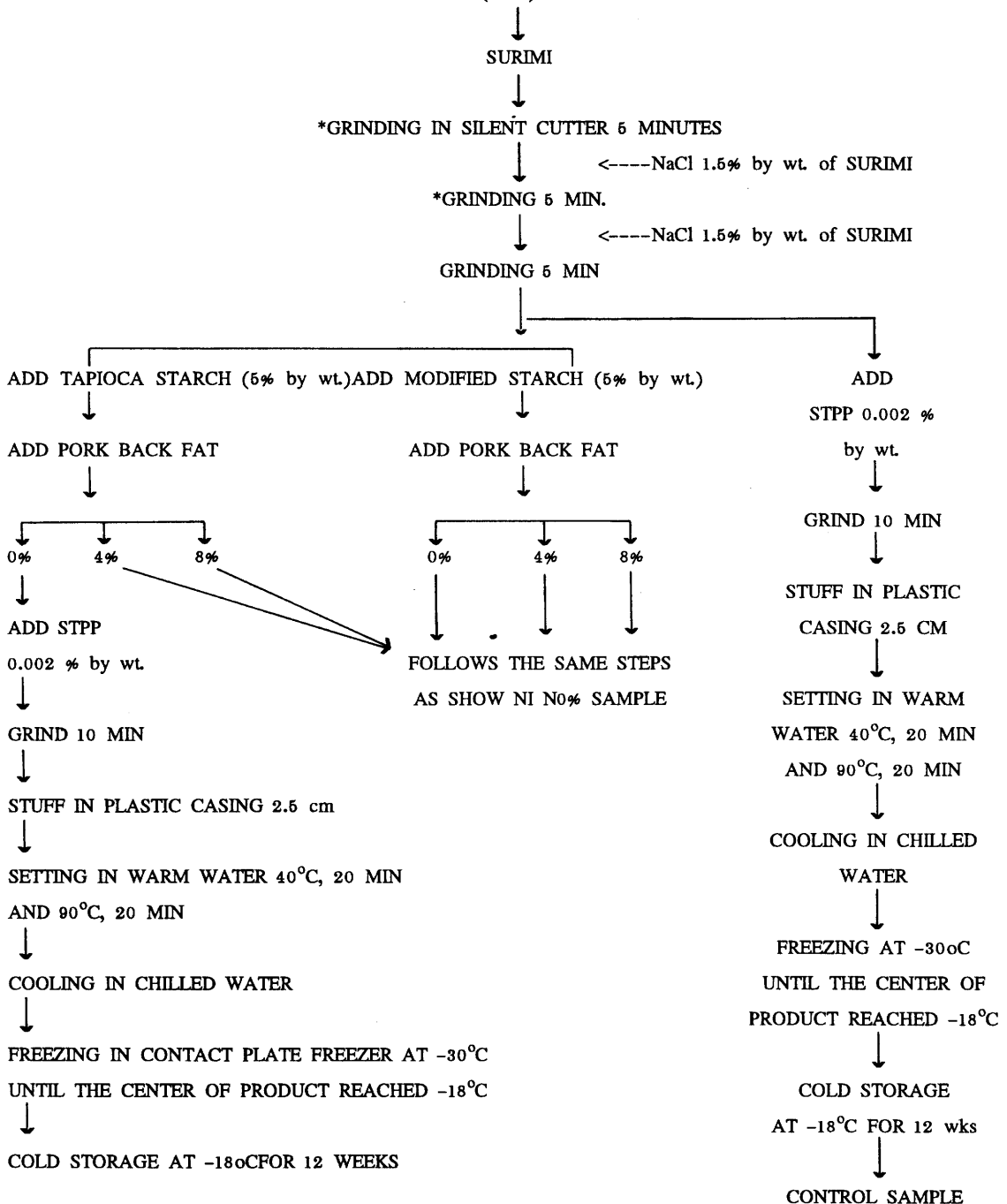
ผลและวิจารณ์

1. ศึกษาผลของปริมาณและชนิดของแป้ง ไขมัน ที่เติมเป็นส่วนผสมในการทำลูกชิ้นปลา

1.1 ความแข็งแรงของเจล (gel strength) ที่ตรวจวัดด้วยเครื่อง Instron 1000

จากการทดลองผลิตลูกชิ้นปลาจากชูริมิ โดยผสมแป้งมัน หรือแป้งสตราซ์คัดแปรในปริมาณร้อยละ 5 เปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ไม่ได้ผสมแป้งใดๆ เลย พบว่าการผสมแป้งมันหรือแป้งสตราซ์คัดแปรอย่างใดอย่างหนึ่งในปริมาณร้อยละ 5 ของน้ำหนักชูริมิจะทำให้ลูกชิ้นมีความแข็งแรงของเจลดีกว่าการไม่เติมแป้ง โดยมีค่าความแข็งแรงของเจลซึ่งวัดโดยเครื่อง Instron เท่ากับ 2880 4422 และ 4427 กรัม-ซม. ในตัวอย่างลูกชิ้นปลาที่ไม่มีการเติมแป้ง ลูกชิ้นที่เติมแป้งมันร้อยละ 5 และลูกชิ้นที่เติมแป้งสตราซ์คัดแปรร้อยละ 5 ตามลำดับ (Table 1) แสดงว่าการเติมแป้งผสมในสูตรในปริมาณที่เหมาะสมจะช่วยเพิ่มความแข็งแรงของเจลให้ลูกชิ้นปลาได้ซึ่ง Okada et al. (1974) ได้อธิบายกลไกในการเสริมความแข็งแรงของแป้งไว้ว่า เม็ดสตราซ์ของแป้งจะแทรกตัวอยู่ในโปรตีนแมทริกซ์ของเนื้อปลาลูกชิ้น ซึ่งการให้ความร้อนจะทำให้เม็ดสตราซ์พองตัวและเกิดเป็นโครงสร้างที่เสริมความแข็งแรงของโครงสร้างร่างแหของโปรตีนในลูกชิ้น

เนื่องจากการศึกษารั้งนี้ต้องการลดปริมาณน้ำในลูกชิ้นปลา จึงนำไขมันแข็งของหมูผสมทดแทนสัดส่วนของน้ำในสูตรโดยใช้แป้งมัน หรือแป้งสตราซ์คัดแปรร้อยละ 5 เท่าเดิม แต่เติมไขมันร้อยละ 0, 4 และ 8 โดยน้ำหนัก จากการวัดค่าความแข็งแรงของเจลของลูกชิ้นที่ผลิตขึ้นนี้พบว่าปริมาณไขมันที่เพิ่มขึ้นทำให้ค่าความแข็งแรงของเจลต่ำลง (Table 1) ซึ่งสอดคล้องกับ



*TEMPERATURE OF SURIMI BATTER WAS CONTROLLED TO BELOW 10°C BY ADDING CRUSHED ICE 30% by wt. OF SURIMI SAMPLE WITH ADDITION OF PORK BACK FAT HAVE TO DECREASE THIS 30% ICE BY THE AMOUNT OF FAT USED IN THE RECIPE. FOR EXAMPLE, SURIMI 1000 Gm. ADD 4% FAT THEREFORE 40 gm. FAT + 260 Gm. ICE WERE USED.

Figure 1 Diagram showed process of fishball and experimental design in this experiment.

รายงานของ Mochizuki et al. (1987) การใช้แป้งร่วมกับไขมันในการศึกษาครั้งนี้ ให้ลูกชิ้นปลาที่มีค่าความแข็งแรงของเจลใกล้เคียงกับลูกชิ้นปลาที่ไม่ได้เติมแป้งหรือไขมัน (control) ยกเว้นการเติมมันหมูร้อยละ 4 ร่วมกับแป้งสตาร์ชคัดแปรร้อยละ 5 เท่านั้น ซึ่งมีผลทำให้ลูกชิ้นปลามีค่าความแข็งแรงของเจลดีกว่า ($P < 0.01$) ลูกชิ้นปลาที่ไม่เติมแป้งหรือไขมันเลย (Table 1)

เมื่อเก็บรักษาลูกชิ้นปลาที่มีสูตรส่วนผสมต่าง ๆ กันดังกล่าวข้างต้น โดยแช่เยือกแข็ง ที่ -18°C นาน 12 สัปดาห์ สุ่มตัวอย่างตรวจวัดความแข็งแรงของเจลทุกสัปดาห์ พบว่าค่าความแข็งแรงของเจลจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยลูกชิ้นปลาแต่ละสูตรจะเก็บไว้ได้เป็นเวลานานแตกต่างกันทั้งนี้ใช้วิธีการประเมินระยะเวลาที่สมควรเก็บแช่เยือกแข็งจากค่าความแข็งแรงของเจลของลูกชิ้นปลาที่เก็บรักษาถึงระยะเวลาหนึ่งจะมีความแตกต่างทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความแข็งแรงของเจลลูกชิ้นปลาที่เก็บเป็นเวลา 0 สัปดาห์ การเพิ่มขึ้นของค่าความแข็งแรงของเจลนี้แสดงให้เห็นว่า การแช่เยือกแข็งทำให้ลูกชิ้นมีเนื้อสัมผัสที่แน่นแข็งยิ่งขึ้น ดังปรากฏในรายงานของนักวิจัยกลุ่มต่างๆ เช่น Jiang et al. (1986) และ จิรวรรณและคณะ (2523) เป็นต้น จากผลใน Table 2 จะเห็นได้ว่าลูกชิ้นปลาที่ไม่ได้เติมแป้งหรือไขมันจะมีความแตกต่างทางสถิติเกิดขึ้นเมื่อเก็บเป็นเวลา 6 สัปดาห์ การเติมแป้งมันร้อยละ 5 ร่วมกับมันหมูร้อยละ 4-8 โดยน้ำหนักหรือเติมแป้งสตาร์ชคัดแปรร้อยละ 5 ร่วมกับมันหมูร้อยละ 4-8 จะสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงของค่าความแข็งแรงของเจลลูกชิ้นปลาแช่เยือกแข็งไปได้ยาวนานมากกว่า 12 สัปดาห์ แต่ถ้าไม่ต้องการผสมไขมันในการทำลูกชิ้นจะพบว่าแป้งสตาร์ชคัดแปรให้ผลในการชะลอการเปลี่ยนแปลงระหว่างการแช่เยือกแข็งได้ดีกว่าแป้งมัน ซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับ Jiang (1986) ซึ่งรายงานว่าแป้งสตาร์ชคัดแปรของมันฝรั่งมีประสิทธิภาพในการป้องกัน การเกิดรูพรุนที่เกิดจากผลึกน้ำแข็งในผลิตภัณฑ์คามาโบโกะเยือกแข็งได้ดีกว่าแป้งธรรมา Lee and

Abdollahi (1981) พบว่าไขมันจะช่วยลดการเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัมผัสที่เหนียวคล้ายยางที่เกิดจากการแช่เยือกแข็งลูกชิ้นปลาได้

1.2 คุณสมบัติทางด้านประสาทสัมผัส

เมื่อนำลูกชิ้นปลาไปแช่เยือกแข็งจะปรากฏลักษณะเนื้อที่เป็นรูพรุนและมีการเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัมผัสที่เหนียวคล้ายยาง ดังนั้นในการทดลองนี้จึงนำตัวอย่างลูกชิ้นที่เตรียมจากสูตรซึ่งผสมแป้งและไขมันในสัดส่วนต่างๆ กัน ซึ่งผ่านการทำเยือกแข็ง และเก็บรักษาที่ -18°C เป็นเวลา 12 สัปดาห์ ประเมินคุณสมบัติด้านเนื้อสัมผัส ลักษณะปรากฏและการยอมรับรวมของลูกชิ้นที่ทุกสัปดาห์ตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา ซึ่งผลการทดลองแสดงถึงการสูญเสียคุณสมบัติที่ดีของลูกชิ้นเมื่อเก็บแช่เยือกแข็งนานขึ้น คะแนนที่ได้จากการประเมินคุณสมบัติทั้งสามประการให้ผลสอดคล้องกันเนื่องจากคุณสมบัติทางเนื้อสัมผัสและลักษณะปรากฏของลูกชิ้น ส่งผลถึงการยอมรับผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นโดยรวม ดังนั้นจึงแสดงคะแนนการประเมินการยอมรับรวมเพียงอย่างเดียวในตารางที่ 3 ซึ่งจะเห็นได้ว่า การเติมแป้งมันหรือแป้งสตาร์ชคัดแปรมีผลทำให้คะแนนการยอมรับของลูกชิ้นปลานั้นแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมที่ไม่ได้เติมแป้ง โดยมีคะแนนเป็น 7.3, 7.8 และ 6.6 ตามลำดับ การเติมมันหมูในระดับร้อยละ 4-8 ไม่มีผลในทางลดคะแนนการยอมรับรวม การเก็บลูกชิ้นแช่เยือกแข็งทำให้คะแนนการยอมรับรวมลดต่ำลงเป็นลำดับ โดยตัวอย่างลูกชิ้นที่ไม่มีส่วนผสมของแป้งและไขมันจะมีคะแนนต่ำกว่า 6 (ซึ่งหมายถึงการยอมรับที่ต่ำลงจนถึงการไม่ยอมรับ)เมื่อเก็บเป็นเวลานาน 2 สัปดาห์ แต่ลูกชิ้นที่เติมแป้งมันหรือแป้งสตาร์ชคัดแปรร้อยละ 5 จะเริ่มไม่เป็นที่ยอมรับเมื่อเก็บแช่เยือกแข็งเป็นเวลา 9 และ 10 สัปดาห์ ตามลำดับ การเติมไขมันหมูร่วมกับแป้งจะช่วยยืดอายุในการเก็บรักษาไปได้อีกประมาณ 1-2 สัปดาห์ คือจะเก็บได้ถึง 10-12 สัปดาห์ โดยไม่ปรากฏผลแตกต่างชัดเจนระหว่างชนิดของแป้ง และปริมาณมันหมูที่เติม เข้าใจว่าการเติมแป้งและไขมันทำให้ปริมาณน้ำ

Table 1 Comparison of gel strength of fishball prepared with and without starch and pork back fat.

Control	Gel strength ¹ (cm-cm)					
	Tapioca starch Fat (%)			Modified tapioca starch Fat (%)		
	0	4	8	0	4	8
2880 ^{bc}	4422 ^a	3486 ^{ab}	2255 ^c	4427 ^a	4078 ^a	2456 ^c

1 different letters in the same row showed significant difference at $P < 0.01$

Table 2 Comparison of gel strength of fishball prepared with and without starch and pork fat during 12 weeks of frozen storage.

Frozen storage time (week)	Gel-strength ¹ (gm-cm)						
	Control	Tapioca starch			Modified tapioca starch		
		Fat			Fat		
		0%	4%	8%	0%	4%	8%
0	2880 ^a	4422 ^a	3486 ^a	2255 ^a	4427 ^a	4078 ^a	2456 ^a
1	3354 ^a	5562 ^a	3725 ^a	2212 ^a	4510 ^a	4102 ^a	2522 ^a
2	3577 ^a	5657 ^a	3564 ^a	2397 ^a	4417 ^a	4173 ^a	2540 ^a
3	3860 ^a	5842 ^b	3846 ^a	2237 ^a	4433 ^a	4043 ^a	2636 ^a
4	3709 ^a	5834 ^b	3882 ^a	2230 ^a	4785 ^a	4033 ^a	2755 ^a
5	4003 ^a	5774 ^b	3843 ^a	2445 ^a	4776 ^a	4011 ^a	2990 ^a
6	4332 ^b	5765 ^b	3550 ^a	2319 ^a	4708 ^a	4457 ^a	2713 ^a
7	4690 ^b	5648 ^b	3484 ^a	2360 ^a	4726 ^a	4456 ^a	2656 ^a
8	4490 ^b	5928 ^b	3429 ^a	2411 ^a	4563 ^a	4418 ^a	2935 ^a
9	5136 ^b	6242 ^b	3796 ^a	2527 ^a	4810 ^a	4583 ^a	2964 ^a
10	6203 ^b	6005 ^b	3862 ^a	2537 ^a	5307 ^a	4462 ^a	2976 ^a
11	6240 ^b	6027 ^b	3743 ^a	2378 ^a	5668 ^a	4771 ^a	2827 ^a
12	6304 ^b	6070 ^b	3891 ^a	2504 ^a	5833 ^b	4640 ^a	2815 ^a

1 Different letters in the same column showed significant difference at $P < 0.05$

Table 3 Comparison of acceptability scores of fishball prepared with and without starch and pork fat during 12 weeks of frozen storage.

Frozen storage time (week)	Control	Tapioca starch ^a			Modified starch ^a		
		Fat			Fat		
		0%	4%	8%	0%	4%	8%
0	6.6	7.3	7.3	7.6	7.8	7.7	7.7
1	6.4	7.0	7.1	7.5	7.2	7.0	7.9
2	5.4	7.0	7.1	7.6	7.0	6.9	7.0
3	4.9	6.4	7.0	7.4	7.0	7.0	7.0
4	4.6	6.4	6.6	7.4	7.1	7.0	6.9
5	3.7	6.3	6.9	7.3	6.7	6.7	6.6
6	4.0	6.1	6.9	7.4	6.0	6.6	6.9
7	3.4	6.0	6.6	7.1	5.9	6.3	6.9
8	2.9	6.0	6.6	6.9	6.0	6.4	6.5
9	3.0	5.6	6.6	7.0	6.0	6.3	6.0
10	2.6	5.9	6.3	6.9	5.3	6.0	5.6
11	2.0	5.0	6.0	6.6	5.1	5.6	6.0
12	1.7	5.1	5.8	5.9	5.3	6.0	6.0

a Mean scores from 7 panels where score 1 = very bad and score 9 = very good

อิสระในลูกชิ้นลดต่ำลง จึงลดปริมาณการเกิดผลึกน้ำแข็ง ซึ่งมีผลต่อคุณภาพของลูกชิ้นนั่นเอง

จากผลการศึกษาข้างต้นนี้ แสดงให้เห็นว่า การผลิตลูกชิ้นปลาโดยใช้ซูริมิเป็นวัตถุดิบ แล้วเติมแป้งร้อยละ 5 ร่วมกับไขมันหมูร้อยละ 4-8 โดยน้ำหนักจะช่วยลดการเปลี่ยนแปลงของลูกชิ้นปลา ซึ่งมีสาเหตุมาจากการแช่เยือกแข็ง โดยผู้ผลิตน่าจะเลือกใช้แป้งมันเนื่องจากหาได้ง่ายและราคาถูก

2. การศึกษาโครงสร้างทางจุลภาคของเนื้อปลาสดในขั้นตอนต่างๆ ของกระบวนการผลิตลูกชิ้น

เมื่อนำเนื้อปลาซึ่งขนาดผสมในขั้นตอนต่างๆ ของการทำลูกชิ้นมาสำรวจด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็ก-

ตรอนชนิดกราดลำแสง พบว่าซูริมิที่เตรียมขึ้นใหม่โดยไม่ผ่านการทำเยือกแข็งมีโครงสร้างที่แสดงถึงการจับตัวกันแน่นของก้อนเนื้อปลาสด (Figure 2a) ทั้งนี้เนื่องจากซูริมิเป็นเนื้อปลาที่ผ่านการบดและนวดผสมด้วยเครื่อง silent cutter มาแล้วเมื่อนำซูริมิผสมกับเกลือร้อยละ 3 จะเกิดเป็นของผสมที่ขึ้นเหนียว เนื้อเนียนเนื่องจากการสกัดโปรตีนไมโอไฟบริลลาออกจากเซลล์ ของผสมนี้จะมีโครงสร้างที่ต่างจากเมื่อก่อนทำการผสมและนวดกับเกลือ กล่าวคือ มีความเป็นรูพรุนมากขึ้น (Figure 2b) ไม่เกาะกันแน่น หลังจากสับผสมนานขึ้นและเติมแป้งสตาร์ชตัดแปรร้อยละ 5 โครงสร้างจะละเอียดกว่าเดิม มีความเป็นร่างแหที่ซับซ้อนยิ่งขึ้น มีรูพรุนเพิ่มขึ้น (Figure 2c) แต่ในการสำรวจครั้งนี้ไม่พบหลักฐานโครง

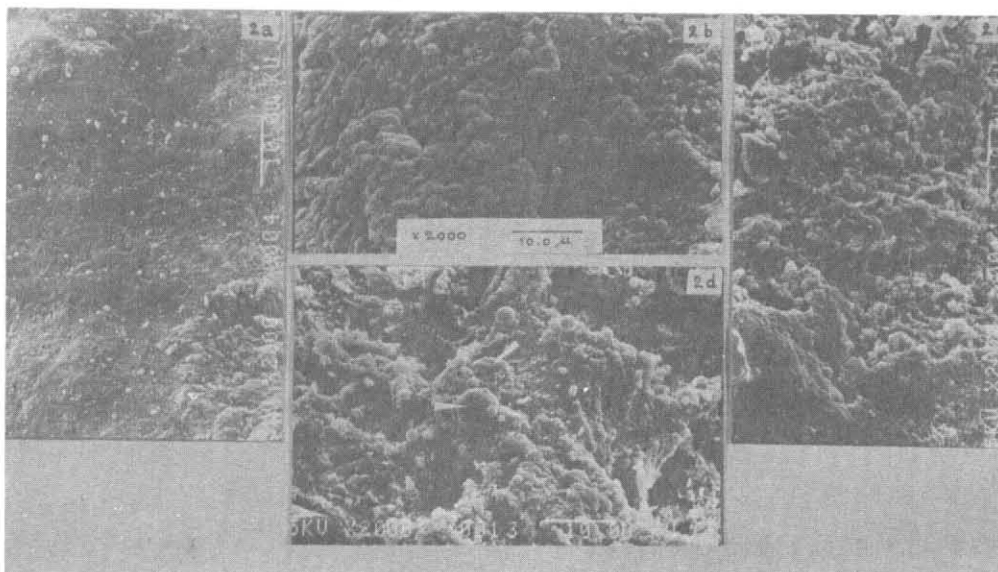


Figure 2 SEM micrograph of raw fishball batter prepared at different mixing steps : surimi (a), surimi mixed with salt (b) surimi mixed with salt and modified starch (c), surimi mixed with salt modified starch and pork back fat, arrows showed fat droplets embedded in protein matrix (d). (x 2000).

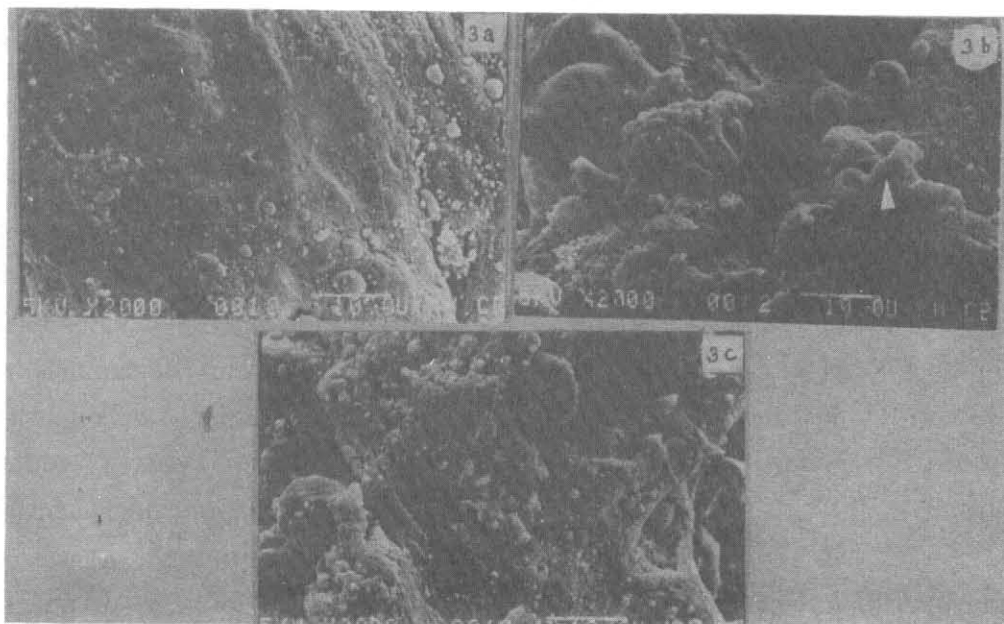


Figure 3 SEM micrograph of cooked fishball batter showing aggregated proteinmatrix (a), hole in the matrix and arrow showed gelatinized starch (b), protein network (c) (x 2000).

สร้างของเม็ดสตาร์ชดัดแปร ซึ่งตามรายงานของ Hood *et al.* (1974) กล่าวว่า เม็ดสตาร์ชดัดแปรเป็นโครงสร้างรูปไข่โค้งมนซึ่งมีทั้งเม็ดที่สมบูรณ์และที่ถูกตัดไปบางส่วน เมื่อผสมไขมันร้อยละ 4 และนวดจนเข้ากันดี จะปรากฏโครงสร้างดัง Figure 2d ซึ่งสังเกตเห็นเม็ดไขมันฝังตัวอยู่ในโปรตีนเมททริกส์ (ลูกศรชี้) ซึ่งเป็นลักษณะเช่นเดียวกับรายงานของ Gordon and Barbut (1990) นอกจากนั้นยังปรากฏภาพร่างของโปรตีนที่ชัดเจนมีช่องว่างแทรกทั่วไปในโปรตีนเมททริกส์ซึ่ง Lee *et al.* (1981) กล่าวว่าบริเวณช่องว่าง คือ ตำแหน่งของน้ำอิสระที่อยู่ในส่วนผสม การให้ความร้อนส่วนผสมเพื่อทำให้เกิดเจลจนกระทั่งลูกขึ้นสูง ทำให้โครงสร้างที่เป็นร่างแห รูปพวงเกาะตัวกันแน่นขึ้นเป็นบางส่วน (Figure 3a) บางส่วนของโปรตีนเมททริกส์ยังปรากฏ โครงข่ายขนาดใหญ่แทรกอยู่เป็นระยะ (Figure 3b, 3c) ส่วนที่เป็นโปรตีนเมททริกส์นี้เกาะตัวกันแน่นกว่าเดิม ซึ่งแสดงให้เห็นผลของความร้อนที่ทำให้โปรตีนเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพไปจากธรรมชาติ และใน Figure 3b จะเห็นการอยู่ร่วมกับของแป้งและโปรตีนเจล ซึ่งแป้งเมื่อถูกความร้อนเม็ดสตาร์ชจะพองตัว และมีการพันตัวเป็นจิบ (ลูกศรชี้) ซึ่ง Wurzburg (1986) กล่าวว่า เมื่อให้ความร้อนกับแป้งมากพอจะทำให้เม็ดสตาร์ชดูดซึมน้ำและพองตัวโดยมีการพองตัวแบบ Tangential เกิดลักษณะที่เป็นจิบ จากการสำรวจโครงสร้างทางจุลภาคของเนื้อปลาสดในขั้นตอนต่างๆ ของการผลิตลูกขึ้นปลา (Figure 2-3) แสดงให้เห็นว่าเนื้อปลาสดที่มีไขมันที่นวดผสมกับเกลือ แป้ง ไขมัน มีลักษณะเป็นอิมัลชันโดยมีไขมันเป็นเฟสไม่ต่อเนื่อง (discontinuous phase) น้ำและโปรตีนเป็นเฟสต่อเนื่อง (continuous phase) หลังจากผ่านกระบวนการให้ความร้อนที่ 40°C 20 นาที และ 90°C 20 นาที ซึ่งลูกขึ้นปลาเกิดเป็นเจลที่ขุ่น ทึบแสง เนื่องจากเกิดการรวมตัวของโปรตีนเมททริกส์ และไขมันฝังตัวเกาะอยู่ในโปรตีนเมททริกส์โครงสร้างที่พบหลังการให้ความร้อนยังคงสภาพความเป็นโพรงและร่างแหโปรตีนอยู่ แต่มีการเกาะกลุ่มของโปรตีนเมททริกส์หนาแน่นกว่าเดิม

สรุป

ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าสามารถผลิตลูกขึ้นปลาแช่เยือกแข็งและเก็บที่ -18°C ได้นาน 10-12 สัปดาห์ เมื่อทำการผลิตโดยใช้ซูรีมิเป็นวัตถุดิบและเติมแป้งมันหรือแป้งสตาร์ชดัดแปรประมาณร้อยละ 5 ของน้ำหนักซูรีมิร่วมกับไขมันของหมูในปริมาณร้อยละ 4-8 ของน้ำหนักซูรีมิ ชนิดของแป้งที่ใช้ในการทดลองนี้ไม่ทำให้เกิดผลที่แตกต่างกันอย่างเด่นชัดต่อคุณภาพของลูกขึ้นปลา แต่ปริมาณไขมันที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ความแข็งแรงของเจลลูกขึ้นปลาลดลง โครงสร้างทางจุลภาคของซูรีมิที่สับผสมเป็นลูกขึ้น แสดงให้เห็นถึงการเกิดโครงสร้างร่างแหของโปรตีน เมื่อมีการนวดผสมกับเกลือ มีการฝังตัวของเม็ดไขมันในโปรตีนเมททริกส์ เกิดลักษณะของอิมัลชันที่มีน้ำและโปรตีนเป็นเฟสต่อเนื่อง และไขมันเป็นเฟสไม่ต่อเนื่อง เมื่อให้ความร้อนจนลูกขึ้นสูง โครงสร้างของโปรตีนเมททริกส์จะรวมตัวกันแน่นขึ้น และเห็นการพองตัวเป็นจิบของเม็ดสตาร์ชแทรกในโปรตีนเมททริกส์

เอกสารอ้างอิง

- จิราวรรณ แยมประยูร, พรหมทิพย์ สุวรรณสาครกุล และปรีทีย์ เกรียดักงวาฬ 2523. ศึกษาคุณภาพลูกขึ้นปลาในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ รายงานวิชาการ และการทดลองประจำปี 2523. กองพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ, กรมประมง, กรุงเทพฯ. 190 น.
- Gordon, A. and S. Barbut. 1990. Cold stage scanning electron microscopy study of meatbatters. *J. Food Sci.* 55 : 1196-1198.
- Hood, L.F., A.S. Seifried and R. Meyer. 1974. Microstructure of modified tapiocas tarch milkgel. *J. Food Sci.* 39 : 117-120.

- Jiang, S.T. 1986. Effect of modified starch on the quality of frozen minced fish products. Department of Marine Food Science, National Taiwan College of Marine Science and Technology, Taiwan. 23 p.
- Jiang, S.T., C.C. Lin and C.Y. Tsao. 1986. New approach to improve the quality of minced fish products from freeze-thawed cod and mackerel, J. Food Sci., 51(2) : 310-312.
- Jirawan Yamprayoon. 1985. Thailand overview of engineered sea food technology development and fishery resources. pp. 658 -667 In Proceedings of the International Symposium on Engineered Sea food Including Surimi. National Fisheries Institute, Washington D.C.
- Lee, C.M. and A. Abdollahi. 1981. Effect of hardness of plastic film on structure and material properties of fish protein gels. J. Food.Sci. 46(6) : 1755.
- Lee, C.M., R. Carroll and A. Abdollahi. 1981. A microscopical study of the structure of meat emulsions and its relationship to thermal stability. J. Food Sci. 46 : 1789-1793.
- MFRD (Marine Fisheries Research Department). 1987. Frozen Surimi and Fish Jelly Products in Southeast Asia. Singapore. 30 p.
- Mochizuki, Y., T. Saito, N. Iso, H. Mizuno, A. Aochi and M. Noda. 1987. Effects of adding fat on rheological properties of fish meat gel. Nippon Suisan Gakkaishi. 53 : 1471-1474.
- Okada, M., M. Yokoaciki and T. Nunomoki. 1974. Minced Fish Meat Products. Koseisha, Tokyo, Japan. 374 p.
- Steel, R.G.D. and J.H. Torrie. 1960. Principles and Procedures of Statistics. McGraw Hill Book Co., N.Y. 481 p.
- Wurzburg, O.B. 1986. Crosslinked starches, pp. 41-53. In O.B. Wurzburg (ed.). Modified Starches : Properties and Uses. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida.