สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานวิจัย

ประจำปีงบประมาณ 2545

เรื่อง การปรับปรุงความเหนียว (Gel strength) ของซูริมิจากปลานิล

RCH
SH
336
.S9A
ร2229

นางระติพร หาเรือนกิจ

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....64418
วัน,เดือน,ปี.....11 ก.ย. 2549

b.....11648178
i.....

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
กรุงเทพฯ 10520

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	
ความเป็นมาและความสำคัญ	1
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	1
ขอบเขตงานวิจัย	5
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	6
ผลการทดลองและวิจารณ์ผล	11
สรุปผลการทดลอง	23
เอกสารอ้างอิง	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

การปรับปรุงค่าความแข็งแรงของเจลของซูริมิจากปลานิล ได้ทำการศึกษาโดยการเติมสาร 2 กลุ่ม คือ สารโปรตีนจากไข่ขาว ร้อยละ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 โปรตีนจากถั่วเหลือง ร้อยละ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 และโปรตีนจากหางนม ร้อยละ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 สารออกซิแดนซ์ 2 ตัว คือ โปแตสเซียมโบรเมต ร้อยละ 0.05, 0.1, 0.15, 0.2, 0.25, 0.3, 0.4 แอสคอร์เบต ร้อยละ 0.05, 0.1, 0.15, 0.2, 0.25, 0.3, 0.4 การใช้สารผสมของสารทั้งสองกลุ่ม ซูริมิสามารถปรับปรุงค่าความแข็งแรงของเจลให้สูงกว่าเดิมได้ โดยการใช้ไข่ขาวร้อยละ 3 โปรตีนจากถั่วเหลืองไม่เกินร้อยละ 4 และโปรตีนจากหางนมไม่เกินร้อยละ 1 ไข่ขาวให้คุณภาพของเจลดีที่สุด การใช้โปรแตสเซียมโบรเมตในระดับ ร้อยละ 0.2 ให้ค่าความแข็งแรงของเจลดีที่สุด ส่วนโซเดียมแอสคอร์เบตใช้ได้ดีในระดับ ร้อยละ 0.25 สารผสมที่ให้ค่าความแข็งแรงของเจลสูงสุด คือ ไข่ขาวร้อยละ 3.0 ร่วมกับโปแตสเซียมโบรเมต ร้อยละ 0.2

Abstract

Improvement of gel strength of tilapia surimi was studied by the addition of two groups of chemicals including proteins and oxidants. Egg white at 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 %; whey protein at 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 % and soy protein at 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7% were used. Potassium bromate at 0.05, 0.1, 0.15, 0.2, 0.25, 0.3, 0.4 % and sodium ascorbate at 0.05, 0.1, 0.15, 0.2, 0.25, 0.3, 0.4 % were used. The combination of those two were tested. Gel strength was increased by an addition of 3% of egg white and not more than 4% and 1% of soy protein and whey protein respectively. Egg white was the most suitable for gel improvement. Potassium bromate and sodium ascorbate were suitable at 0.2 and 0.25% levels respectively. The combination of 3% of egg white and 0.2% of potessium bromate gave the highest gel strength.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

สัตว์น้ำเป็นแหล่งอาหารโปรตีนที่สำคัญของมนุษย์ แต่ด้วยเหตุผลหลายประการยังคงพบว่ามีปลาหลายชนิดที่ไม่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค มีปลาเพียงไม่กี่ชนิดเท่านั้นที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจสูง จึงได้มีการแสวงหาแนวทางเพิ่มการใช้ประโยชน์และเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจแก่ปลาที่มีการใช้ประโยชน์ต่ำหรือเศษเหลือจากกระบวนการผลิตที่ยังคงมีคุณภาพในระดับที่สามารถใช้ผลิตอาหารได้ เช่น เนื้อปลาที่ติดกับก้างปลาจากขั้นตอนการแล่ เป็นต้น

ซูริมิเป็นผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำชนิดหนึ่งที่สามารถเพิ่มแนวทางการใช้ประโยชน์จากปลาโดยนำไปเป็นวัตถุดิบในการทำผลิตภัณฑ์ได้อีกหลากหลายชนิดเช่น เนื้อปูเทียม ลูกชิ้นปลา คุณลักษณะที่สำคัญของซูริมิคือการมีคุณสมบัติเชิงหน้าที่ที่ดี ได้แก่ ความสามารถในการเกิดเจลทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะยืดหยุ่น (elasticity) องค์ประกอบหลักที่จะทำให้ซูริมิมีความสามารถในการเกิดเจลที่ดีคือปริมาณและคุณภาพของโปรตีน เจลของซูริมิเกิดจากโปรตีนในกลุ่มไมโอไฟบริลาร์โปรตีน (myofibrillar protein) จับกันด้วยพันธะชนิดต่างๆเพื่อเป็นโครงร่างตาข่าย (net work)แบสามมิติ โดยทั่วไปโปรตีนจากปลามักเกิดการสูญเสียสภาพธรรมชาติได้ง่ายจากสภาวะแวดล้อมภายนอก เช่น อุณหภูมิสูง การจัดการหลังการจับปลาที่ไม่ถูกต้อง และกิจกรรมของเอนไซม์ เป็นต้น จึงมีการศึกษาถึงวิธีการที่จะส่งเสริมหรือเพิ่มความสามารถในการเกิดเจลของซูริมิ เช่น การเติมส่วนผสมของโปรตีนเพื่อเพิ่มการสร้างโครงสร้างร่างแหของโปรตีน และการเติมสารที่ช่วยเสริมความแข็งแรงของเจล ดังนี้เป็นต้น

ค่าเจลของซูริมิปลานิลโดยทั่วไปไม่สูงเท่ากับเจลที่ได้จากปลา Alaska Pollack ซึ่งจัดว่าเป็นเจลที่มีคุณภาพดี ส่วนคุณภาพด้านอื่นเช่นสี กลิ่นจัดอยู่ในเกณฑ์ดี ความแข็งแรงของเจลเป็นปัจจัยสำคัญในการนำซูริมิไปทำผลิตภัณฑ์ งานวิจัยนี้จึงศึกษาความเหมาะสมในการนำโปรตีนจากแหล่งอื่น สารโปรแตสเซียมโบรเมตและโซเดียมแอสคอร์เบตมาช่วยเพิ่มความแข็งแรงของเจลของซูริมิปลานิล

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปลานิลมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Tilapia nilotica* เป็นปลาน้ำจืดชนิดหนึ่งอยู่ในตระกูล Cichlidae มีถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปแอฟริกา พบได้ทั่วไปตามทะเลสาปและแม่น้ำ เป็นปลาที่กินพืช ปลาชนิดนี้จึงเป็นปลาที่ให้ผลผลิตสูง อยู่ได้ทั้งน้ำจืดและ น้ำกร่อย มีความอดทน และสามารถปรับตัวให้เข้ากับธรรมชาติได้ง่าย เหมาะสมที่จะนำมาเพาะเลี้ยงในบ่อได้เป็นอย่างดี สำหรับแหล่งผลิตปลานิลที่สำคัญในประเทศไทยอยู่ในแถบภาคกลาง ปลานิลจัดได้ว่าเป็นอาหารที่มีโปรตีนสูง และราคาปลาสดทั้งตัวค่อนข้างถูกเมื่อเปรียบเทียบกับราคาของเนื้อวัว เนื้อหมู เนื้อเป็ด และเนื้อไก่ จากการวิเคราะห์ทางด้านคุณค่าทางโภชนาการของปลานิลประกอบด้วย โปรตีน ร้อยละ19.05 ไขมัน ร้อยละ 0.95 ความชื้นร้อยละ 78.90 และเถ้า ร้อยละ 1.1 (เพิ่มพูน, 2531)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปลานิลสามารถนำไปแปรรูปเป็นปลาร้า ปลารมควัน ปลาส้ม หรือปลาแล่ได้เช่นเดียวกับปลาน้ำจืดชนิดอื่น จุดอ่อนของปลานิลคือมักจะมีกลิ่นโคลนและบริเวณท้องจะมีสีดำ จากรายงานวิจัยพบว่าปลานิลนำไปทำเป็นซูริมิได้แต่มีค่า gel strength ต่ำ การแช่น้ำแข็ง ขนาดของปลา และการล้างปลา มีผลต่อค่า gel strength ของซูริมิ (พิมพ์ใจ, 2541) การเกิดเจลและอุณหภูมิการเกิดเจล มีผลต่อคุณสมบัติทางเนื้อสัมผัสและสีของซูริมิปลานิล (สุวรรณ, 2543)

ซูริมิ และผลิตภัณฑ์

ซูริมิ (Surimi) หมายถึง เนื้อปลาบดที่ได้จากการนำปลาสดที่ผ่านการตัดหัว ควักไส้ มาผ่านกรรมวิธี แยกเนื้อปลาออกจากกระดูก นำไปบดให้มีขนาดเล็กและล้างด้วยน้ำเย็น จึงนำไปผ่านกรรมวิธีบีบน้ำออก ผสมกับวัตถุเจือปนอาหารเพื่อป้องกันการเสียธรรมชาติของโปรตีนจากความเย็น (cryoprotectant) บรรจุลงในถุงพลาสติก นำไปผ่านกรรมวิธีเยือกแข็งและให้อุณหภูมิที่จุดกึ่งกลางของผลิตภัณฑ์ไม่ต่ำกว่า –18 องศาเซลเซียส จากนั้นจึงนำไปเก็บรักษาโดยควบคุมอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ไว้ที่ –18 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่าตลอดเวลา

ผลิตภัณฑ์จากซูริมิ (Surimi – based product) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำซูริมิแช่เยือกแข็งที่ผ่านการละลายอย่างไม่สมบูรณ์ หรือซูริมิสดบดสับผสมกับเกลือในปริมาณที่เหมาะสม(ไม่เกินร้อยละ 3) เพื่อละลายโปรตีนไมโอไฟบริลลาร์ พร้อม ๆ กับการเติมส่วนผสมอื่น ๆ ที่ต้องการ เช่น แป้ง ผงชูรส สารให้กลิ่นรส หรือผัก แล้วขึ้นรูปด้วยวิธีการต่างๆ เช่น การทำให้เกิดลักษณะเส้นใย เพื่อนำไปทำปูเทียม หรือขึ้นรูปด้วยพิมพ์รูปแบบต่างๆ การให้ความร้อนอาจจะเป็นการ ต้ม ปิ้งย่าง ทอด เพื่อให้เกิดความคงตัวของรูปร่างของผลิตภัณฑ์ สร้างลักษณะเนื้อสัมผัสที่ต่างกัน รวมทั้งเป็นการลดปริมาณจุลินทรีย์ สูตรในการทำผลิตภัณฑ์จากซูริมิจะขึ้นอยู่กับลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ ราคา ส่วนผสม (ingredients) ต่าง ๆที่ใช้ ความคงตัวของผลิตภัณฑ์ และคุณค่าทางโภชนาการ

การเกิดเจล

เจลมีลักษณะก้ำกึ่งระหว่างของแข็งและของเหลว โครงสร้างของเจลโปรตีนเกิดจากโมเลกุลของโปรตีนจับกันด้วยพันธะชนิดต่าง ๆ เช่น พันธะไฮโดรเจน พันธะไดซัลไฟด์ แรงแวนเดอร์วาลส์ แรงระหว่างขั้วไฟฟ้า แรงกระทำระหว่างหมู่ไม่ชอบน้ำ เกิดเป็นโครงร่างตาข่าย 3 มิติ ที่มีความสามารถในการจับโมเลกุลของน้ำหรือสารอื่นที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำไว้ภายในโครงร่างตาข่าย การสูญเสียน้ำจึงทำให้เจลขาดความยืดหยุ่น กระบวนการเกิดเจลประกอบด้วยขั้นตอนที่สำคัญ 2 ขั้นตอนคือขั้นตอนแรกเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงโครงร่างโมเลกุลของโปรตีนซึ่งมักจะเป็นผลจากการได้รับความร้อน ทำให้เกิดการคลายตัวของโมเลกุลในขณะเดียวกันจะเริ่มมีการจับตัวกันระหว่างโมเลกุลโปรตีนบางส่วนที่คลายตัวออกมา ทำให้ขนาดของโมเลกุลโปรตีนใหญ่ขึ้น การสูญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เสียสภาพธรรมชาติของโปรตีนจึงเกิดขึ้น ทำให้ความหนืดของระบบโปรตีนเพิ่มขึ้น ในขั้นตอนที่สองโปรตีนซึ่งสูญเสียสภาพธรรมชาติหรือโมเลกุลที่คลายตัวอย่างสมบูรณ์แล้วจะรวมตัวกันหรือจับกันอย่างช้า ๆ เกิดเป็นโครงร่างตาข่าย ความหนืดของระบบจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วมาก เมื่อถูกความร้อนเจลก็จะคงตัว มีคุณสมบัติบางประการคล้ายกับของแข็งที่มีความยืดหยุ่น เจลที่เกิดขึ้นจะไม่สามารถคลายตัวกลับสู่สภาพเดิมได้ (irreversible gel)

การปรับปรุงความแข็งแรงของเจลซูริมิ

ความแข็งแรงของเจลจากซูริมิเกิดจากปัจจัยต่างๆที่มาจากทั้งตัววัตถุดิบเองและจากสภาพแวดล้อมอื่นๆ การใช้สารในการปรับปรุงเนื้อสัมผัสของเจลเป็นวิธีการหนึ่งที่นิยมใช้ในกระบวนการทำผลิตภัณฑ์จากซูริมิ ในทางการค้าสารเหล่านี้มีอยู่ด้วยกันหลายชนิด และอาจแบ่งได้ 2 กลุ่มใหญ่คือ สารที่เกี่ยวข้องกับการเกิดพันธะของโปรตีน(กลุ่มสารออกซิแดนซ์) กับสารโปรตีนที่สามารถเกิดเจลได้เอง

1. สารที่ช่วยให้เกิดพันธะของโปรตีน

โปแตสเซียมโบรเมต (Potassium Bromate)

โปแตสเซียมโบรเมตทำให้เกิดการออกซิเดชันของหมู่ซัลไฮดริลในซูริมิและเปลี่ยนไปเป็นพันธะไดซัลไฟด์ระหว่างสายโพลีเปปไทด์และจากนั้นจึงเกิดการรวมตัวกันของโปรตีน ซึ่งมีผลทำให้ค่าความหนืดของระบบเพิ่มขึ้นด้วย นอกจากนี้เมื่อนำโปแตสเซียมโบรเมตมาทดสอบร่วมกับการใช้ไข่ขาวผงพบว่ามีความสามารถในการช่วยปรับปรุงคุณภาพของซูริมิ โดยไข่ขาวผงและโปแตสเซียมโบรเมตจะมีความสามารถในการยับยั้งเอนไซม์อัลคาไลน์โปรตีเอส (alkaline protease) (สุแพรว พันธ์และคณะ, 2542) เมื่อทำปฏิกิริยาร่วมกันจึงมีผลทำให้ค่าความแข็งแรงของเจลเพิ่มขึ้น

กรดแอสคอร์บิก (Ascorbic acid)

กรดแอสคอร์บิกมีการใช้กันอย่างกว้างขวางในการปรับปรุงคุณภาพโดจากแป้ง กรดแอสคอร์บิกที่เติมลงไปจะถูกออกซิไดซ์อย่างรวดเร็วกลายเป็นกรดดีไฮโดรแอสคอร์บิก (Dehydroascorbic acid: DHA) ซึ่ง DHA ที่เกิดขึ้นนี้สามารถออกซิไดซ์กรดกลูตาไธออน (Glutathione acid) เพื่อทำให้เกิดสะพานเชื่อมไดซัลไฟด์ขึ้นระหว่างโมเลกุลของโปรตีนได้ด้วย เกลือของกรดแอสคอร์บิกเช่นโซเดียมแอสคอร์เบต (Sodium ascorbate) นิยมนำมาใช้ในซูริมิเพื่อทำให้ความแข็งแรงของเจลเพิ่มขึ้น ปริมาณที่ใช้คือร้อยละ 0.2 ของน้ำหนักซูริมิ (Lee *et al,* 1992) สำหรับกลไกการเพิ่มความแข็งแรงของเจลโดยเกลือแอสคอร์เบต นอกจากการสร้างพันธะแล้วแอสคอร์เบตยังไปเพิ่มหมู่ที่ไม่ชอบน้ำ (hydrophobicity) ที่บริเวณผิวของโปรตีน ทำให้มีการเกิดการรวมตัว (polymerization) ของโปรตีนมากขึ้น และความแข็งแรงของเจลเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้และเนื้อหาภายในเป็นลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ห้ามมิให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. โปรตีนจากแหล่งอื่น

โปรตีนจากแหล่งอื่น ๆ ที่ใช้เติมในซูริมิที่สำคัญ ได้แก่ โปรตีนไข่ขาว โปรตีนพลาสมาจากเลือดวัว โปรตีนถั่วเหลือง และโปรตีนหางนมเข้มข้น ซึ่งผลของการเติมโปรตีนแต่ละชนิดต่อคุณภาพเจลของซูริมิจะแตกต่างกันออกไป

โปรตีนไข่ขาว (Egg White Protein)

โปรตีนในไข่ขาวหรือ albumin มักใช้ในผลิตภัณฑ์เลียนแบบที่ทำจากซูริมิเช่น ปูเทียม หอยเซลล์เทียม เป็นต้น รูปแบบของไข่ขาวที่ใช้คือไข่ขาวดิบแช่เยือกแข็ง และไข่ขาวผง ระดับที่ใช้คือช่วงร้อยละ 3 – 10 (Lee *et al*, 1990) ซูริมิที่มีการเติมไข่ขาวผงจะมีค่าความแข็งแรงของเจลเพิ่มขึ้นเมื่อมีการให้ความร้อน ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส โปรตีนจากไข่ขาวและโปรตีนจากเนื้อปลามีการคลายตัวของสายโพลีเปบไทด์ และเมื่อมีการให้ความร้อนแก่เนื้อปลาจนสุกโปรตีนจากเนื้อปลาและโปรตีนจากไข่ขาวเกิดการสูญเสียสภาพธรรมชาติอย่างสมบูรณ์ ทำให้ความแข็งแรงของเจลซูริมิเพิ่มขึ้น

โปรตีนถั่วเหลือง (Soy Protein Isolate, SPI)

ใช้มากในอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับเนื้อสัตว์ เนื่องจากมีความสามารถในการจับกับน้ำและไขมันได้ดีทำให้เกิดสภาพอิมัลชั่นที่ดี และมีความสามารถในการเกิดเจลระหว่างการให้ความร้อน การใช้ในปริมาณมากจะมีผลทำให้ของผลิตภัณฑ์มีสีครีมและมีกลิ่นรสของถั่ว ซึ่งมีผลกระทบต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์สุดท้าย

โปรตีนหางนม (Whey Protein Concentrate, WPC)

โปรตีนหางนม สามารถใช้เป็นส่วนประกอบที่พิ่มความสามารถในการจับกับโมเลกุลของน้ำ อนุภาคของโปรตีนหางนมมีขนาดเล็กและสามารถกระจายตัวได้ดีมากในเฟสต่อเนื่องของเจลซูริมิ ทำให้เกิดการขัดขวางการเกาะตัวกันของโครงสร้างของเจลที่เกิดจากโปรตีนไมโอไฟบริลลาร์ ทำให้โครงสร้างของเจลที่เกิดขึ้นมีความอ่อนตัว (Burgrella *et al* , 1985) ความสามารถในการเพิ่มความแข็งแรงของเจลซูริมิจึงค่อนข้างต่ำ มักเติมเพื่อลดต้นทุนการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขอบเขตงานวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลของการนำโปรตีนจากแหล่งอื่นและสารออกซิแดนท์ มาเพิ่มค่าความแข็งแรงของเจล (Gel strength) ซูริมิปลานิลเพื่อให้ได้ซูริมิที่มีค่า Gel strength สูงขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์ดังนี้

1. ศึกษาผลของการให้ความร้อนต่อค่าความแข็งแรงของเจลซูริมิปลานิล
2. ศึกษาผลของการเติมไข่ขาวผงในซูริมิปลานิลก่อนและหลังการแช่เยือกแข็งต่อค่าความแข็งแรงของเจล
3. ศึกษาระดับที่เหมาะสมของการเติมโปรตีนจากแหล่งอื่นและสารออกซิแดนท์
4. ศึกษาผลของการใช้ร่วมกันระหว่างโปรตีนจากแหล่งอื่นกับสารออกซิแดนท์
5. ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ซูริมิปลานิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1. **วัตถุดิบ** ปลานิล (*Tilapia nilotica*)จากบ่อปลาในเขตลาดกระบัง
2. **สารเคมี**

โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต
น้ำตาลทราย
เกลือ
โปแตสเซียมโบรเมต
โซเดียมแอสคอร์เบต
โปรตีนไข่ขาวผง
โปรตีนถั่วเหลือง
โปรตีนหางนม

3. **อุปกรณ์**

ตู้แช่แข็ง (ยี่ห้อ Ariston)
เครื่องแยกเนื้อปลาและกระดูก (ผลิภัณฑ์ประเทศไทย)
เครื่องอัดซูริมิ (จัดทำเอง)
เครื่องชั่ง
เครื่องบดเนื้อโปรตีน(ผลิภัณฑ์ประเทศไทย)
เครื่องบดผสม Moulinex (Master chef 350)
Water Bath (Memmert)
เครื่องวัดลักษณะ เนื้อสัมผัสTexture analyzer (TAXT-2)

วิธีการศึกษาและแผนการทดลอง

1. การเตรียมซูริมิ

นำปลานิลขนาด 300-500 กรัม ล้างน้ำ ขอดเกล็ด ตัดหัว และควักไส้ นำไปแยกเนื้อและกระดูกด้วยเครื่อง แยกกระดูก (Deboner) นำไปผ่านเครื่องบดเนื้อ (Mincer) แล้วจึงนำไปล้างด้วยน้ำเย็น บีบเอาน้ำออก และผสม cryoprotectant (น้ำตาลทราย ร้อยละ 4 และ ฟอสเฟตร้อยละ 0.3) บรรจุในถุงพลาสติกปิดผนึกด้วยระบบสุญญากาศ นำไปแช่แข็งที่ –18 °Cเพื่อใช้ในการทดลองต่อไป ขั้นตอนการเตรียมซูริมิแสดงใน Flow chart ข้างล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปลานิลสด

↓

ขอดเกล็ด, ควักไส้

↓

ล้างน้ำเย็น

↓

แยกเนื้อปลาและกระดูก (meat-bone separator)

↓

บดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดเนื้อ (meat mincer)

↓

ล้างเนื้อปลาบดด้วยน้ำเย็น (ปลา : น้ำ=1:4) 3 ครั้ง

↓

แยกเนื้อและน้ำ

↓

บีบน้ำออกจากเนื้อปลา

↓

ขจัดสิ่งปนเปื้อน(เกล็ดปลาและอื่นๆ)

↓

ผสมกับ cryoprotectant (น้ำตาลทรายร้อยละ 4, phosphate 0.3 %)

↓

บรรจุในถุงพลาสติกปิดผนึกแบบสุญญากาศ

↓

แช่เยือกแข็ง (-18 องศาเซลเซียส)

รูปที่ 1 การเตรียมซูริมิปลานิล

2. แผนการทดลอง

2.1 ศึกษาผลของการให้ความร้อน แก่ซูริมิที่มีต่อค่าความแข็งแรงของเจล

นำซูริมิปลานิลที่แช่แข็งมาละลายแล้วบดผสมกับเกลือร้อยละ 3 บรรจุลงในถุงโพลีโพรพิลีน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.7 ซม. โดยใช้เครื่องอัดซูริมิ และมัดปลายทั้ง 2 ข้างด้วยเชือก นำไปให้ความร้อน 3 รูปแบบ ดังนี้

รูปแบบที่ 1 คือการให้ความร้อนครั้งเดียว โดยการต้มซูริมิในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที แล้วแช่ในน้ำเย็น เพื่อปรับอุณหภูมิให้เท่ากับอุณหภูมิห้อง เก็บในตู้เย็น 1 คืน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบที่ 2 คือการให้ความร้อนครั้งเดียวแต่ปล่อยให้ซูริมิผ่านการจัดเรียงตัว (setting) ที่อุณหภูมิห้อง(28-29 องศาเซลเซียส) 20 นาทีก่อน จึงนำไปต้มในน้ำร้อน 90 องศาเซลเซียส 20 นาที แล้วแช่ในน้ำเย็น เพื่อปรับอุณหภูมิให้เท่ากับอุณหภูมิห้อง เก็บในตู้เย็น 1 คืน

รูปแบบที่ 3 คือการให้ความร้อน 2 ครั้ง คือครั้งที่ 1 ใช้อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส โดยมีระยะเวลาแตกต่างกันคือ 5, 10, 15 และ 20 นาที และครั้งที่ 2 ใช้อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที แล้วแช่ในน้ำเย็น เพื่อปรับอุณหภูมิให้เท่ากับอุณหภูมิห้อง เก็บในตู้เย็น 1 คืน

จากนั้นนำเจลซูริมิปลานิลที่ได้มาทดสอบค่าความแข็งแรงของเจลตาม ข้อ 3

การทดลองศึกษาผลของการให้ความร้อนแก่ซูริมิทำ 3 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design)

2.2 ศึกษาผลของการเติมไข่ขาวผงในซูริมิก่อนและหลังการแช่เยือกแข็งต่อค่าความแข็งแรงของเจล

การเติมก่อนการแช่แข็ง โดยนำซูริมิที่เตรียมได้ตามข้อ 1. ผสมกับสาร cryoprotectants และไข่ขาวผงร้อยละ 1.0 บรรจุในถุงและปิดผนึกแบบสุญญากาศ นำไปแช่เยือกแข็งโดยใช้อุณหภูมิประมาณ –18 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 24 ชั่วโมง จึงนำไปทดสอบค่า gel strength ตามวิธีใน ข้อ 3

การเติมหลังจากที่ซูริมิผ่านการแช่แข็งแล้วเป็นเวลา 7 วัน โดยการนำซูริมิที่ผ่านการละลายมาบดผสมกับเกลือร้อยละ 3 และไข่ขาวผงร้อยละ 1.0 นำไปทดสอบค่า gel strength ตามวิธีใน ข้อ 3

การทดลองศึกษาผลของการเติมไข่ขาวผงในซูริมิก่อนและหลังการแช่เยือกแข็งทำ 3 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design)

2.3 ศึกษาระดับที่เหมาะสมของการใช้โปรตีนและสารออกซิแดนท์เพิ่มค่าความแข็งแรงของเจล

นำซูริมิปลานิลที่ผ่านการละลายมาบดผสมกับเกลือร้อยละ 3 และสารเสริมอาหารตามชนิดและความเข้มข้นที่ต้องการศึกษา นำไปทดสอบค่า gel strength ตามวิธีใน ข้อ 3

1 กลุ่มโปรตีนจากแหล่งอื่น ได้แก่

- โปรตีนไข่ขาวผง (Egg white protein) ความเข้มข้นที่ใช้ 7 ระดับ คือ ร้อยละ 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0 และ 7.0 โดยน้ำหนักของซูริมิ
- โปรตีนถั่วเหลือง (Soy protein isolate) ความเข้มข้นที่ใช้ 7 ระดับ คือ ร้อยละ 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0 และ 7.0 โดยน้ำหนักของซูริมิ
- โปรตีนหางนม (Whey protein concentrate) ความเข้มข้นที่ใช้ 7 ระดับ คือร้อยละ 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0 และ 7.0 โดยน้ำหนักของซูริมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. กลุ่มสารออกซิแดนท์ ได้แก่

- โปแตสเซียมโบรเมต (Potassium bromate) ความเข้มข้นที่ใช้ 7 ระดับ คือร้อยละ 0.05 , 0.1, 0.015, 0.2, 0.25, 0.3 และ 0.4 โดยน้ำหนักของซูริมิ
- โซเดียมแอสคอร์เบต (Sodium ascorbate) ความเข้มข้นที่ใช้ 7 ระดับ คือร้อยละ 0.05 , 0.1, 0.015, 0.2, 0.25, 0.3 และ 0.4 โดยน้ำหนักของซูริมิ

การทดลองศึกษาผลของการเติมโปรตีนและสารออกซิแดนท์ในซูริมิทำการทดลอง 3 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design)

2.4 ศึกษาผลของการใช้โปรตีนร่วมกับสารออกซิแดนท์เพื่อเพิ่มค่าความแข็งแรงของเจล

นำซูริมิปลานิลที่ผ่านการละลายมาบดผสมกับเกลือร้อยละ 3 และเติมสารเสริมทั้ง 2 กลุ่มที่ได้ศึกษาจากข้อ 2.3 คือ สารกลุ่มโปรตีน(โปรตีนไข่ขาวผง, โปรตีนหางนม และโปรตีนถั่วเหลือง) และกลุ่มสารออกซิแดนท์ (โปแตสเซียมโบรเมตและโซเดียมแอสคอร์เบต) โดยเลือกระดับของสารแต่ละชนิดในระดับที่ให้ค่าความแข็งแรงของเจลซูริมิปลานิลสูงที่สุด

3. การวัดค่า gel strength

3.1 การเตรียมเจลซูริมิ (Gel preparation)

นำซูริมิที่ละลายแล้วมาหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ บดผสมกับเกลือ (3) โดยเครื่องบดผสม จากนั้นนำซูริมิที่ผสมแล้วใส่เครื่องอัดเพื่ออัดซูริมิลงในถุงพลาสติกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.7 มม มัดหัวท้ายให้แน่น แล้วนำไปให้ความร้อนโดยการแช่ในน้ำอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที แล้วต้มต่อที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส 20 นาที หลังจากนั้นแช่ในน้ำเย็นเพื่อปรับอุณหภูมิให้เท่ากับอุณหภูมิห้อง แล้วนำไปเก็บในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส 1 คืน แล้วจึงนำไปตรวจสอบคุณภาพ (สถาบันวิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ, 2541)

3.2 การวัดค่าความแข็งแรงของเจล

ตัดชิ้นเจลของซูริมิที่ให้มีความยาว 3 เซนติเมตร นำไปทดสอบค่าความแข็งแรงของเจลด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture analyzer) โดยใช้หัววัดลูกตุ้มทรงกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร ค่าความแข็งแรงของเจลคำนวณจาก

$$\text{Gel strength , (g*cm)} = F \times D$$

F คือ ค่าแรงกด (Force) มีหน่วยเป็นกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

D คือ ค่าระยะทางที่ถูกกดจนเป็นรอยแตก (Distance) มีหน่วยเป็นเซนติเมตร

ค่าแรงกดเป็นแรงที่ใช้ในการกดหัววัดลงบนผิวหน้าของชิ้นตัวอย่างซูริมิแสดงถึงความแข็ง (Hardness) ของผลิตภัณฑ์ ส่วนค่าระยะทางที่ถูกกดจนเป็นรอยแตกหรือค่า D นั้นจะแสดงถึงความเหนียวของผลิตภัณฑ์

3.3 การทดสอบ Gel strength ด้วยวิธีการพับ (Folding test)

ตัดตัวอย่างซูริมิให้มีความหนา 5 มิลลิเมตร พับครึ่งและพับครึ่งต่อ(เป็นสี่ส่วน) คงไว้ 5 วินาที ตรวจการแตกของแผ่นเจล โดยการให้คะแนนดังนี้ (สถาบันวิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ, 2533)

AA	ไม่แตกเมื่อพับสี่ส่วน
A	แตกเล็กน้อยเมื่อพับสี่ส่วน
B	แตกเล็กน้อยเมื่อพับครึ่ง
C	แตก (แต่ 2 ชิ้นยังติดกัน) เมื่อพับครึ่ง
D	แตกขาดออกจากกันเมื่อพับครึ่ง

4. การทดสอบทางประสาทสัมผัส

นำซูริมิที่ได้จากการทดลองที่ให้ค่าความแข็งแรงของเจลสูงที่สุด ไปผลิตเป็นลูกชิ้นปลา จากนั้นทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยผู้ชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝน 20 คน โดยการให้คะแนนความชอบแบบ 9 – point Hedonic Scale ประเมินคุณค่าทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะเนื้อสัมผัส ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รส และการยอมรับโดยรวม

5. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

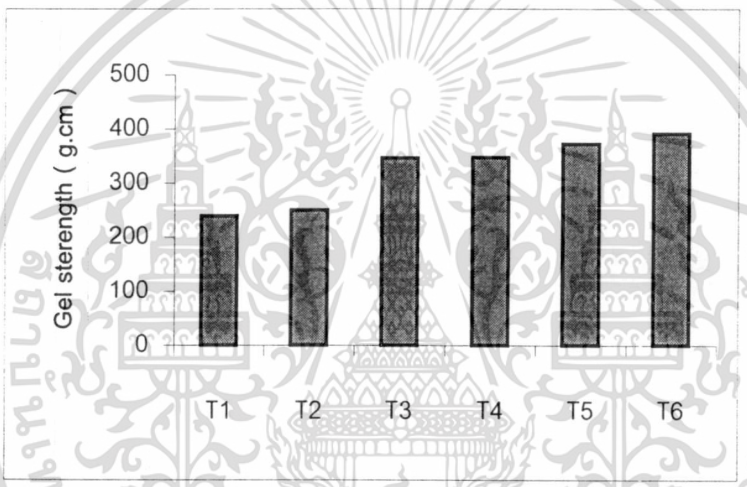
วิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้ ANOVA เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป Statistical Package for the Social Science (SPSS) Version 9.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ผลการศึกษาการให้ความร้อนแก่ซูริมิที่มีต่อค่าความแข็งแรงของเจลซูริมิปลานิล

จากการศึกษาผลของการให้ความร้อนแก่ซูริมิปลานิลที่อุณหภูมิและระยะเวลาต่างกัน พบว่าในการให้ความร้อน 2 ระดับ คือ อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที และ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที จะเป็นช่วงการให้ความร้อนที่ทำให้ซูริมิปลานิลมีค่าความแข็งของเจลสูงสุด คือมีค่าความแข็งแรงของเจลเฉลี่ยอยู่ที่ 392 กรัม-เซนติเมตร (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 ค่าความแข็งแรงของเจลซูริมิปลานิลที่ผ่านการให้ความร้อนในรูปแบบต่าง ๆ กัน

โดยที่ T1 คือ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส 30 นาที

T2 คือ อุณหภูมิห้อง 20 นาที และ 90 องศาเซลเซียส 20 นาที

T3 คือ อุณหภูมิ40 องศาเซลเซียส 5 นาที และ 90 องศาเซลเซียส 20 นาที

T4 คือ อุณหภูมิ40 องศาเซลเซียส 10 นาที และ 90 องศาเซลเซียส 20 นาที

T5 คือ อุณหภูมิ40 องศาเซลเซียส 15 นาที และ 90 องศาเซลเซียส 20 นาที

T6 คือ อุณหภูมิ40 องศาเซลเซียส 20 นาที และ 90 องศาเซลเซียส 20 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การให้ความร้อนเพื่อให้โปรตีนมีการจัดเรียงตัว (setting) นับว่ามีความสำคัญต่อการเพิ่มค่าความแข็งแรงของเจลของปลาโดยที่ระดับความร้อนที่ 40 – 50 องศาเซลเซียส จะเพิ่มความแข็งแรงและความยืดหยุ่นของเจลซูริมิดีกว่าการไม่ให้ความร้อน เวลาที่ให้ความร้อนในช่วงนี้ต้องไม่ต่ำกว่า 15นาที โปรตีนmyofribillarที่สกัดออกมาด้วยเกลือมีลักษณะที่เรียกว่าโซล (sol) โมเลกุลของโปรตีนเริ่มคลายตัวมากขึ้นเมื่อได้รับความร้อนประมาณ 50 องศาเซลเซียสโปรตีนจะเริ่มจัดเรียงตัวเป็นโครงร่างตาข่าย โปรตีนไมโอซินจากสัตว์น้ำทนต่อความร้อนได้ต่ำกว่าไมโอซินจากเนื้อสัตว์อื่น (จักรี, 2544) การออกซิเดชันของหมู่ซัลไฮดริล (SH) เป็นพันธะไดซัลไฟด์ (SS) ของโปรตีนแอคโตไมโอซินและไมโอซินที่อยู่ในเนื้อปลาก็เริ่มเกิดอย่างช้า ๆ ที่อุณหภูมิ 40 – 45 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นการเพิ่มความแข็งแรงให้แก่เจล โซลจะเปลี่ยนเป็นเจลเรียกว่า ซูวาริเจล (suwari gel) เมื่อเจลได้รับความร้อนสูงขึ้นที่ 90 องศาเซลเซียส ในเวลาที่เหมาะสมโปรตีนจะเกิดการการจัดเรียงตัวอย่างสมบูรณ์ ทำให้เกิดเจลที่แข็งแรง เรียกว่า อาชิ (ashi gel) มีลักษณะค่อนข้างแข็งและยืดหยุ่น

การให้ความร้อนสองช่วงจะช่วยให้เจลผ่านช่วงอุณหภูมิ 60 – 70 องศาเซลเซียส ไปโดยเร็ว เนื่องจากที่อุณหภูมินี้เอนไซม์อัลคาไลน์โปรตีเอสที่ทนความร้อนจะทำงานได้ดีและย่อยโปรตีนไปบางส่วนทำให้เจลซูริมิมีลักษณะนิ่มเรียกว่า โมโดริ (modori)

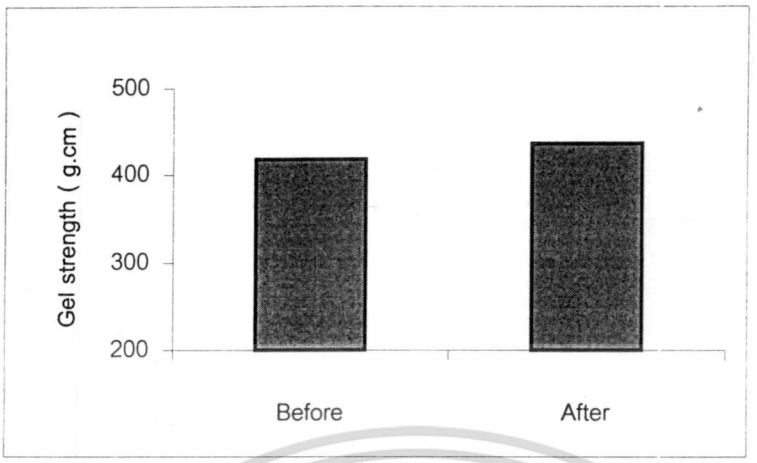
การให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 30 นาทีเพียงอย่างเดียว เจลที่ได้มีค่าความแข็งแรงของเจลต่ำ ซึ่งอาจเป็นไปได้ที่การจัดเรียงตัวของโปรตีนปลานิลยังไม่สมบูรณ์ เพราะเกิดการสูญเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีนเร็วกว่าการจับตัวกันของโปรตีนทำให้โครงร่าง 3 มิติที่เกิดขึ้นไม่สมบูรณ์

ดังนั้นจึงเลือกการให้ความร้อนสองระดับคือที่ 40 องศาเซลเซียส 20 นาทีและที่ความร้อน 90 องศาเซลเซียส 20 นาที สำหรับศึกษาในขั้นต่อไป

2. ผลการศึกษาการเติมไข่ขาวผงซูริมิก่อนและหลังการแช่เยือกแข็งต่อค่าความแข็งแรงของเจล

การเติมไข่ขาวผงร้อยละ 1 ลงในซูริมิก่อนและหลังการแช่เยือกแข็ง พบว่าตัวอย่างเจลซูริมิที่ได้จากการเติมไข่ขาวผงหลังจากซูริมิผ่านการแช่แข็งแล้วมีค่าความแข็งแรงของเจลสูงกว่าการเติมไข่ขาวก่อนแล้วนำไปแช่แข็ง แสดงว่าการแช่เยือกแข็งมีผลทำให้โปรตีนไข่ขาวผงสูญเสียคุณสมบัติเชิงหน้าที่ไปบางส่วน ค่าความแข็งแรงของเจลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ดีค่าที่แตกต่างกันไม่มาก การแปรรูปผลิตภัณฑ์จากซูริมิจึงควรเติมไข่ขาวในขณะผสมจะทำให้เกิดความแข็งแรงของเจลดียิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

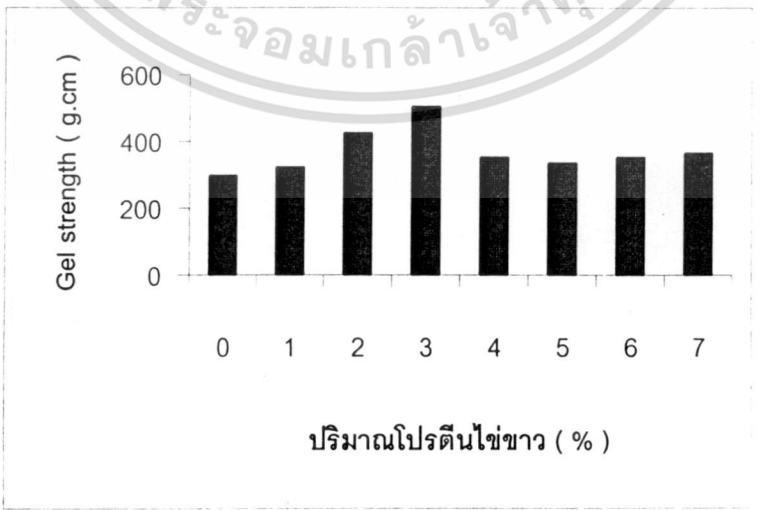


ภาพที่ 2 ค่าความแข็งแรงของเจลซูริมิปลานิลที่เติมโปรตีนไข่ขาวผงร้อยละ 1 ก่อนและหลังการแช่เยือกแข็ง

3. ผลการศึกษาการเติมโปรตีนจากแหล่งอื่น

3.1 โปรตีนไข่ขาวผง

ผลของการเติมโปรตีนไข่ขาวผงลงในซูริมิปลานิลที่ระดับต่าง ๆ กัน พบว่าเจลซูริมิปลานิลที่มีการเติมโปรตีนไข่ขาวผงมีค่าความแข็งแรงของเจลเพิ่มขึ้นทุกระดับความเข้มข้นและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากตัวอย่างที่ไม่เติม ค่าความแข็งแรงของเจลสูงสุดเมื่อเติมไข่ขาวร้อยละ 3 คือ มีค่าความแข็งแรงของเจลเฉลี่ยอยู่ที่ 480 กรัม-เซนติเมตร และตัวอย่างควบคุมมีค่าความแข็งแรงของเจลอยู่ที่ประมาณ 295 กรัม-เซนติเมตร



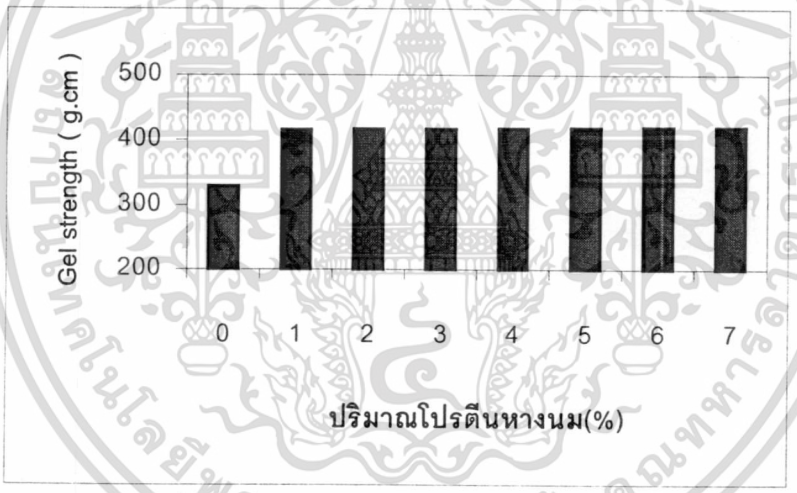
ภาพที่ 3 ค่าความแข็งแรงของเจลซูริมิปลานิลที่เติมโปรตีนไข่ขาวผงระดับต่าง ๆ กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไข่ขาวผงที่เติมทำให้ค่าความแข็งแรงเพิ่มขึ้นประมาณ ร้อยละ 38 โปรตีนจากไข่ขาวและโปรตีนจากเนื้อปลาเมื่อได้รับความร้อนมีการคลายตัวของสายโพลีเปบไททำให้โครงสร้างโปรตีนเกิดเป็นสายยาวและมีโซ่ข้างที่ยังเกิดปฏิกิริยาหรือเกิดพันธะได้ จึงทำให้มีการสร้างพันธะเชื่อมข้ามต่อกันช่วยให้ การยึดเกาะของโปรตีนทั้งสองดีขึ้นความแข็งแรงจึงสูงขึ้น

3.2 โปรตีนหางนม

ผลของการเติมโปรตีนหางนมลงในซูริมิปลานิลที่ระดับต่าง ๆ พบว่า ซูริมิที่มีการเติมโปรตีนหางนมมีค่าความแข็งแรงของเจลสูงขึ้นกว่าตัวอย่างควบคุมเพียงเล็กน้อย โดยเจลซูริมิปลานิลที่มีการเติมโปรตีนหางนมที่ระดับร้อยละ 1 มีค่าความแข็งแรงของเจลเฉลี่ย 415 กรัม-เซนติเมตร ตัวอย่างควบคุมที่มีค่าความแข็งแรงของเจลเฉลี่ยอยู่ที่ 329 กรัม-เซนติเมตร ทำให้ค่าความแข็งแรงของเจลเพิ่มประมาณร้อยละ 20



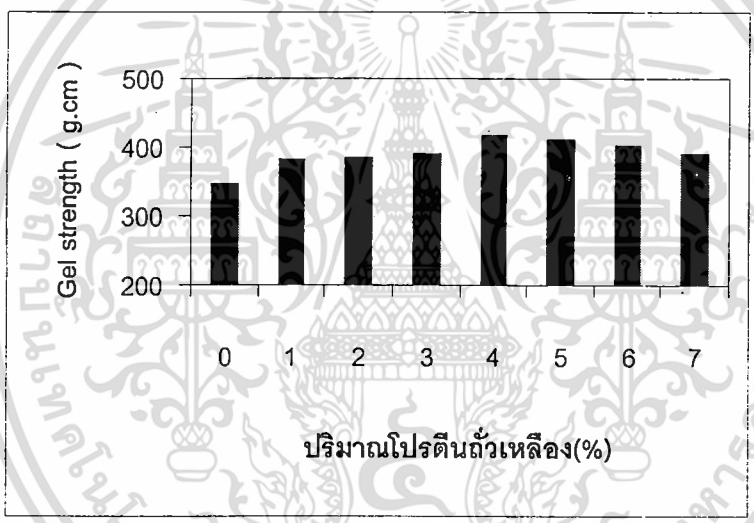
ภาพที่ 4 ค่าความแข็งแรงของเจลซูริมิปลานิลที่เติมโปรตีนหางนมระดับต่าง ๆ กัน

เมื่อเพิ่มปริมาณโปรตีนหางนมเป็นร้อยละ 2 3 4 5 6 และ 7 ความแข็งแรงของเจลซูริมิกลับไม่เพิ่มซึ่งอาจเนื่องจากโปรตีนหางนมมีความสามารถในการจับกับโมเลกุลของน้ำต่ำ ทำให้ได้เจลที่มีลักษณะอ่อน และอนุภาคของโปรตีนนมมีการกระจายตัวในเฟสต่อเนื่องมากทำให้รบกวนการสร้างเจลของโปรตีนไมโอไฟบริลลาร์ของปลา ดังนั้นการใช้โปรตีนหางนมจึงไม่ควรใช้มากกว่าร้อยละ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 โปรตีนถั่วเหลือง

ผลของการเติมโปรตีนถั่วเหลืองลงในซูริมิปลานิลที่ระดับต่าง ๆ กัน พบว่าเจลซูริมิปลานิลที่มีการเติมโปรตีนถั่วเหลืองค่าความแข็งแรงของเจลสูงกว่าตัวอย่างควบคุม ปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองที่เติมร้อยละ 4 มีค่าความแข็งแรงของเจลสูงสุดคือ 418 กรัม-เซนติเมตร ตัวอย่างควบคุมมีค่าความแข็งแรงของเจล 346 กรัม-เซนติเมตร ค่าความแข็งแรงของเจลเมื่อเติมโปรตีนถั่วเหลืองเพิ่มขึ้นเพียงร้อยละ 17 การเติมโปรตีนถั่วเหลืองมากกว่าร้อยละ 4 ทำให้ค่าความแข็งแรงของเจลลดลง เนื่องจากเกิดการเจือจางโปรตีนไมโอซินในซูริมิ โปรตีนถั่วเหลืองทำให้เจลของซูริมิปลานิลมีความแข็งหรือกระด้างขึ้น เป็นผลจากการเพิ่มปริมาณของแข็ง แต่ไม่เพิ่มความเหนียวหรือความยืดหยุ่นของเจล



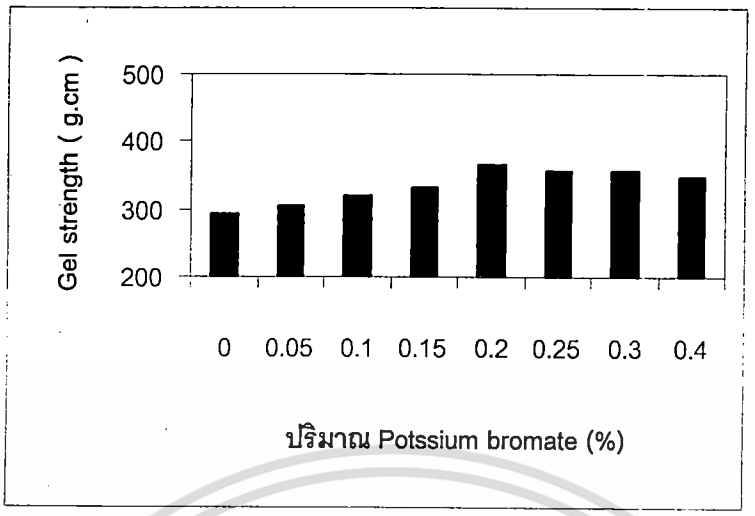
ภาพที่ 5 ค่าความแข็งแรงของเจลซูริมิปลานิลที่เติมโปรตีนถั่วเหลืองระดับต่าง ๆ กัน

เจลที่ได้จะมีความแข็ง มีสีเหลืองอ่อนจนถึงสีเหลืองเข้มมากขึ้นตามระดับของโปรตีนถั่วเหลืองที่เพิ่มขึ้น และมีกลิ่นรสของถั่ว ซึ่งมีผลให้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีกลิ่นและรสชาติไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค

3.3 การเติมโปแตสเซียมโบรเมต

ผลการเติมโปแตสเซียมโบรเมตลงในซูริมิปลานิลที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.05 0.1 0.15 0.20 0.25 0.30 และ 0.40 พบว่าเจลซูริมิปลานิลที่เติมโปแตสเซียมโบรเมต ที่ระดับ 0.2 มีค่าความแข็งแรงของเจลสูงที่สุดคือมี 365 กรัม-เซนติเมตร ส่วนตัวอย่างควบคุมที่มีค่าความแข็งแรงของเจลเฉลี่ยอยู่ที่ 294 กรัม-เซนติเมตร ซึ่งมีค่าความแข็งแรงของเจลเพิ่มขึ้นเพียงร้อยละ 19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 6 ค่าความแข็งแรงของเจลซูริมิปลานิลที่เติม โปแตสเซียมโบรเมตระดับต่าง ๆ กัน

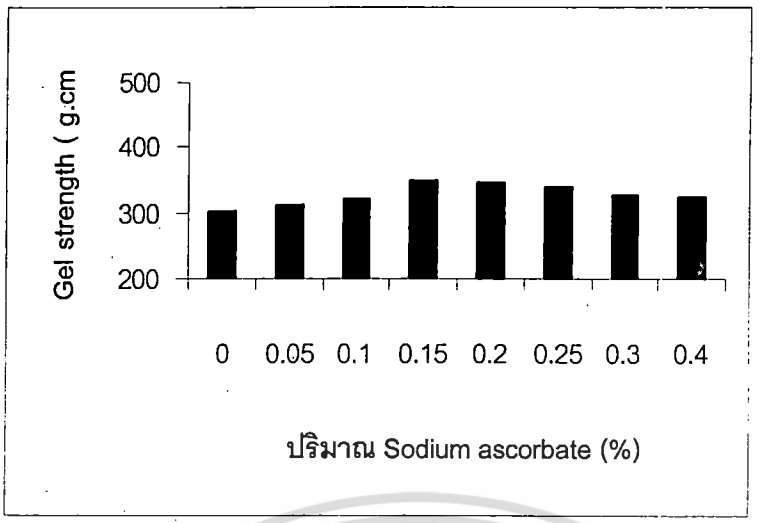
โปแตสเซียมโบรเมตเป็นสารออกซิแดนท์ จึงเหนี่ยวนำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของหมู่ซัลไฮดริลไปเป็นพันธะไดซัลไฟด์ เป็นการเพิ่มพันธะไดซัลไฟด์ในโมเลกุลของโปรตีน จึงเกิดการรวมตัวกันของโปรตีนได้มากขึ้น ทำให้ค่าความแข็งแรงของเจลสูงขึ้น

3.5 การเติมโซเดียมแอสคอร์เบต

การทดลองเติมโซเดียมแอสคอร์เบตในซูริมิปลานิลพบว่าเจลซูริมิที่เติมโซเดียมแอสคอร์เบต ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.25 มีค่าความแข็งแรงของเจลสูงที่สุด 340 กรัม-เซนติเมตรเพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 11 เมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุมที่มีค่าความแข็งแรงของเจลเฉลี่ยอยู่ที่ 302 กรัม-เซนติเมตร โซเดียมแอสคอร์เบตเป็นสารที่ช่วยเหนี่ยวนำการสร้างพันธะเชื่อมข้ามเช่นเดียวกันกับโบรเมต นอกจากนี้แอสคอร์เบตยังเพิ่มหมู่ที่ไม่ชอบน้ำ (hydrophobicity) ที่บริเวณผิวของโปรตีน ทำให้มีการเกิดการรวมตัวกัน (polymerization) ของโปรตีนมากขึ้น มีผลให้ค่าความหนืดของระบบเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



ภาพที่ 7 ค่าความแข็งแรงของเจลซูริมิปลานิลที่เติมโซเดียมแอสคอร์เบตระดับต่าง ๆ กัน

4. ผลของการศึกษาการใช้ โปรตีนร่วมกับสารออกซิแดนท์

การใช้โปรตีนร่วมกับสารออกซิแดนซ์โดยเลือกใช้ความเข้มข้นที่เหมาะสมของแต่ละตัว พบว่า เจลซูริมิปลานิลที่เติมไข่ขาวผงร้อยละ 3 ร่วมกับโปแตสเซียมโบรเมต ร้อยละ 0.2 ทำให้ค่าความแข็งแรงของเจลเท่ากับ 475 กรัม-เซนติเมตร เมื่อใช้ร่วมกับโซเดียมแอสคอร์เบตร้อยละ 0.25 ค่าความแข็งแรงของเจลเท่ากับ 412 กรัม-เซนติเมตร เมื่อเติมไข่ขาวอย่างเดียวค่าความแข็งแรงของเจลเท่ากับ 455 กรัม-เซนติเมตร ตัวอย่างควบคุมเท่ากับ 330 กรัม-เซนติเมตร

โปรตีนจากถั่วเหลืองร้อยละ 4 ร่วมกับโปแตสเซียมโบรเมต ร้อยละ 0.2 ทำให้ค่าความแข็งแรงของเจลเท่ากับ 431 กรัม-เซนติเมตร เมื่อใช้ร่วมกับโซเดียมแอสคอร์เบตร้อยละ 0.25 ค่าความแข็งแรงของเจลเท่ากับ 428 กรัม-เซนติเมตร โปรตีนจากถั่วเหลืองอย่างเดียวค่าความแข็งแรงของเจลเท่ากับ 403 กรัม-เซนติเมตร

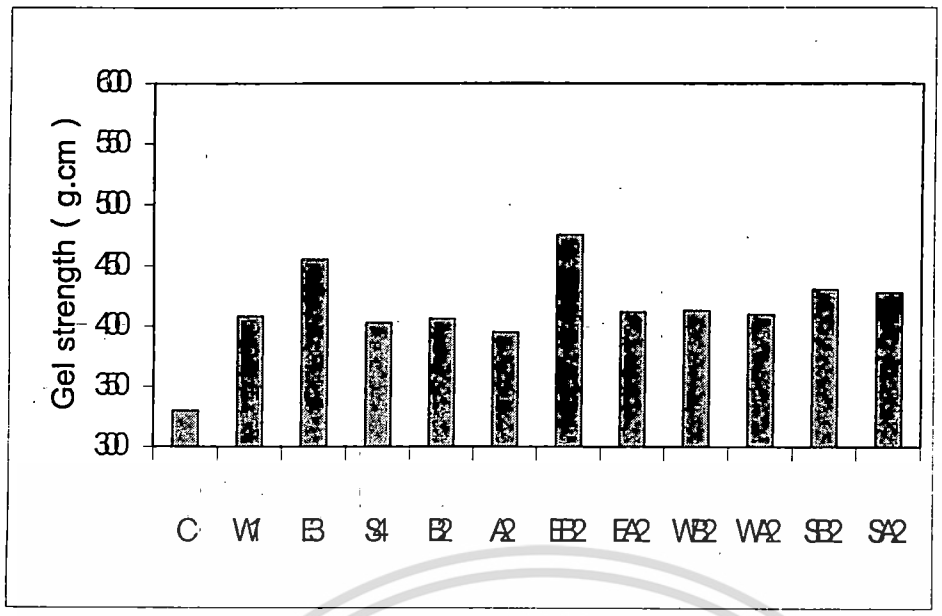
โปรตีนจากหางนมเมื่อเติมโปแตสเซียมโบรเมตร้อยละ 0.2 ค่าความแข็งแรงของเจลเท่ากับ 413 กรัม-เซนติเมตร และโซเดียมแอสคอร์เบต 0.25 ค่าความแข็งแรงของเจลเท่ากับ 410 กรัม-เซนติเมตร โปรตีนจากหางนมอย่างเดียวค่าความแข็งแรงของเจลเท่ากับ 408 กรัม-เซนติเมตร

การใช้สารทั้งสองกลุ่มร่วมกันทำให้ค่าความแข็งแรงของเจลสูงขึ้นเมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุมแต่ไม่มีผลร่วมกันที่ส่งเสริมให้ค่าความแข็งแรงของเจลสูงกว่าเมื่อใช้สารเพียงอย่างเดียว

จากการทดลองนี้ชี้ให้เห็นว่าการเติมโปรตีนจะทำให้เจลมีค่าความแข็งแรงสูงกว่าการเติมสารออกซิแดนซ์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

64418



C = ตัวอย่างควบคุม (ซูริมิไม่เติมสาร)

E3 = ซูริมิ เติมไข่ขาวผง ร้อยละ 3

W1 = ซูริมิ เติมโปรตีนหางนม ร้อยละ 1

S4 = ซูริมิ เติมโปรตีนถั่วเหลืองร้อยละ 4

B2 = ซูริมิ เติมโปรแตสเซียมโบรเมตร้อยละ 0.2

A2 = ซูริมิเติมโซเดียมแอสคอร์เบตร้อยละ 0.25

EB2 = ซูริมิ เติมไข่ขาวผง ร้อยละ 3+ โบรเมตร้อยละ 0.2

EA2 =ซูริมิ เติมไข่ขาวผง ร้อยละ 3+โซเดียมแอสคอร์เบตร้อยละ 0.25

WB2 = ซูริมิ เติมโปรตีนหางนม ร้อยละ 1+ โบรเมตร้อยละ 0.2

WA2 = ซูริมิ เติมโปรตีนหางนม ร้อยละ 1+โซเดียมแอสคอร์เบตร้อยละ 0.25

SB2 = ซูริมิ เติมเติมโปรตีนถั่วเหลืองร้อยละ 4+ โบรเมตร้อยละ 0.2

SA2 = ซูริมิ เติมโปรตีนถั่วเหลืองร้อยละ 4+โซเดียมแอสคอร์เบตร้อยละ 0.25

5. การตรวจสอบคุณภาพของซูริมิ

5.1 การทดสอบด้วยการพับ (Folding test)

การทดสอบพับชิ้นเจลของซูริมิปลานิลโดยการพับครึ่ง(1/2)จากนั้นพับอีกครึ่งอีกครั้ง(1/4) พบว่าทุกตัวอย่าง ได้คะแนนเป็น AA นั่นคือ ไม่แตกเมื่อพับเป็นสี่ส่วน แสดงผลดังตารางที่ 1 การทดสอบโดยวิธีพับไม่สามารถบอกความแตกต่างของค่าความแข็งแรงของเจลที่ใกล้เคียงกันได้ ในงานวิจัยการใช้เครื่องมือวัดจึงมีความจำเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 คะแนนการทดสอบด้วยการพับ เมื่อทำการพับเป็นสี่ส่วน

ตัวอย่าง	คะแนน
ตัวอย่างควบคุม	AA
โปรตีนไข่ขาวผง 3	AA
โปรตีนหางนมเข้มข้น 1	AA
โปรตีนถั่วเหลือง 4	AA
โปแตสเซียมโบรเมต 0.2	AA
โซเดียมแอสคอร์เบต 0.25	AA
โปรตีนไข่ขาวผง 3 และโปแตสเซียมโบรเมต 0.2	AA
โปรตีนไข่ขาวผง 3 และโซเดียมแอสคอร์เบต 0.25	AA
โปรตีนหางนมเข้มข้น 1 และโปแตสเซียมโบรเมต 0.2	AA
โปรตีนหางนมเข้มข้น 1และโซเดียมแอสคอร์เบต 0.25	AA
โปรตีนถั่วเหลือง 4 และโปแตสเซียมโบรเมต 0.2	AA
โปรตีนถั่วเหลือง 4 และโซเดียมแอสคอร์เบต 0.25	AA

5.2 ค่า L* ความชื้นและค่า pH ของเจลซูริมิปลานิล

จากการวัดสีซูริมิปลานิลพบว่า ทุกตัวอย่างมีค่าความสว่าง (L*) ใกล้เคียงกัน แต่ในซูริมิปลานิลที่มีการเติมถั่วเหลือง จะมีสีเหลืองของถั่วเหลืองอย่างชัดเจน มีผลให้ค่าความสว่าง (L*) ค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับตัวอย่างอื่น ๆ ส่วนความชื้นของเจลซูริมิปลานิลอยู่ในช่วง 72 – 75 และมีค่า pH ประมาณ 6.6 แสดงผลในตารางที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 แสดงค่า L* ความชื้นและค่า pH ของเจลซูริมิปลานิล

ตัวอย่าง	ค่าสี L*	ความชื้น	pH
ตัวอย่างควบคุม	82.40	74.96	6.6
โปรตีนไข่ขาวผงร้อยละ 3	81.10	74.36	6.6
โปรตีนหางนมเข้มข้นร้อยละ 1	82.86	72.51	6.6
โปรตีนถั่วเหลืองร้อยละ 4	80.41	73.39	6.6
โปแตสเซียมโบรเมตร้อยละ 0.2	82.91	72.72	6.6
โซเดียมแอสคอร์เบตร้อยละ 0.25	83.40	74.91	6.7
โปรตีนไข่ขาวผง + โปแตสเซียมโบรเมต	82.75	75.46	6.6
โปรตีนไข่ขาวผง +โซเดียมแอสคอร์เบต	82.27	74.11	6.7
โปรตีนหางนมเข้มข้น +โปแตสเซียมโบรเมต	81.97	72.95	6.6
โปรตีนหางนมเข้มข้น +โซเดียมแอสคอร์เบต	82.88	72.43	6.7
โปรตีนถั่วเหลือง +โปแตสเซียมโบรเมต	80.71	74.36	6.6
โปรตีนถั่วเหลือง +โซเดียมแอสคอร์เบต	80.56	73.88	6.7

6. การทดสอบทางประสาทสัมผัสที่มีต่อซูริมิปลานิล

การยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อซูริมิปลานิล

การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อซูริมิปลานิล พบว่ามีความแตกต่างกันใน บางลักษณะที่ทดสอบ กลิ่นและรสชาติของซูริมิที่เป็นตัวอย่างควบคุมที่จะด้อยกว่างซูริมิปลานิลที่มีการเติมสารเสริมอาหารคือ โปรตีนไข่ขาวผง 3 และโปแตสเซียมโบรเมต 0.2 แสดงผลในตารางที่ 4 ส่วนลักษณะของเนื้อสัมผัสและการยอมรับโดยรวมจะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อซูริมิปลานิล

ลักษณะที่ทดสอบ	ตัวอย่าง	
	ตัวอย่างควบคุม	ซูริมิปลานิลเติมโปรตีนไข่ขาวผงและโปแตสเซียมโบรเมต
ลักษณะปรากฏ	7.10 ± 1.29^{ns}	7.35 ± 0.99^{ns}
สี	7.10 ± 1.29^{ns}	7.55 ± 1.15^{ns}
กลิ่น	5.40 ± 1.76^{a}	6.35 ± 1.73^{b}
รสชาติ	5.60 ± 1.39^{a}	6.10 ± 1.29^{b}
เนื้อสัมผัส	6.80 ± 1.40^{ns}	7.10 ± 1.12^{ns}
การยอมรับ	6.60 ± 0.94^{ns}	6.95 ± 0.94^{ns}

หมายเหตุ ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนเดียวกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

6.2 การยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อลูกชิ้นที่ผลิตจากซูริมิปลานิล

ในการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อลูกชิ้นปลาที่ผลิตจากซูริมิปลานิลที่มีการเติมสารเสริมอาหารคือ โปรตีนไข่ขาวผงร้อยละ 3 และโปแตสเซียมโบรเมตร้อยละ 0.2 พบว่า ในส่วนของลักษณะเนื้อสัมผัสผู้ชิมได้อธิบายว่า มีลักษณะยืดหยุ่นไม่เหนียวมาก ซึ่งอาจเป็นผลมาจากโปรตีนของไข่ขาว ซึ่งเมื่อได้รับความร้อนเจลที่ได้จะมีลักษณะไม่เหนียว ในส่วนของความชอบโดยรวมผู้ชิมให้การยอมรับในลักษณะโดยรวมของผลิตภัณฑ์แสดงผลในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ค่าการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อลูกชิ้นปลาที่ผลิตจากซูริมิปลานิลผสมไข่ขาวและ KBO_3

ลักษณะที่ทดสอบ	คะแนนเฉลี่ย
ลักษณะปรากฏ	6.95
สี	7.25
กลิ่น	7.05
รสชาติ	6.65
เนื้อสัมผัส	7.35
การยอมรับ	7.40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. Yield ของซูริมิปลานิล

ในการผลิตซูริมิปลานิลใช้ปลานิลมีน้ำหนักเฉลี่ยตัวละ 430 กรัม คิดเป็น Yield เมื่อผ่านขั้นตอนต่าง ๆ ได้ ดังนี้

น้ำหนักหัว เกล็ด หนังและก้างร้อยละ	72.01 ของน้ำหนักปลานิลทั้งหมด
น้ำหนักเนื้อปลาบดก่อนทำการล้างร้อยละ	27.99 ของน้ำหนักปลานิลทั้งหมด
น้ำหนักซูริมิปลานิลร้อยละ	22.69 ของน้ำหนักปลานิลทั้งหมด

โดยส่วนใหญ่จะเกิดการสูญเสียไปกับขั้นตอนการตัดหัวและท้องปลานิล การแล่เพื่อแยกเกล็ด หนังและก้างออกจากเนื้อปลา รวมถึงการล้างเนื้อปลาบด โดยในงานวิจัยครั้งนี้ได้ใช้แรงงานคนในทุก ๆ ขั้นตอน จึงมีการสูญเสียในขั้นตอนต่าง ๆ ค่อนข้างสูง โดยทั่วไปถ้าใช้เครื่องแยกเนื้อและกระดูกจะได้ yield ของซูริมิประมาณร้อยละ 30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

1. การให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส 20 นาทีก่อนแล้วจึงให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส 20 นาที จะทำให้ซูริมิมีค่าความแข็งแรงของเจลสูงที่สุด

2. การเติมไข่ขาวผงสามารถเติมได้ทั้งก่อนและหลังการแช่เยือกแข็ง

3. ไข่ขาวผงร้อยละ 3 มีผลให้ซูริมิปลานิลมีค่าความแข็งแรงของเจลสูงขึ้นจากตัวอย่างควบคุม

4. โปรตีนหางนมที่เติมไม่ควรใช้เกินร้อยละ 1 โปรตีนถั่วเหลืองที่ไม่ควรเกินร้อยละ 4 เพราะซูริมิปลานิลมีสีเหลืองและมีกลิ่นของถั่วเหลือง

5. การเติมโปแตสเซียมโบรเมตในเจลซูริมิปลานิลระดับร้อยละ 0.2 หรือ โซเดียมแอสคอร์เบตในซูริมิปลานิลร้อยละ 0.25 ทำให้ค่าความแข็งแรงของเจลสูงขึ้นจากตัวอย่างควบคุมแต่น้อยกว่าการใช้โปรตีนจากไข่ขาว

6. การใช้สารเสริมอาหารร่วมกันทำให้ค่าความแข็งแรงของเจลซูริมิปลานิลสูงกว่าการใช้แต่ละสารตัวเดียวเพียงเล็กน้อย คือการใช้โปรตีนไข่ขาวผงร้อยละ 3 ร่วมกับโปแตสเซียมโบรเมตร้อยละ 0.2 จะให้ค่าความแข็งแรงของเจลสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

จักรี ทองเรือง.2544.**ซูริมิ**.สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.กรุงเทพ.

จิรวัฒน์ ยงสวัสดิกุล.2541.**การเกิดเจลของโปรตีนกล้ามเนื้อปลา**.วารสารอาหาร : ปีที่ 28 ฉบับที่ 4 ตุลาคม – ธันวาคม : 245 – 254.

พิมพ์ใจ ทองคำ.2541.**การศึกษาคุณภาพของซูริมิจากปลานิล**.วิทยานิพนธ์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 81น.

เพิ่มพูน ศักดิ์เกษม.2531.**ปลานิล**.ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพเกษตร : 5 – 13.

สุทธวัฒน์ เบญจกุล และวรรณพ วิเศษสงวน.2541.**บทบาทของเอ็นไซม์ในซูริมิ : ซูวาริ**.วารสารอาหาร : ปีที่ 28 ฉบับที่ 1 มกราคม – มีนาคม : 5 – 15.

สุทธวัฒน์ เบญจกุล และวรรณพ วิเศษสงวน.2541.**บทบาทของเอ็นไซม์ในซูริมิ : โมโดริ**.วารสารอาหาร : ปีที่ 28 ฉบับที่ 4 ตุลาคม – ธันวาคม : 235 - 244.

สุเพรวพันธ์ ชุมเรียง มัทนา แสงจินดาวงษ์ และคำนึง พฤกษวานิช.2542.**การใช้โปแตสเซียมโบรเมตและไข่ขาวเพื่อเพิ่มความสามารถในการเกิดเจลของซูริมิ**.วารสารเกษตรศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์.ปีที่ 33 ฉ. 1 มกราคม – มีนาคม.102 – 110.

Burgarella, J.C., Lanier, T.C., Hamann, D.D. and Wu, M.C.1985.**Gel Strength Development During Heating of Surimi in Combination with Egg White or Whey Protein Concentrate**.J. Food Sci. Vol. 50: 1595 – 1597.

Chang – Lee, M.V., Lampila, L.E. and Crawford, D.L.1990.**Yeild and Composition of Surimi from Pacific Whiting (*Merluccius productus*) and the Effect of Various Protein Additives on Gel Strength**. J. Food Sci. Vol. 55: 83 – 86.

Lee, H.G, Lee, C.M., Chung, K.H. and Lavery, S.A.1992.**Sodium Ascorbate Affect Surimi Gel – forming Properties**. J. Food Sci. Vol. 57.No.6: 1343 – 1347.

Lee, C.M., M.C. Wu, and M. Okada.1992.**Ingredient and formulation technology for surimi based products**.Surimi Technology.Marcel Dekker.Inc.,New York. 273 – 302

Yoon K.S. and Lee C.M.1990.**Effect of Powered Cellulose on the Texture and Freez thaw Stability of Surimi – based Shellfish Analog Products**. J. Food Sci. Vol. 55.No.1: 87 – 91. Jiang S.-T., Hsieh J.-F., Ho M.-L. and Chung Y.-C.2000.**Microbial Transglutaminase Affects Gel Properties of Golden Thredfin – bream and Pollack Surimi**. J. Food Sci. Vol. 65.No.4: 694 – 699

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Vasana C., Weerasinghe, Michael T., Morrissey, Yun – Chin Chung, and Haejung An.1996.**Whey Protein Concentrate as a Protease Inhibitor in Pacific Whiting Surimi**. J. Food Sci. Vol. 61.No.2: 367 – 371.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้