บทที่ 1

บทนำ

บทนำต้นเรื่อง

ซูริมิ คือเนื้อปลาบดที่มีโปรตีนเข้มข้น ซึ่งได้มาจากปลาที่เอาก้างออกโดยเครื่องแยกก้าง แล้วนำไปล้างน้ำ เติมสารที่ช่วยในการรักษาคุณภาพ ระหว่างการเก็บรักษาในสภาพแช่แข็ง ในเอเชียตะวันออกและเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ การบริโภคซูริมิเพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็ว การผลิตซูริมิ การบริโภคซูริมิและการผลิตผลิตภัณฑ์จากซูริมิ มีประมาณ 530,000, 503,000 และ 1,122,000 เมตริกตันตามลำดับ ในปี 2538 (Ishikawa, 1996) ปัจจุบันในประเทศไทยมีผู้ผลิตซูริมิและผลิตภัณฑ์แปรรูปจากซูริมิ 16 ราย มีปริมาณการส่งออกไม่ต่ำกว่าปีละ 60,000 ตัน ในปี 2540 มีปริมาณการส่งออกซูริมิ 75,000 ตัน มูลค่าการส่งออก 6,375 ล้านบาท และการส่งออกผลิตภัณฑ์แปรรูปจากซูริมิ 47,314 ตัน มูลค่า 4,236 ล้านบาท (วิรุจน์ เดชายนตร์บัญชา, 2541) ปลาที่ใช้ผลิตซูริมิในประเทศไทยได้แก่ปลาทรายแดง ปลาทรายขาว ปลามังกร ปลาน้ำดอกไม้ ปลาจวด ปลาตาหวาน และปลาไส้กอ และอาจผลิตจากปลาน้ำจืดเช่นปลานิล ปลาดุกและปลาตะเพียนก็ได้ (Huda *et al*., 1999)

การผลิตซูริมิ มีขั้นตอนการทำให้บริสุทธิ์โดยการแยกเอาสิ่งแปลกปลอม เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ก้างและหนังออกจากเนื้อขาวของปลา เพื่อให้เนื้อซูริมิที่ได้มีความขาวมากขึ้น ปริมาณของส่วนที่แยกออกมานี้มีประมาณ ร้อยละ 2 (Lee, 1986) ขณะที่ในเนื้อปลามีองค์ประกอบของโปรตีนเนื้อเยื่อเกี่ยวพันอยู่ประมาณร้อยละ 3-10 ซึ่งส่วนใหญ่จะประกอบด้วยคอลลาเจน (Mackie, 1997)

ปัจจุบันวัสดุเศษเหลือซึ่งมีคุณค่าทางอาหาร ซึ่งคนสามารถใช้บริโภคได้ถูกกำจัดทิ้งหรือใช้อย่างมีมูลค่าต่ำ เช่นผลิตเป็นอาหารสัตว์ การจัดการทรัพยากรที่ดีคือให้มีส่วนเหลือทิ้งน้อยที่สุด ทางหนึ่งที่เป็นไปได้คือใช้วัสดุเศษเหลือสำหรับการบริโภคของมนุษย์ หรือใช้เป็นแหล่งโปรตีนของมนุษย์ ตัวอย่างเช่นการกรองเพื่อแยกเอาโปรตีนที่

ประกอบอยู่ในน้ำล้างของกระบวนการผลิตซูริมิแล้วนำกลับมาใช้ประโยชน์อีก อย่างไรก็ตามวิธีนี้พบว่าในการผลิตมีค่าใช้จ่ายของการแยกสูง และโปรตีนที่แยกได้จะเป็นโปรตีนที่ละลายได้ในน้ำซึ่งไม่เกิดเจล และขัดขวางการเกิดเจล (Lin *et al*., 1995)

จากการสำรวจเบื้องต้นพบว่า โรงงานซูริมิจำหน่ายส่วนที่แยกได้จากการทำบริสุทธิ์นี้ ในราคากิโลกรัมละ 4 บาท เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบผลิตปลาป่นอาหารสัตว์ เนื้อส่วนที่แยกได้จากขั้นตอนการทำบริสุทธิ์ของการผลิตซูริมินี้ มีองค์ประกอบของโปรตีนชนิดไม่ละลายน้ำ ซึ่งปกติจะสามารถเกิดเจลได้ (Lee, 1986) และมีศักยภาพสูงนี้จะนำมาพัฒนาใช้ประโยชน์ โดยการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารมนุษย์ เพราะให้คุณค่าทางโภชนาการคือโปรตีนและแคลเซียมสูง แต่เนื่องจากผลพลอยได้จากการผลิตซูริมิส่วนนี้ประกอบไปด้วย เศษหนัง ก้างและเกล็ดขนาดเล็ก เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน และเศษเนื้อปลามีลักษณะปรากฏและเนื้อสัมผัสไม่ดี ยากต่อการนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ดังนั้นจึงควรศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและกายภาพ เพื่อสามารถปรับปรุงคุณภาพให้เหมาะสมแก่การนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร โดยการเติมส่วนผสมที่ช่วยในการปรับปรุงเจลของผลิตภัณฑ์ เพื่อปรับปรุงโครงสร้างลักษณะเนื้อสัมผัสและความรู้สึกต่อคุณลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ เช่นเติม แป้ง กัม และไข่ขาว เป็นต้น (Lanier, 1986) หรืออาจเติมสารที่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภคเช่นบุก เนื่องจากมีคุณสมบัติเอื้อต่อการนำไปใช้ผลิตอาหารชนิดใหม่ๆ คุณภาพของอาหารไม่เปลี่ยนแปลงเมื่ออุณหภูมิปรับเปลี่ยน เช่น ให้ความร้อนแบบ UHT นึ่งฆ่าเชื้อ หรือ แบบไมโครเวฟ (Tye, 1991) นอกจากนี้บุกยังช่วยปรับปรุงความรู้สึกต่อคุณลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ (Chin *et al*., 2000) ช่วยให้ความข้นหนืด และทำให้เกิดความคงตัวของผลิตภัณฑ์ (Cheney *et al*., 1984 อ้างโดย บุญฑริกา ยืนยง, 2543) สุดท้ายยังเพิ่มปริมาณใยอาหารของผลิตภัณฑ์ด้วย (Caramelli, 1990) ใยอาหารที่เติมลงไปมีประโยชน์แก่ร่างกาย ช่วยให้มีสุขภาพดี โดยจะช่วยเพิ่มปริมาณของอุจจาระและความถี่ในการถ่าย ป้องกันหรือลดภาวะโรคอ้วนเป็นต้น (ศัลยา คงสมบูรณ์เวช, 2544)

ห่อหมกเป็นอาหารที่มีส่วนประกอบของพริกแกงแดงซึ่งช่วยบดลักษณะปรากฏของผลพลอยได้ซึ่งมีสีคล้ำจากสีของกล้ามเนื้อแดง เศษหนังปลาและเกล็ดของปลา ส่วน

ก้างและเกล็ดในผลพลอยได้ซึ่งมีลักษณะแข็ง จะสามารถปรับปรุงให้อ่อนนิ่มลงได้ โดยการให้ความร้อนสูงในกระบวนการผลิตอาหารกระป๋อง

ดังนั้นผลพลอยได้ที่แยกจากการทำบริสุทธิ์ของกระบวนการผลิตซูริมิสามารถนำมาใช้ประโยชน์เป็นอาหารของมนุษย์ได้ การปรับปรุงคุณลักษณะผลิตภัณฑ์ ให้มีคุณลักษณะเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค มีคุณค่าทางโภชนาการ การแปรรูปเป็นห่อหมกใยอาหารสูงบรรจุกระป๋องเป็นทางเลือกหนึ่ง

การตรวจเอกสาร

1. ซูริมิ

1.1 ลักษณะทั่วไป

ซูริมิ คือผลิตภัณฑ์เนื้อปลาบด ที่เตรียมโดยการแยกเนื้อปลาออกจากก้างแล้วล้างด้วยน้ำ เพื่อกำจัดส่วนที่ไม่ต้องการ เช่น เลือด เม็ดสี และกลิ่น เพื่อเพิ่มความเข้มข้นของโปรตีนไมโอไฟบริล คือ แอคโตไมโอซิน (actomyosin) ทำให้ได้เจลที่มีความแข็งแรงและยืดหยุ่น และเติมสารช่วยในการรักษาคุณภาพในระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (cryoprotectant) (Lee, 1984) ดังแสดงในภาพประกอบ 1

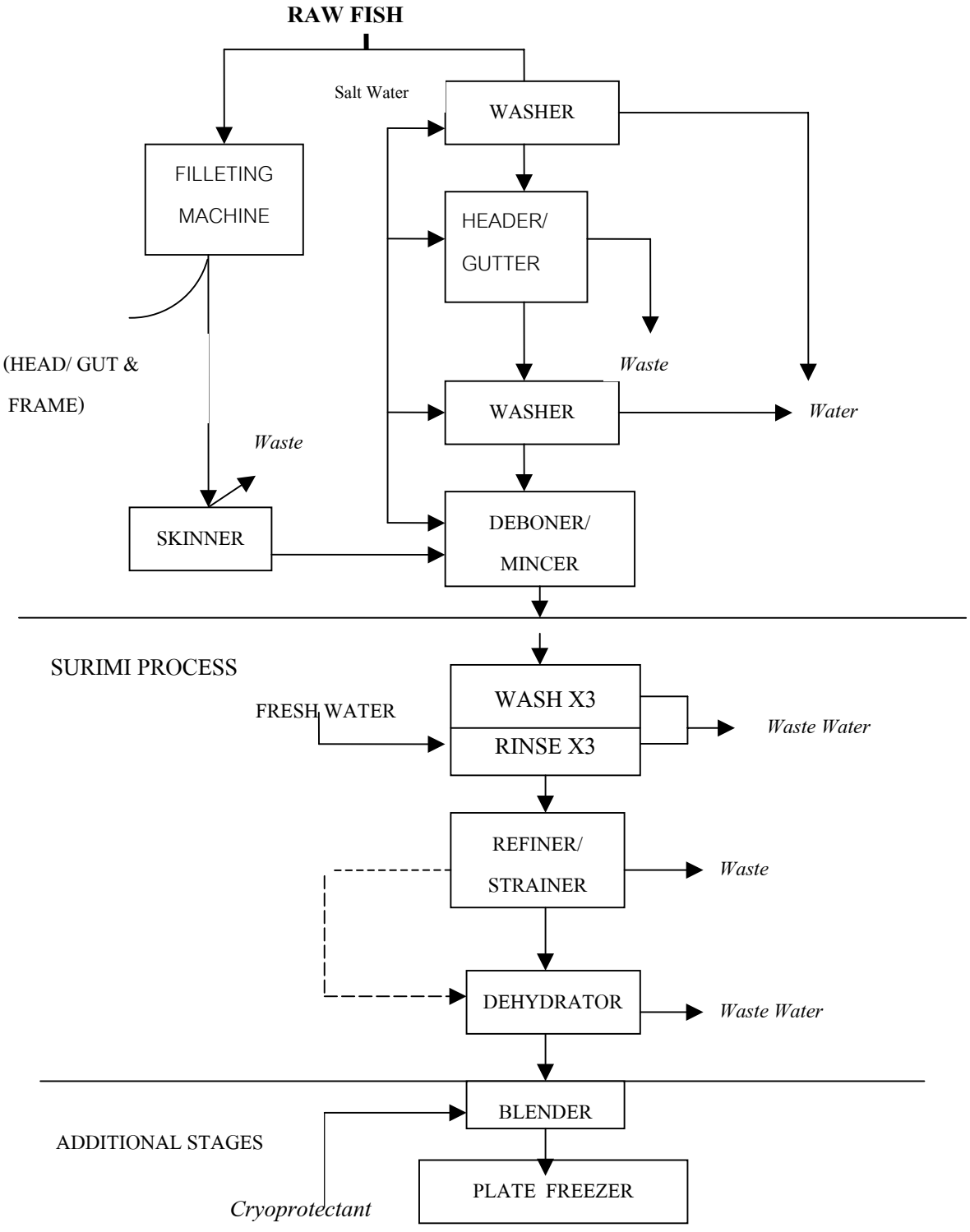
1.2 การทำบริสุทธิ์ (Refining / Straining)

การทำบริสุทธิ์ คือ การแยกกล้ามเนื้อขาวออกจากกล้ามเนื้อดำ และเนื้อเยื่อเกี่ยวพันออก การแยกนี้แนะนำให้ใช้รูกรองขนาด 1-2 มิลลิเมตร เพื่อให้ได้เนื้อขาวที่มีคุณภาพดี แต่จะได้ปริมาณเนื้อน้อย แต่ถ้าต้องการให้ได้ทั้งคุณภาพและปริมาณของเนื้อขาว ควรใช้ขนาดรูกรอง 2 มิลลิเมตร ปลาบดล้างน้ำที่ผ่านเข้าเครื่องแยกเพื่อทำให้บริสุทธิ์ (refinner) ควรมีความชื้นประมาณร้อยละ 87-90

Hall และ Ahmad (1997) กล่าวว่า คุณภาพและปริมาณของปลาบดและเศษเหลือจากการทำบริสุทธิ์จะขึ้นอยู่กับการเตรียมปลาซึ่งมี 2 วิธี

1.2.1 เตรียมจากปลาแล่ (fillet/skining) คือการแล่แยกเอาเนื้อปลาออกก่อนการแยกก้าง ซึ่งให้เนื้อน้อยกว่าคือประมาณร้อยละ 26 (Babbitt, 1986) แต่ให้เจลที่ดีและมีสีขาว และต้องผ่านการนำไปล้างอีก 2-3 ครั้ง และอาจไม่ต้องผ่านการทำบริสุทธิ์

1.2.2 เตรียมจากปลาตัดหัว คือตัดหัวควักไส้ก่อนการแยกก้าง ได้เนื้อมากคือประมาณร้อยละ 43 (Babbitt, 1986) แต่คุณภาพปลาบดจะต่ำกว่า และมีส่วนประกอบของหนังและเลือด จึงต้องล้างหลายรอบก่อนนำไปผ่านการทำให้บริสุทธิ์และจะพบส่วนของผนังท้องมากกว่าการเตรียมจากเนื้อปลาแล่ (Shahidi, 1994)



ภาพประกอบ 1 กระบวนการผลิต ซูริมิ

Surimi process

ที่มา : Hall และ Ahmad (1997)

เนื้อส่วนที่แยกได้จากการทำบริสุทธิ์ของการผลิตซูริมิ จะประกอบด้วยเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน เนื้อแดง หนัง เลือด ก้างและเกล็ดขนาดเล็ก ซึ่งมีคุณค่าทางอาหาร โดยมีโปรตีนและแคลเซียม จากการศึกษาของ Valverde และคณะ (2000) เพื่อหาแร่ธาตุที่ประกอบ อยู่ในเนื้อปลา และเนื้อปลาติดก้าง พบว่ามีแร่ธาตุประกอบอยู่เหมือนกัน แต่ในเนื้อปลาติดก้างจะมีปริมาณแคลเซียมและฟอตฟอรัสประกอบอยู่มากกว่า (ตาราง1) นอกจากนี้ยังพบว่าเกล็ดปลามีองค์ประกอบของคอลลาเจนและใยอาหารอีกด้วย (Nomura *et al*., 1996)

ตาราง 1 ปริมาณแร่ธาตุในเนื้อปลาและเนื้อปลารวมกับก้าง

Mineral content in flesh and flesh and bone fish.

Type of fish	Minerals elements (mg/100 gm)						
	Cu	Fe	Na	K	Mg	Ca	P
Blue whiting							
Flesh	0.29±0.03	0.40±0.04	136±10.28	388±17.77	36.7±1.90	17.7±1.45	604±60.46
Flesh and bone	0.14±0.02	2.70±0.12	142±7.17	104±7.14	83.7±5.95	351±46.95	882±6.27
Little hake							
Flesh	0.04±0.02	0.33±0.04	124±8.75	446±4.26	36.7±0.63	38.3±13.69	533±10.30
Flesh and bone	0.10±0.01	0.57±0.09	64.89±4.76	327±13.90	50.0±3.20	435±60.27	1047±176.31
Hake							
Flesh	0.07±0.02	0.51±0.07	143±10.69	320±47.52	36.9±2.08	25.6±4.91	421±41.38
Flesh and bone	0.03±0.01	0.33±0.02	90.7±13.11	470±43.09	53.8±8.89	360±75.94	731±101.64
Sole							
Flesh	0.07±0.02	0.80±0.40	160±9.83	286±121.68	35.3±2.41	80.1±4.36	519±26.17
Flesh and bone	0.26±0.18	0.90±0.18	138±8.75	121±34.24	28.3±4.85	476±20.67	1249±91.44

ดัดแปลงจาก: Valverde *et al*. (2000)

1.3 การใช้ประโยชน์จากผลพลอยได้ของการผลิตซูริมิ

ส่วนเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตซูริมิได้ถูกศึกษาเพื่อนำมาใช้ประโยชน์มากมาย ได้แก่

1.3.1 วัตถุดิบปลาที่คัดแยกออกก่อนเข้าสู่กระบวนการผลิต

การนำวัตถุดิบปลา ที่คัดแยกออกก่อนเข้าสู่กระบวนการผลิตซูริมิ และปลาที่มีมูลค่าต่ำมาใช้ประโยชน์ จากการศึกษาวิจัยของบริษัทคอร์แนล (Regenstein, 1986) สามารถนำมาพัฒนาเป็นเนื้อปลาบดอยู่ในรูปเนื้อปลาก้อนแช่แข็ง ปลาบดในซอสมะเขือเทศบรรจุกระป๋อง ปลาบดในแกงกระหรี่บรรจุกระป๋อง อาหารขบเคี้ยวบรรจุกระป๋อง เนื้อปลาบดก้อนผสมกับเจลแล้วใส่แม่พิมพ์ให้ได้เป็นรูปปลา (meatloaf) และผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีกหลายชนิด ได้พบว่าผลิตภัณฑ์ได้รับการยอมรับ และเป็นที่ต้องการของตลาด และ Yu และ Siah (1996) ได้ศึกษาการใช้ประโยชน์จากปลาวัว และปลาข้างเหลือง โดยนำมาผลิตเป็นเบอเกอร์ปลา ทำให้เกิดมูลค่าเพิ่มของปลาทั้ง 2 ชนิด การผลิตเริ่มจากเตรียมเนื้อปลาเป็นปลาบดก่อนแล้วจึงนำมาผสมกับเครื่องปรุงอื่น และขึ้นรูปเป็นเบอเกอร์เก็บที่อุณหภูมิ –20 องศาเซลเซียส แล้วจึงนำมาคลุกแป้งและเกล็ดขนมปัง จะได้เป็นผลิตภัณฑ์เบอเกอร์ปลา ซึ่งเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ

1.3.2 เนื้อที่ติดกับก้างปลาซึ่งผ่านเครื่องแยกก้าง

Pigott (1990) ศึกษาการนำเอาเนื้อที่ติดกับก้างปลาซึ่งแยกออกโดยเครื่องแยกก้างมาใช้ผลิตเป็นอาหารมนุษย์ โดยผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ชุบแป้งและเกล็ดขนมปังแช่เยือกแข็งและผลิตอยู่ในรูปผงแห้ง เพื่อใช้ผสมลงในผลิตภัณฑ์ชนิดอื่น

1.3.3 น้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตซูริมิ

Lin และคณะ (1995) ได้ศึกษาการนำโปรตีนซึ่งอยู่ในน้ำทิ้ง ของกระบวนการผลิตซูริมิ 8 จุด เพื่อนำมาใช้ใหม่ โดยการศึกษาอัตราส่วนของโปรตีนที่แยกจากน้ำทิ้งที่ใช้ผสมกับซูริมิปกติเพื่อให้มีคุณสมบัติของเจลที่ดี การรวบรวมโปรตีนจากน้ำล้างในกระบวนการผลิตซูริมิใช้ ultrafilter (UF) และ microfilter (MF) พบว่าโปรตีนที่แยกได้จะมีจำนวนของ MHC (myosin heavy chain) อยู่น้อย ทั้งนี้เพราะโปรตีนที่ได้จากน้ำล้างจะเป็นโปรตีนชนิดที่ละลายได้ในน้ำ ซึ่งจะไม่ช่วยในการเกิดเจล MF ซึ่งมีขนาดรูกรอง 5 ไมโครเมตร จะยอมให้โปรตีนที่ละลายน้ำออกไปได้ และจะกรองเอาเศษโปรตีน

อนุภาคเล็กที่ไม่ละลายน้ำไว้ ทำให้มี MHC เพิ่มมากขึ้น และมีมากกว่าในโปรตีนที่แยกได้โดย UF ถึง 5 เท่า โปรตีนที่ได้จากน้ำทิ้งแต่ละจุดอยู่ในช่วงร้อยละ 0.46-2.34 และพบว่าเมื่อใช้โปรตีนที่แยกได้ในปริมาณร้อยละ 10 และ 20 ผสมกับซูริมิปกติ จะให้เจลที่มีความแข็งแรงต่ำ แต่มีความยืดหยุ่นไม่แตกต่างกับซูริมิปกติมากนัก

นอกจากนี้ Benjakul และคณะ (1997) ได้ศึกษาการแยกเอนไซม์ โปรตีเอสจากน้ำล้างซูริมิที่เตรียมจากปลา Pacific whiting พบว่าเมื่อทำให้แห้งแล้วได้เอนไซม์ประมาณ 0.83 กรัมโปรตีน/น้ำล้างซูริมิ 1 ลิตร และเอนไซม์ที่ได้ยังมีกิจกรรมอยู่ถึงร้อยละ 78

1.3.4 วัสดุเศษเหลือที่เป็นของแข็ง

Benjakul และ Morrissey (1997) ได้ศึกษาการใช้เอนไซม์อัลคาเลส และนิวเตรส ย่อยวัสดุเศษเหลือที่เป็นของแข็ง ได้แก่หนัง ก้าง หัว เครื่องใน และเนื้อปลา พบว่าได้โปรตีนไฮโดรไลเสทซึ่งเมื่อการทำแห้งด้วยความเย็นแล้ว จะมีองค์ประกอบความชื้น โปรตีน เถ้า และไขมันประกอบอยู่ร้อยละ 2.77, 79.97, 13.44 และ 3.83 ตามลำดับ

1.4 องค์ประกอบโปรตีนที่สำคัญของกล้ามเนื้อปลา

Hall และ Ahmad (1997) ได้แบ่งโปรตีนของกล้ามเนื้อปลา ตามการละลายในสารละลายได้เป็น 3 กลุ่ม คือ

1.4.1 โปรตีนซาร์โคพลาสมิก (Sarcoplasmic protein)

โปรตีนซาร์โคพลาสมิก คือ โปรตีนที่ละลายในน้ำ ปริมาณจะขึ้นอยู่กับชนิดของปลา ปกติมีปริมาณร้อยละ 20-35 โปรตีนชนิดนี้ไม่สามารถเกิดเจล และจะขัดขวางการเกิดเจลของโปรตีนในเนื้อปลา โปรตีนชนิดนี้มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 40-60 กิโลดาลตัน ที่พบมากคือไมโอโกลบิน ซึ่งอยู่ในส่วนของกล้ามเนื้อสีแดง (Hall and Ahmad, 1997)

1.4.2 โปรตีนไมโอไฟบริล (Myofibrillar protein)

โปรตีนไมโอไฟบริล เป็นส่วนประกอบที่มากที่สุดของกล้ามเนื้อ โดยทั่วไปเนื้อสัตว์น้ำประกอบด้วยโปรตีนไมโอไฟบริลร้อยละ 40-60 ของโปรตีนทั้งหมด มีองค์ประกอบหลักคือ ไมโอซิน (myosin) ซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 480 กิโลดาลตัน

ประกอบอยู่ประมาณร้อยละ 45 ของโปรตีนไมโอไฟบริลา เอกติน (actin) มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 42 กิโลดาลตัน ประกอบอยู่ประมาณร้อยละ 20 ของโปรตีนไมโอไฟบริลา โทรโปนิน (troponin) และโทรโปไมโอซิน (tropomyosin) มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 76 และ 37 กิโลดาลตัน มีอยู่ในปริมาณร้อยละ 5 ของโปรตีนไมโอไฟบริลา (สุทธวัฒน์ เบญจกุล, 2544) โปรตีนไมโอไฟบริลา ให้ลักษณะโครงสร้างเป็นเส้นใยของกล้ามเนื้อ สามารถละลายได้ในสารละลายเกลือเข้มข้น และให้โครงสร้างของเจลซูริมิเมื่อผ่านการให้ความร้อน (Hall and Ahmad, 1997)

1.4.3 โปรตีนสโตรมา (Stroma protein)

โปรตีนสโตรมามีประมาณร้อยละ 3-10 ของโปรตีนทั้งหมด เป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (connective tissue) ซึ่งเป็นโปรตีนที่อยู่โดยรอบเส้นใยของกล้ามเนื้อ และหนัง ประกอบไปด้วย คอลลาเจน (collagen) และอีลาสติน (elastin) องค์ประกอบส่วนใหญ่คือ คอลลาเจน ซึ่งมีลักษณะเป็นสายโปรตีนยาว ประกอบด้วย สายโพลีเปปไทด์ 3 สายพันอยู่รอบซึ่งกันและกันเป็นเกลียวคงตัวด้วยพันธะไฮโดรเจนและมีพันธะไขว้เชื่อมระหว่างโมเลกุลคอลลาเจน คอลลาเจนในสภาพธรรมชาติจะละลายได้ในสารละลายเกลือเข้มข้น แต่เมื่อให้ความร้อนจะเปลี่ยนรูปเป็นเจลลาตินซึ่งละลายได้ในน้ำ คอลลาเจนมีหลายรูปแบบ โดยทั่วไปรูปแบบที่พบมากในปลาคือ ชนิดที่ 1 (type I) ซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 95 กิโลดาลตัน (Norland, 1990; Kimura *et al*., 1991)

Salo และคณะ (1986) พบว่าเนื้อปลาดิบที่มีปริมาณคอลลาเจนสูง จะมีความนุ่มของเนื้อน้อยกว่าเนื้อปลาที่มีคอลลาเจนต่ำ แต่ในเนื้อปลาที่ผ่านการทำให้สุกแล้วพบว่า ไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคอลลาเจนกับความนุ่มของเนื้อปลา โดยทั่วไปจะพบคอลลาเจนเพียงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับเนื้อสัตว์ชนิดอื่นๆ เช่นเนื้อวัว ดังนั้นเนื้อปลาจึงนุ่ม และย่อยง่าย (Hatae *et al*., 1986)

เมื่อเปรียบเทียบชนิดของโปรตีนในปลากับสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม (ดังแสดงในตาราง 2) ปริมาณเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่พบในปลาจะไม่มากพอที่จะมีผลต่อเนื้อสัมผัสของเนื้อปลา (Mackie, 1997) เนื้อเยื่อเกี่ยวพันในปลาซึ่งมีปริมาณน้อย ส่วนใหญ่ประกอบไปด้วยคอลลาเจน และจะละลายไปได้ระหว่างการให้ความร้อน (Autio, 1989)

ตาราง 2 ปริมาณของโปรตีนชนิดต่างๆในเนื้อของปลาและของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม

Main groups of proteins in the flesh of fish and mammals.

	% Composition	
Protein group	Fish	Mammals
Sarcoplasmic	20-35	30-35
Myofibrillar	65-75	52-56
Connective tissue	3-10	10-15

ที่มา: Mackie (1997)

Nagai และ Suzuki (1999) ได้ศึกษาการแยกคอลลาเจน จากวัสดุเศษเหลือของปลาได้แก่ หนัง กระดูก และหาง พบว่ามีคอลลาเจนเป็นองค์ประกอบของหนังปลา กระดูก และครีบร้อยละ 49.8-51.4, 40-43.5 และ 5.2-36.4 ตามลำดับ และมีอุณหภูมิของการเปลี่ยนรูปของคอลลาเจนจากหนังปลา กระดูก และครีบปลาเท่ากับ 25-26.5, 29.5-30 และ 28-29.1 องศาเซลเซียสตามลำดับ Sarabia และคณะ (2000) กล่าวว่า เจลลาตินจากปลาจะมีอุณหภูมิในการหลอมเหลวและการเกิดเจลต่ำกว่าของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม และเจลลาตินสามารถใช้เป็นส่วนผสมทำให้เกิดความข้นเหนียว ความยืดหยุ่น และความคงตัวในผลิตภัณฑ์อาหารได้ เจลลาตินจากปลามีความข้นหนืด 7,000-8,000 cps. (Norland, 1990; Gudmundsson and Hafsteinsson, 1997)

1.5 การเกิดเจลของซูริมิ

การเกิดเจล (Gelation) เป็นการเชื่อมประสานอย่างเป็นระเบียบของสายโซ่โปรตีนเกิดเป็นโครงสร้างร่างแห 3 มิติ สามารถกักเก็บของเหลวไว้ในโครงสร้าง (Aeghar *et al*., 1985 ; Smith, 1989)

Smith (1981) พบว่าการเกิดเจลประกอบด้วย 2 ขั้นตอน

1.5.1 การสูญเสียสภาพของโปรตีน (denaturation) เนื่องจากความร้อนหรือปัจจัยอื่นส่งผลให้โปรตีนเกิดการคลายตัว และมีความหนืดเพิ่มขึ้น

1.5.2 โปรตีนที่คลายออกจับตัวเรียงกันใหม่อย่างช้าๆ ด้วยพันธะชนิดต่างๆ เกิดเป็นโครงข่าย 3 มิติที่มีความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น (Damodaran, 1996)

Lanier (1986) พบว่าในปลาไขมันต่ำ การล้างเนื้อปลาบดทำให้โปรตีนที่ละลายน้ำได้ ถูกล้างออกไป เนื้อปลาบดหลังการล้างจึงเหลือเป็นกล้ามเนื้อปลาร้อยละ 80-82 และเนื่องจากว่ามีเนื้อเยื่อเกี่ยวพันอยู่น้อยมาก ดังนั้นเนื้อปลาบดหลังการล้างส่วนใหญ่จึงเป็นโปรตีนไมโอไฟบริล Niwa (1992) กล่าวว่าไมโอซินและแอคติน มีบทบาทสำคัญในการเกิดเจลซูริมิ โปรตีนไมโอไฟบริลที่มีความเข้มข้นสูง สามารถละลายได้ด้วยเกลือในระหว่างการสับผสม ไมโอซินจะละลายรวมกับสายของแอคตินทำให้เป็นโมเลกุลขนาดใหญ่ของ แอคโตไมโอซิน (actomyosin) โปรตีนที่ละลาย (Sol) จะเกิดเจลเมื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80-90 องศาเซลเซียส โครงข่ายเจลเกิดขึ้นจากการเกิดพันธะข้าม (cross link) ของแอคโตไมโอซิน ซึ่งเกิดขึ้นระหว่างพันธะไฮโดรเจน พันธะไฮโดรโฟบิก (hydrophobic) และน้ำที่อยู่ในโครงข่ายเจล

Kong และคณะ (1999) พบว่า ผลิตภัณฑ์ซูริมิเกิดเจลลักษณะต่างกัน ขึ้นกับปัจจัยต่าง ๆ เช่น ชนิดของปลา คุณภาพของเนื้อปลา ความชื้น เกลือ ความเข้มข้นของโปรตีน และกรรมวิธีการผลิต เช่นเดียวกับ Alvarez และคณะ (1995) ซึ่งได้ศึกษาผลกระทบของความเข้มข้นของเกลือ การบดผสม อุณหภูมิ และความชื้น ต่อความแข็งแรงของเจลซูริมิจากปลาซาร์ดีน พบว่า เจลมีความแข็งแรงสูงสุดเมื่อมีความเข้มข้นของเกลือร้อยละ 2.26 มีความชื้นร้อยละ 78 เมื่อทำให้เกิดเจลด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส นาน 30-60 นาทีก่อนทำให้สุกที่ 90 องศาเซลเซียส นาน 40 นาที ขณะที่ Lee (1986) ได้แนะนำว่า เพื่อให้เกิดเจลที่ดี ปริมาณเกลือที่ใช้ควรอยู่ระหว่างร้อยละ 2-3 ในทางการค้าควรใช้ร้อยละ 2.5 และเวลาการสับผสมที่เหมาะสมควรอยู่ระหว่าง 15-20 นาที

1.6 คุณสมบัติของเจลซูริมิ

คุณสมบัติของเจลซูริมิของผลิตภัณฑ์ได้แก่ ความสามารถในการจับกับน้ำ (water binding capacity, WBC) ความแข็ง (hardness) และ ความยึดเกาะกัน (cohesiveness) เป็นต้น

Gao และคณะ (1999) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการจับกับน้ำกับคุณสมบัติของเจล หรือโครงข่ายของเจลที่เกิดขึ้นและพบว่า ปริมาณความชื้นจากการบีบอัด (expressible moisture, EM) จะเป็นตัวแปรที่บอกคุณสมบัติของเจลเช่น เนื้อสัมผัส ความแข็ง และความยึดเกาะกัน เนื้อปลาบดที่มี WBC สูงจะมีน้ำจากการบีบอัดต่ำ และโครงข่าย 3 มิติของเจลที่มีความต่อเนื่องกันและสม่ำเสมอ จะให้เจลที่แข็งแรง ขณะที่เจลที่มี WBC ต่ำจะมีน้ำจากการบีบอัดมาก และโครงข่ายโปรตีนรวมตัวจับกันอย่างหยาบ ทำให้เจลไม่แข็งแรง ซึ่งการเพิ่มความแข็งแรงและความยืดหยุ่นของเจลทำได้โดยเพิ่ม WBC ให้สูง ดังนั้นจึงสามารถใช้ WBC เป็นดรรชนีบ่งบอกถึงคุณสมบัติเจลโปรตีนของกล้ามเนื้อปลาได้

1.7 ผลของการให้ความร้อนต่อลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์จากซูริมิ

Bertak และ Karadadian (1995) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ปูเทียม โดยการให้ความร้อน โดยการอบ และไมโครเวฟ เมื่อมีอุณหภูมิเท่ากับ 71 และ 93 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ไม่ให้ความร้อนที่อยู่ในอุณหภูมิห้อง (20-23 องศาเซลเซียส) พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ให้ความร้อนทั้ง 2 วิธีจะมีความแน่นเนื้อ (firmness) แรงที่ใช้ในการขบเคี้ยว (chewiness) และความยืดหยุ่น (rubberiness) ลดลง และสีของผลิตภัณฑ์เข้มขึ้นเมื่อใช้อุณหภูมิสูงขึ้น (ดังตาราง 3) ผลที่เกิดขึ้นแสดงให้เห็นว่าความร้อนเปลี่ยนแปลงความสามารถในการจับกับน้ำ แป้งซึ่งประกอบอยู่ในปูเทียม มีความสามารถเชื่อมจับกับน้ำได้ ทำให้ได้เจลของผลิตภัณฑ์ที่แข็งแรงและยืดหยุ่น แต่ในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในห้องเย็น น้ำจะแยกออกจากแป้งและไม่รวมกับแป้งใหม่อีก ทำให้มีความชื้นจากการบีบอัดสูงแต่เมื่อให้ความร้อนแก่ผลิตภัณฑ์ จะทำให้น้ำที่แยกออกมานี้จะสามารถกลับมารวมกับแป้งได้ใหม่อีก ให้เนื้อสัมผัสที่ไม่แน่นและใช้แรงขบเคี้ยวน้อยลง เทียบกับปูเทียมที่อุณหภูมิห้อง

ตาราง 3 คะแนนคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสและปริมาณความชื้นจากการบีบอัดของปูเทียมที่ไม่ให้ความร้อน และปูเทียมที่อุณหภูมิ และ71°C และ 93 ° C

Mean scores for the descriptive sensory analysis and expressible moisture of imitation crab samples of 71°C or 93 °C and unheated control.

Sample description	Sensory attributes			Expressible Moisture (%)
	Color intensity[d]	Firmness[e]	Chewiness/ Rubberiness[f]	
Unheated control	3.66[a]	5.23[a]	5.16[a]	11.31[a]
Baked 71	3.20[b]	3.44[b]	3.76[b]	0.87[b]
Baked 93	3.62[a]	3.54[b]	3.78[b]	0.81[b]
Microwaved71	3.88[a,c]	4.14[c]	4.41[c]	0.70[b]
Microwaved93	3.95[c]	4.39[c]	4.44[c]	0.76[b]

[a,b,c] For the planned contrasts only, values in the same column with different superscripts are significantly different ($P<0.05$).

[d] Scale : 1= Very white; 7 = Brownish-white

[e] Scale : 1= Very soft; not firm; 7 = Extremely firm

[f] Scale : 1= Not chewy/rubbery; 7 = Extremely chewy/rubbery

ดัดแปลงจาก : Bertak และ Karahadian (1995)

Shie และ Park (1999) ได้ศึกษาผลกระทบของ กระบวนการให้ความร้อนต่อลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์จากซูริมิ โดยให้ความร้อนเพื่อพาสเจอร์ไรซ์ผลิตภัณฑ์ ใช้อุณหภูมิ 75, 85 และ 95 องศาเซลเซียส และศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ไปจนถึง 120 นาที พบว่าการใช้อุณหภูมิสูงและเวลานานทำให้ผลิตภัณฑ์จากซูริมิมีความขาวลดลง (ภาพประกอบ 2) โดยเฉพาะในช่วง 5 นาทีแรก ความขาวจะลดลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากแป้งเมื่อถูกความร้อนจะเปลี่ยนจากขุ่นเป็นใส และเมื่อให้ความร้อนต่อไปก็เปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย การประเมินเนื้อสัมผัส โดยตรวจวัดความแข็งแรงและความยืดหยุ่นของเจล ในช่วง 5 นาทีแรก พบว่าเจลจะมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น

รวดเร็ว (ภาพประกอบ 3) ขณะเดียวกันความยืดหยุ่นลดลงอย่างรวดเร็วเช่นกัน (ภาพประกอบ4) ทั้งนี้เนื่องจากในช่วงนาทีแรก แป้งในผลิตภัณฑ์เกิดเจลมาเสริมกับเจลโปรตีน ทำให้เจลของผลิตภัณฑ์มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น ขณะที่แป้งเมื่อเกิดเจลอณูของแป้งก็ออกจากเม็ดแป้ง ทำให้เกิดการเชื่อมต่อกันระหว่างเม็ดแป้งเกิดเป็นโครงข่ายโปรตีนกับแป้งที่ชิดกันแน่น ทำให้มีความยืดหยุ่นได้น้อยลง เมื่อให้ความร้อนเพิ่มขึ้นความแข็งแรงและความยืดหยุ่นจะเปลี่ยนแปลงอีกเพียงเล็กน้อย

ภาพประกอบ 2 ค่าความขาวของผลิตภัณฑ์ปูเทียมเมื่อให้ความร้อน

Whiteness value of surimi seafood at various thermal processing conditions.

ที่มา : Shie and Park (1999)

ภาพประกอบ 3 ผลของการให้ความร้อนต่อความแข็งแรงของเจลของผลิตภัณฑ์จากซูริมิแสดงในรูปความเค้น

Shear stress of surimi seafood at various thermal processing conditions.

ที่มา : Shie and Park (1999)

ภาพประกอบ 4 ผลของการให้ความร้อนต่อความยืดหยุ่นของเจลของผลิตภัณฑ์จากซูริมิแสดงในรูปความเครียด

Shear strain of surimi seafood at various thermal processing conditions.

ที่มา : Shie and Park (1999)

1.8 การปรับปรุงคุณภาพเจลของผลิตภัณฑ์จากซูริมิ

Park (1994) ได้ศึกษาการเติมสารเจือปนพวกโปรตีน ในผลิตภัณฑ์จากซูริมิ โดยเติมโปรตีนต่างกัน 7 ชนิดคือ โปรตีนแยกจากถั่วเหลือง (SPI) โปรตีนจากข้าวสาลี (WG) โปรตีนไข่ขาวแห้ง (DEW) โปรตีนไข่ขาวแช่แข็ง (FEW) โปรตีนเข้มข้นจากนม (WPC) โปรตีนสกัดจากนม (WPI) และ โปรตีนจากเลือดวัว (BPP) พบว่าโปรตีนที่มีผลต่อเนื้อสัมผัสของเจลแตกต่างกัน (ภาพประกอบ 5 A, B, C)

A

B

C

ภาพประกอบ 5 A, B, C ผลของการเติมโปรตีนชนิดต่างๆต่อเนื้อสัมผัสของเจลซูริมิ
Effect of additives on shear stress (hardness), shear strain (deformability) and rigidity.

ที่มา: Park (1994).

โปรตีนที่เติมช่วยเพิ่มความแข็งแรงของเจลจากมากไปหาน้อยตามลำดับดังนี้ SPI DEW BPP FEW WPC WPI และ WG (ภาพประกอบ 5 A) โปรตีน BPP DEW และ FEW ช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นของเจล ขณะที่ SPI WG WPC และ WPI มีผลให้ความยืดหยุ่นของเจลลดลง (ภาพประกอบ 5 B) โปรตีน SPI WG WPC และ WPI ช่วยทำให้ความแข็งของเจลเพิ่มขึ้น (ภาพประกอบ 5 C) ขณะที่ BPP DEW และ FEW ช่วยเพิ่มความแข็งแรงและความยืดหยุ่นของเจลและไม่ทำให้เกิดลักษณะแข็งเปราะ (brittenss) เพิ่มขึ้น

Kongpun (1999) ได้ปรับปรุงเจลของซูริมิจากปลาหลังเขียวและปลาทูแขก ซึ่งเป็นซูริมิที่มีสีดำ มีไขมันสูงและมีการเกิดเจลต่ำ โดยการใช้วัตถุเจือปนในอาหารได้แก่ ไข่ขาว โปรตีนจากพลาสม่าของวัวเพื่อปรับปรุงคุณภาพของเจลแล้วนำซูริมิที่ได้ไปผลิตไส้กรอก พบว่าได้รับการยอมรับด้านคุณภาพ สี กลิ่น และกลิ่นรส Gao และคณะ (1999) ได้ทำการศึกษา การใช้ฟอสเฟต (P), คาราจีแนน (C) และโปรตีนแยกจากถั่วเหลือง (S) เพื่อเพิ่ม WBC ของเนื้อปลาเซลมอนบด และพบว่าการเติมสารดังกล่าว ช่วยปรับปรุงโครงข่ายของเจล โดยสารดังกล่าวช่วยเชื่อมจับกับน้ำในเจลสุกได้ นอกจากนี้ได้วิเคราะห์หาลักษณะเนื้อสัมผัส (texture profile analysis, TPA) พบว่าการเติมสารดังกล่าวจะช่วยในการปรับปรุงคุณภาพเจล (ตาราง 4)

ตาราง 4 ผลของการเติมสารปรับปรุงคุณภาพเจลชนิดต่างๆที่ความเข้มข้นต่างกัน ต่อองค์ประกอบความชื้นจากการบีบอัดของเนื้อปลาเซลมอนดิบ และต่อความแข็งแรงของเจลจากเนื้อปลาเซลมอนบดที่ทำให้สุก

Effect of types and concentrations of additives on expressible moisture content of uncooked mince fish and on gel strength of cooked chum salmon mince.

Treatment[f]	**Expressible water (%)**[e] **(initial week tests)**	**TPA hardness**[e] **(initial week tests)**
Control	42.21±0.60[a]	367.37±3.61[a]
2%P	33.42±0.53[bc]	373.45±12.40[a]
2%S	35.82±1.39[b]	407.40±18.08[ab]
4%S	40.25±1.04[a]	316.19±9.02[c]
2%C	34.33±0.87[b]	422.45±25.41[b]
4%C	30.94±0.99[c]	477.80±11.03[d]

[a-d]: means within column sharing a common latter were not different by one-way ANOVA followed by turkey's post hoc test ($p>0.05$).

[e]: values are average of four replicated per treatment±SD.

[f]: Commercial additives were P- phosphate, S-Soy protein isolate + phosphate and C-carragenan + phosphate.

ดัดแปลงจาก: Gao *et al*. (1999)

2. ใยอาหาร (Dietary fiber)

ใยอาหาร คือ ส่วนผสมที่ประกอบไปด้วยโพลีแซคคาไรด์เชิงซ้อน ส่วนที่ได้มาจากผนังเซลล์ของพืชที่ประกอบอยู่ในอาหาร (Southgate, 1981)

2.1 ลักษณะของใยอาหาร

ใยอาหาร มีความแตกต่างจากกากใย (crude fiber) โดยใยอาหารจะไม่ถูกย่อยในกระเพาะอาหารของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม แต่จะสามารถย่อยได้บางส่วนด้วยจุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่ (ศัลยา คงสมบูรณ์เวช, 2544) ขณะที่กากใยเป็นส่วนของพืชที่เหลือจากการย่อยด้วยกรดและด่าง จึงมีปริมาณน้อยกว่าใยอาหารประมาณ 1.6-15.7 เท่า (Vetter, 1984) ผู้ใหญ่ทั่วไป ควรรับประทานใยอาหารวันละ 20-35 กรัม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของแต่ละคน (ศัลยา คงสมบูรณ์เวช, 2544) Lathan และคณะ (1975) พบว่าใยอาหารมีประโยชน์ต่อร่างกายคือ ช่วยในการป้องกันโรคต่างๆหลายชนิดเช่น ลดอาการท้องผูก เบาหวาน และคลอเรสเตอรอล เป็นต้น

2.2 ชนิดของใยอาหาร

ศัลยา คงสมบูรณ์เวช (2544) กล่าวว่าใยอาหารแบ่งเป็น 2 ชนิดคือ

2.2.1 ใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำ (Insoluble dietary fiber)

พบในรำข้าวเจ้า รำข้าวสาลี ข้าวโพด ผักต่างๆ ผลไม้บางชนิด เมล็ดถั่วต่างๆ โดยเฉพาะถั่วเปลือกแข็งเช่นถั่วลิสง หัวเผือก มัน ผักผลไม้ที่แก่จัด ใยอาหารชนิดนี้มีความสามารถในการอุ้มน้ำ ซึ่งจะเพิ่มปริมาณในกระเพาะทำให้อิ่มเร็ว ช่วยกระตุ้นการเคลื่อนตัวของอุจจาระ ช่วยให้ขับถ่ายง่ายขึ้น ช่วยขับของเสียและสารพิษต่างๆซึ่งอาจก่อให้เกิดมะเร็งในลำไส้ได้

2.2.2 ใยอาหารชนิดละลายน้ำได้ (Soluble dietary fiber)

เมื่อละลายน้ำจะมีลักษณะหนืด ทำให้ลำไส้ย่อยและดูดซึมอาหารช้าลง ใยอาหารชนิดนี้พบมากในธัญพืชที่ไม่ได้ขัดสี พืชตระกูลถั่ว รำข้าวโอ๊ต ข้าวบาร์เลย์ ผลไม้บางชนิด เช่นพรุน ส้ม แอปเปิ้ล สตรอเบอรี่ ถั่วเม็ดแห้งบางชนิดเช่นถั่วแดงหลวง ใยอาหารชนิดนี้มีความสำคัญต่อการดูดซึมอาหาร เมื่อใช้ร่วมกับอาหารไขมันต่ำสามารถลดระดับคลอเลสเตอรอลในเลือดได้

แหล่งกำเนิดของใยอาหารได้แก่ ธัญญพืช พืชตระกูลถั่ว ผักและผลไม้เป็นต้น (Calixto *et al.*, 2000) พืชแต่ละชนิดให้ปริมาณใยอาหารต่างกัน (ตาราง 5)

ตาราง 5 ปริมาณใยอาหารจากแหล่งต่างๆ

Dietary content from different sources.

Food	Dietary fiber (g/100g)
Rice barn	12.8
Husks chaff	2.1
Rice	0.7
Mung bean	26
Red-brown bean	27.7
Peanut	19.8
Soy bean	21.7
Sesame	21.4
Black sesame	10.2
Sunflower seed	12.4

ที่มา: Juntrapornchai and Chompreda (1994)

2.3 บทบาทและหน้าที่ของใยอาหารในร่างกาย (Thammarutwasik และคณะ, 1997)

2.3.1 บทบาทของใยอาหารต่อโรคไขมันอุดตันเส้นเลือด

โรคไขมันอุดตันมีสาเหตุจากอาหารไปเกาะผนังด้านในของเส้นเลือด สารอาหารที่เกาะนั้นได้แก่ไขมัน โปรตีน และคลอเลสเตอรอล ซึ่งเป็นตัวหลักที่ก่อให้เกิดปัญหา เพราะสารคลอเลสเตอรอลที่มีอยู่ในร่างกายจะเปลี่ยนไปเป็นกรดน้ำดี (bile acids) ซึ่งถูกขับออกมาทางลำไส้เล็ก เพื่อช่วยในการย่อยและการดูดซึมกลับของไขมันและคลอเลสเตอรอลจากอาหาร อาหารที่มีใยอาหารสูง ทำให้ระดับคลอเลสเตอรอลในเลือดลดลง เนื่องจากใยอาหารเป็นตัวแยกกรดน้ำดี สารคลอเลสเตอรอล และไขมัน เพื่อขับถ่ายไปกับอุจจาระ ทำให้ไม่มีการดูดซึมกลับของสารเหล่านี้

2.3.2 บทบาทของใยอาหารต่อโรคผนังลำไส้อักเสบ

โรคลำไส้ใหญ่ส่วนบนเป็นแผล ชนิด Blowout protrusion และการติดเชื้อจากจุลินทรีย์ในลำไส้ พบว่าอาหารมีใยอาหารมีบทบาทในการแก้ไขปัญหานี้ เพราะว่า ลำไส้ปกติจะมีการบีบรัดตัวอยู่ตลอดเวลา กรณีที่อุจจาระมีลักษณะแข็งทำให้ผนังลำไส้โดยเฉพาะเส้นโลหิตดำ เกิดอาการโป่ง และบวม อันเป็นสาเหตุเกิดโรค ขณะเดียวกันถ้าอาหารมีใยอาหารมาก ใยอาหารจะอุ้มน้ำทำให้อุจจาระมีลักษณะอ่อนนุ่มอยู่ตลอดเวลา เมื่อลำไส้ใหญ่บีบตัว ก็ไม่ทำให้เกิดแรงกดดันให้เส้นโลหิตดำโป่งพอง

2.3.3 บทบาทของใยอาหารต่อเมตาโบลิซึมของคาร์โบไฮเดรตและโรคเบาหวาน

กรณีที่ระดับโฮโมนทีผิดปกติ เช่น อินซูลิน หลั่งน้อยเกินไป จะมีผลทำให้ระดับกลูคากอน และน้ำตาลในเลือดสูงและ ถูกขับออกไปทางปัสสาวะมากขึ้น ใยอาหารพวกที่ละลายน้ำได้สามารถก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำตาล ทั้งโดยตรงและโดยอ้อม โดยตรงได้แก่มีผลต่อการย่อยและดูดซึมพวกคาร์โบไฮเดรตภายในทางเดินอาหาร โดยจับกับน้ำและน้ำตาลเป็นวุ้นเหนียวทำให้ดูดซึมได้ช้าลง อาหารจะอยู่ในกระเพาะอาหารนานขึ้น และมีผลขัดขวางการทำงานของเอนไซม์จากตับอ่อน ที่ย่อยคาร์โบไฮเดรต โดยอ้อมคือ ทำให้การตอบสนอง ของระดับอินซูลิน และฮอร์โมนจากลำไส้ (entero –hormonal response) ลดลง ทำให้มีความรู้สึกไวต่ออินซูลินมากขึ้น ใยอาหารที่ต่างกัน จะมีผลต่อการควบคุมน้ำตาลต่างกัน

2.3.4 บทบาทของใยอาหารต่อโรคอ้วน

การรักษาโรคอ้วน โดยการลดน้ำหนักลง ต้องทำให้เกิดดุลลบของพลังงาน คือปริมาณอาหารที่กินเข้าไปเพื่อให้พลังงาน ต้องน้อยกว่าพลังงานที่ใช้ ร่างกายจึงสามารถดึงเอาไขมันที่สะสมไว้เผาผลาญเป็นพลังงาน ใยอาหารได้นำมาใช้รักษาโรคอ้วน เนื่องจากใยอาหารไม่มีแคลลอรี่ ใยอาหารที่ละลายน้ำได้จะกลายเป็นเจล เพิ่มความหนืดและการเกาะตัวกันของสารในกระเพาะ ทำให้กระเพาะว่างช้าลง รู้สึกอิ่มได้นาน อัตราการย่อยและการดูดซึมอาหารต่างๆช้าลง นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มปริมาณและเร่งการขับถ่ายอุจจาระ

2.3.5 บทบาทของใยอาหารต่อโรคท้องผูก

ใยอาหารที่ผ่านไปยังลำไส้ใหญ่โดยไม่ถูกย่อย ทำให้มีปริมาณอุจจาระมาก เนื่องจากน้ำหนักของใยอาหาร และน้ำที่ใยอาหารดูดซึมไว้ ทำให้เคลื่อนที่ไปถึงปากทวารเร็วขึ้น

2.3.6 บทบาทของใยอาหารต่อมะเร็งในลำไส้ใหญ่และมะเร็งเต้านม

มะเร็งในลำไส้ใหญ่เกิดจากสารซึ่งอาจเป็นสารเคมี หรือพวกไวรัสบางตัวอยู่ในอุจจาระนั้น ตกค้างอยู่ในลำไส้ใหญ่เป็นเวลานาน ทำให้เกิดการระคายเคือง ในขณะที่ใยอาหาร ทำให้อุจจาระอ่อนนุ่ม และมีการขับถ่ายอยู่เสมอ สารพวกสเตอรอล (sterol), กรดน้ำดี และไขมัน ที่ถูกขับออกมา ยังเป็นตัวสำคัญในการละลายเอาสารเคมีหรือไวรัสออกมากับอุจจาระอีกด้วย ศัลยา คงสมบูรณ์เวช (2544) กล่าวว่าอาหารที่มีใยอาหารสูงและมีไขมันต่ำอาจช่วยป้องกันมะเร็งเต้านมได้ เนื่องจากใยอาหารจับกับฮอร์โมนเอสโตรเจน ทำให้ระดับฮอร์โมนชนิดนี้ในเลือดลดลง เซลล์มะเร็งถูกยับยั้งไม่ให้แพร่พันธุ์ เพราะการมีระดับฮอร์โมนเอสโตรเจนสูงเกินปกติ จะกระตุ้นให้เซลมะเร็งขยายพันธุ์ได้ดี

3. บุก

บุกหรือคอนจัก (Konjac) (วัฒนา วิริวุฒิกร, 2540) มีชื่อเรียกต่างกันตามถิ่นกำเนิดและชนิดของบุกคือ บุก กะบุก มันซูรัน หัวบุก ฟังเพราะ ดอกก้าน กระแท้ง บุกคง คุก เปีย เบือ จอกใหญ่ ฯลฯ (ทิพวัลย์ สุกุมลนันทน์, 2538) เป็นต้น

3.1 ลักษณะทั่วไป

บุก (*Amorphophallus campanulatus* (Roxb) Blume) วงศ์ Araceae (กองวิจัยทางการแพทย์, 2541) (ภาพประกอบ 6) มีลักษณะเป็นหัวใต้ดินแข็ง คล้ายคลึงกับหัวเผือก แต่ทรงแป้นและใหญ่กว่าหัวเผือกมาก ในฤดูแล้งจะโทรม เริ่มฤดูฝนดอกจะงอกออกมาก่อนใบ ช่อดอกเป็นก้านยาวมีกลีบเลี้ยงเป็นแผ่นกว้างสีม่วงแดงตุ่นหุ้มช่อดอก

A

B C D

ภาพประกอบ 6 ต้นบุก (A) ดอกบุก (B) ผลบุก (C) หัวบุก (D)

Konjac plant (A), flower (B), fruits (C) and tuber (D).

ที่มา : มณทิพย์ สิทธิพิพัฒ์ (2545)

ซึ่งมีลักษณะเป็นแท่งให้ช่อดอกยาวโผล่พ้นกลีบเลี้ยงขึ้นมา ช่อดอกประกอบด้วยดอกที่ไม่มีก้านติดกันแน่น และกลิ่นเหม็น ผลสดมีสีแดงเนื้อนุ่ม (ทิพวัลย์ สุกุมลนันทน์, 2538) ถิ่นที่อยู่ของบุกพบทั่วไปในเอเชีย เขตทุ่งราบซาวานาในทวีปแอฟริกา หมู่เกาะในแปซิฟิกตอนใต้ เช่น หมู่เกาะฟิจิ หมู่เกาะโซไซตี้ (ทิพวัลย์ สุกุมลนันทน์ , 2538) ในประเทศไทยแทบทุกภาคมีพืชหัวบุกอยู่กว่า 20 ชนิด ส่วนใหญ่จะเป็นบุกโคราช (มณฑิพย์ สิทธิพิพัฒน์, 2545)

3.2 องค์ประกอบของบุก

หัวบุกประกอบด้วยโมเลกุลของเม็ดแป้งที่ค่อนข้างกลม มีสีที่แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับพันธุ์และวิธีการผลิต เช่นสีขาว สีค่อนข้างขาวออกน้ำตาล เป็นต้น องค์ประกอบส่วนใหญ่ที่พบในบุกคือ กลูโคแมนแนน ซึ่งประกอบด้วยน้ำตาลแมนโนสและน้ำตาลกลูโคสในอัตราส่วน น้ำตาลแมนโนสต่อน้ำตาลกลูโคส 3:2 เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ เบลต้า-1,4 ไกลโคซิดิก ในโมเลกุลเส้นตรงของกลูโคแมนแนนนี้มีกลุ่มอะซิติลกระจายอย่างไม่เป็นแบบแผน โดยจะพบกลุ่มอะซิติล 1 กลุ่ม ต่อน้ำตาลกลูโคสหรือน้ำตาลแมนโนส 19 หน่วย (ภาพประกอบ 7) โมเลกุลมีขนาดใหญ่กว่า 300,000 ดาลตัน (Tye, 1991) กลูโคแมนแนนที่สะอาดบริสุทธิ์จะมีสีขาว ไม่มีกลิ่นและมีสมบัติพิเศษคือเมื่อถูกน้ำจะพองตัวได้ 20-30 เท่า (Sugiyama *et al.*, 1974 อ้างโดย บุบผา เตชะภัทรพร, 2535)

ภาพประกอบ 7 โครงสร้างโมเลกุลของกลูโคแมนแนน

Glucomanan structure.

ที่มา : Tye (1991)

3.3 คุณสมบัติเชิงหน้าที่ของบุก

คุณสมบัติเชิงหน้าที่ของบุกมีหลายด้านได้แก่ (Tyre, 1991)

3.3.1 ความข้นหนืด (Thickening)

เมื่อนำบุกมาผสมกับน้ำ อนุภาคของบุกสามารถดูดซับน้ำเอาไว้แล้วเกิดการพองตัวทำให้ได้สารละลายที่มีความหนืดเพิ่มขึ้น มีลักษณะเป็นของไหลแบบซูโดพลาสติก (pseudoplastic) อัตราการดูดซับน้ำขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและเวลา เมื่อเพิ่มอุณหภูมิมีผลทำให้อัตราการดูดซับน้ำเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้บุกเมื่อใช้ร่วมกับกัม และสารให้ความคงตัวชนิดอื่นเพื่อเพิ่มความหนืดของผลิตภัณฑ์ จะไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงกลิ่นรส และช่วยรักษาความหนืดของระบบให้คงที่ ทั้งในกระบวนการให้ความร้อน และการทำให้เย็น

3.3.2 การเกิดเจล (Gel formation)

การเกิดเจลของบุกเป็นที่น่าสนใจมาก โดยทั่วไปเจลที่ได้จากโพลีแซคคาไรด์เกิดจากโมเลกุลสายยาวเหล่านี้เมื่ออยู่ในสารละลายจะมาเรียงตัวกันเป็นตาข่ายคล้ายกับร่างแห เมื่อให้ความร้อนจนถึงระดับอุณหภูมิหนึ่ง โดยทั่วไปเจลจากโพลีแซคคาไรด์ชนิดอื่นๆจะแยกและสูญเสียโครงข่ายเจล แต่เจลของบุกสามารถส่งผ่านความร้อนไปยังผลิตภัณฑ์ ทำให้ได้เจลที่ทนความร้อนมีความแข็งแรงมาก (Tye, 1991)

3.4 การใช้ประโยชน์จากบุก

3.4.1 ใช้ผลิตเป็นอาหารโดยตรง

โดยใช้ส่วนของยอดอ่อนมาต้มหรือผัด หัวใต้ดินนำมาผลิตเป็น บุกเส้น บุกก้อน น้ำบุก บุกผง และสามารถทำเป็นชิ้น และแผ่นเพื่อทำของหวานร้อนและเย็น (วัฒนา ศิริวุฒิกร, 2543) นอกจากนี้ยังใช้บุกประกอบเป็นอาหารหลายชนิด เช่น แกงกะหรี่หัวบุก บุกก้อนต้มซีฟู้ด บุกเส้นกุ้งแทมปุระ เป็นต้น (อบเชย อิ่มสบาย, 2545)

3.4.2 ใช้เป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์ต่างๆ

บุกมีสมบัติสำคัญประการหนึ่งคือ มีความข้นหนืด และสามารถเกิดเจลได้ จึงนำมาใช้เพื่อเป็นสารให้ความข้นหนืด สารให้ความคงตัว และสารที่ทำให้เกิดเจลในผลิตภัณฑ์อาหาร (Chenney *et al.,* 1984 อ้างโดย บุญฑริกา ยืนยง, 2543) จึงนิยมใช้บุกเป็น

ส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์อาหารชนิดต่างๆเช่น ใช้ผสมในบิสกิตปริมาณร้อยละ 5-25 เพื่อเพิ่มปริมาณใยอาหาร (Caramelli, 1990) ใช้ในไส้กรอกหมูเพื่อทดแทนปริมาณไขมัน (อดิศักดิ์ เอกโสววรรณ, 2540) ใช้เตรียมฟิล์มบริโภคเคลือบผิวของส้มเขียวหวานและไข่ไก่เพื่อลดการเปลี่ยนแปลงสีของผิวส้ม ลดการสูญเสียวิตตามินซีในส้ม และรักษาคุณภาพของไข่ไก่ และการใช้บุกทำเป็นแผ่นฟิล์มบริโภคได้นำมาห่อหุ้มไก่ทอดเพื่อรักษาคุณภาพ (บุณฑริกา ยืนยง, 2543) ใช้ผสมในลูกชิ้น คุกกี้ และ เจเล่ไลท์ (มณฑิพย์ สิทธิพิพัฒน์, 2545)

3.4.3 ทางด้านการแพทย์

วันณรงค์ เหล่าประดิษฐ์ (2541) พบว่าบุกมีข้อดีดังนี้

ก. ให้ผลทางด้านดูดซับ การเปลี่ยนถ่ายน้ำตาลในร่างกายมนุษย์และเหมาะสมอย่างยิ่งสำหรับคนเป็นโรคเบาหวาน

ข. ให้ผลทางด้านดูดซับและการเปลี่ยนถ่ายคลอเลสเตอรอล รวมทั้งไขมันในร่างกายคนให้อยู่ในสภาพปกติ

ค. ให้ผลทางด้านดูดซับสารพิษออกจากร่างกาย ซึ่งมนุษย์ได้รับจากการบริโภคพืชที่ปนเปื้อนจากสิ่งต่าง ๆ ทั้งจากน้ำ อาหาร และอากาศ อยู่เป็นประจำ

ง. ช่วยให้อาหารสัมผัสกับเยื่อบุลำไส้ได้น้อยลง โอกาสที่พิษจะทำลายลำไส้ได้น้อยลง

จ. ทำให้ไม่มีกากอาหารอยู่ในลำไส้ เนื่องจากแบคทีเรียในลำไส้ใหญ่จะช่วยย่อยใยอาหาร และทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ กาซไฮโดรเจน กาซมีเทน และกรดไขมันโมเลกุลสั้น ทำให้ลำไส้บีบตัวได้มากขึ้น อาหารผ่านทวารหนักได้เร็วขึ้น

ฉ. ใช้เป็นอาหารลดความอ้วน โดยเฉพาะบุกไข่ (*A. oneophyllos*) เพราะมีคุณสมบัติพองตัวในน้ำ และการดูดซับไขมันทำให้สามารถลดความอ้วนลงได้ ถ้ารับประทานบุก 10 กรัมต่อวันจะลดน้ำหนักตัวส่วนที่เกินจากปกติ ได้ถึงร้อยละ 40 โดยไม่อ่อนเพลีย นอกจากนี้ยังพบว่าสามารถใช้บุกเพื่อลดน้ำหนักตัวได้ โดยไม่มีผลข้างเคียงต่อร่างกาย (Sugiyama and Shimahara, 1976)

4. ห่อหมก

4.1 ลักษณะทั่วไป

เป็นอาหารดั้งเดิมของคนไทยภาคกลาง แต่ได้รับความนิยมจากคนไทยทุกภาค นอกจากนี้ห่อหมกยังเป็นอาหารไทยที่ชาวต่างชาติรู้จักและนิยม (สมัคร สุนทรเวช, 2542) ห่อหมกเป็นเนื้อปลาขูด ผสมรวมกับน้ำพริกแกง และปรุงแต่งกลิ่นรสด้วยเครื่องปรุงหลายชนิด บรรจุในกระทงใบตองที่มีผักรองอยู่ก้นกระทง และทำให้สุกด้วยการนึ่ง ปลาที่ใช้ผลิตห่อหมกได้แก่ปลาช่อน ปลาอินทรี และปลาเก๋าทะเลเป็นต้น ผักที่ใช้รองกระทงห่อหมกได้แก่ใบยอ ใบโหระพา กระหล่ำปลี และผักกาดขาว เครื่องปรุงหลักของห่อหมกได้แก่ กะทิ น้ำตาล น้ำปลา ไข่ และใบมะกรูด (นภดล ——, 2543) ปัจจุบันมีการประยุกต์ทำห่อหมกในหลายรูปแบบ เช่น ห่อหมกทอด ซึ่งใช้การทำให้สุกด้วยการทอด ห่อหมกทะเลและห่อหมกมะพร้าวอ่อน (สายรุ้ง ——, 2543)

4.2 การแปรรูปห่อหมกในลักษณะต่างๆ

มีการศึกษาเพื่อแปรรูปผลิตห่อหมกในลักษณะแตกต่างกัน เช่น อมรา วงษ์ฟัก (2545) ได้ดัดแปลงใช้วัตถุดิบชนิดต่างๆทำเป็นห่อหมกที่แตกต่างกันได้ 19 ชนิดเช่นห่อหมกเห็ด ห่อหมกหน่อไม้เป็นต้น บุหลัน พิทักษ์พล (2528) ได้ศึกษาการนำปลาป่นอนามัยมาใช้ประโยชน์โดยแปรรูปเป็นห่อหมก จุมพฏ เมฆศิขริน (2533) ผลิตภัณฑ์เนื้อปลาบดปรุงรสบรรจุกระป๋อง โดยใช้ไข่แดง กะทิ ใบมะกรูด ปรุงแต่งกลิ่นรส และเติมวัตถุให้ความคงตัวแก่ผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างกันคือ ไข่ขาว คาราจีแนนและ CMC (carboxy methyl cellulose) นอกจากนี้ อารยา เชาว์เรืองฤทธิ์ (2536) ได้พัฒนานำเศษเนื้อสีดำและสีขาว จากการผลิตปลาทูน่ากระป๋องมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ปรุงรสห่อด้วยผัก แช่เยือกแข็ง และปรุงแต่งรสด้วยน้ำพริกแกง กะทิ ไข่ไก่ และน้ำปลา ห่อส่วนผสมด้วยผักกะหล่ำปลีมีลักษณะแบบห่อหมก และนำไปแช่เยือกแข็ง และบริษัทศรีสุทธิกุล (2542) ได้ผลิตห่อหมกปลาทูน่ากระป๋องเพื่อจำหน่ายเป็นต้น

4.3 การพัฒนาห่อหมกบรรจุกระป๋องจากผลพลอยได้ ที่แยกออกจากการทำบริสุทธิ์ของกระบวนการผลิตซูริมิ

แนวความคิดในการพัฒนานำผลพลอยได้ที่แยกออกจากการทำบริสุทธิ์ของกระบวนการผลิตซูริมิมาใช้ประโยชน์ เพื่อผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ห่อหมกใยอาหารสูงบรรจุกระป๋อง ที่มีคุณค่าทางโภชนาการ และมีคุณลักษณะเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค การให้ความร้อนสูงเพื่อฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์ห่อหมกใยอาหารสูงบรรจุกระป๋อง ซึ่งใช้ผลพลอยได้จากกระบวนการทำบริสุทธิ์ของการผลิตซูริมิเป็นวัตถุดิบ จะทำให้คอลลาเจนในเนื้อเยื่อเกี่ยวพันเปลี่ยนไปอยู่ในรูปเจลลาติน เกล็ดและก้างขนาดเล็กจะนิ่ม แต่เจลของบุกที่เติมลงไปในส่วนผสมจะแข็งแรง และไม่เปลี่ยนแปลงโดยความร้อน (Tye, 1991) ส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ห่อหมกช่วยปรับปรุงคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ได้ เช่น น้ำพริกแกงแดง ทำให้ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นหอม และมีรสเผ็ดร้อน (อรรฆิศา นุชจำเริญ, 2532) ทำให้บดบังกลิ่นคาวปลาของผลพลอยได้ สีของพริกแกงจะช่วยบดบังลักษณะปรากฏของผลพลอยได้ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีน่ารับประทาน และยังให้รสชาติแก่ผลิตภัณฑ์ด้วย ส่วนกะทิซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของห่อหมก (Cheasakul, 1967) โดยกะทิจะช่วยเพิ่มความมัน ทำให้อาหารมีรสชาติดีขึ้น นอกจากนี้กะทิจะช่วยให้เกิดระบบอิมัลชั่นในลักษณะน้ำมันในน้ำ (Seow and Gwee, 1997) และทำหน้าที่เป็นตัวกลางให้ผลพลอยได้ น้ำพริกแกง ไข่ผสมกันอย่างทั่วถึง เมื่อนำไปผ่านการให้ความร้อนก็จะเกิดการเกาะรวมตัวกันดีขึ้น (อารยา เชาว์เรืองฤทธิ์, 2536) สำหรับไข่ขาวจะช่วยให้เกิดความคงตัวของผลิตภัณฑ์ (จุมพฏ เมฆศิขริน, 2533) นอกจากนี้ยังได้คุณค่าทางสมุนไพรเช่น ได้จากส่วนผสมของน้ำพริกแกงแดง ได้แก่กระเทียมมีสรรพคุณคือ ช่วยรักษาโรคท้องอืด ท้องเฟ้อ (ดวงใจ ลิ้มสกุล, 2539) ตะไคร้มีสรรพคุณ เป็นยาแก้หวัด ขับเหงื่อและขับปัสสาวะ (สุพจน์ ศิลาเภสัช, 2543) พริกขี้หนูมีสรรพคุณช่วยขับน้ำคาวปลา แก้ปวดบวม เคล็ดขัดยอกฟกช้ำ และระงับอาการอักเสบ (วัลภา เพ็ญแสงงาม, 2538) การนำผลพลอยได้ที่แยกจากการทำบริสุทธิ์ของกระบวนการผลิตซูริมิ มาใช้ประโยชน์เพื่อแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ห่อหมกที่ผู้บริโภคคุ้นเคย และเติมบุกเพื่อเพิ่มคุณค่าทางอาหาร และเพื่อปรับปรุงคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ โดยผลิตอยู่ในรูปผลิตภัณฑ์บรรจุในกระป๋องจะทำให้สามารถเก็บรักษาได้

นาน และช่วยเพิ่มศักยภาพของการใช้ผลพลอยได้นี้ให้มากขึ้น นอกจากนี้ยังเป็นการสนองความต้องการของประเทศในการผลิต ผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่ม (Virulhakul, 1999)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อใช้ประโยชน์จากผลพลอยได้ที่แยกจากขั้นตอนการทำบริสุทธิ์ ของกระบวนการผลิตซูริมิเพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ห่อหมกใยอาหารสูงบรรจุกระป๋อง
2. เพื่อศึกษาผลของบุก ที่มีต่อกระบวนการผลิตและคุณลักษณะของห่อหมก
3. เพื่อศึกษาการยอมรับของผลิตภัณฑ์ห่อหมกใยอาหารสูงบรรจุกระป๋อง จากผลพลอยได้ของการผลิตซูริมิ
4. เพื่อประเมินต้นทุนของผลิตภัณฑ์ห่อหมกใยอาหารสูงบรรจุกระป๋อง จากผลพลอยได้ของการผลิตซูริมิ