ผลของการเก็บรักษาโดยการแช่แข็งของเนื้อปลานิลบดไม่ล้างน้ำต่อคุณภาพของซูริมิ

Effects of Frozen Storage of Unwashed Mince from Tilapia on Quality of Surimi

สุวรรณ วิรัชกุล (Suwan Viratchakul) *
อารยา เชาว์เรืองฤทธิ์ (Araya Chaoruangrit) **
ศุภวรรณ ถาวรชินสมบัติ (Supawan Thawornchinsombut) **

บทคัดย่อ

ทำการศึกษาโดยนำปลานิล (Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*, Linn.) ที่เก็บรักษาในน้ำแข็งไม่เกิน 6 ชั่วโมงมาผลิตเนื้อปลาบดไม่ล้างน้ำ ได้ผลผลิตร้อยละ 29.40 เก็บรักษาในสภาวะแช่แข็ง (-18°ซ.) นาน 2 สัปดาห์ 1 เดือน และ 3 เดือน ทำการศึกษาคุณสมบัติเชิงหน้าที่และวัดค่าความขาว พบว่า ความยืดหยุ่นของเจลจะลดลงตามระยะเวลาเก็บรักษาที่นานขึ้น แต่ยังคงคุณภาพที่ยอมรับได้เมื่อเก็บไว้นาน 3 เดือน และระยะเวลาการเก็บรักษาไม่มีผลต่อค่าความขาวของเจลจากเนื้อปลาบดไม่ล้างน้ำ ($p>0.05$) โดยที่ระยะเวลาเก็บ 3 เดือน เจลมีค่าแรงกด ค่าระยะทาง และค่าความขาวเท่ากับ 235.5 กรัม 1.15 ซม. และ 62.90 % ตามลำดับ เมื่อนำเนื้อปลาบดไม่ล้างน้ำแช่แข็งไปผลิตเป็นซูริมิเก็บรักษาในสภาพแช่แข็งนาน 2 สัปดาห์ ทำการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการเกิดเจล 3 สภาวะ คือ 1) 40°ซ. 60 นาที ตามด้วย 90°ซ. 40 นาที 2) 60°ซ. 60 นาที ตามด้วย 90°ซ. 40 นาที และ 3) 90°ซ. 40 นาที พบว่า สภาวะการเซ็ทเจลที่เหมาะสมของซูริมิที่ผลิตจากเนื้อปลานิลบดไม่ล้างน้ำแช่แข็ง เก็บนาน 2 สัปดาห์ คือ ที่ 40°ซ. 60 นาที ตามด้วย 90°ซ. 40 นาที โดยมีค่าแรงกด 227.8 กรัม และค่าระยะทาง 1.01 ซม.

Abstract

A study on yield of unwashed mince Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*, Linn.) prepared from less than 6 hrs ice-storage was found to be 29.40 % *(91.8 % flesh plus 8.2% cryoprotectants)*. The functional properties and whiteness of 2 weeks, 1 and 3 months frozen storage (-18°C) were investigated. Freezing effected the gel elasticity or cohesiveness but did not effect to gel color ($p>0.05$). The longer the frozen storage, the lower the gel elasticity, but the quality after 3 months was still acceptable. After 3 months frozen storage, the functional properties of unwashed minced gels were 235.5 g *(force)*, 1.15 cm *(deformation)*, and 62.90 % whiteness, respectively. The functional properties of surimi prepared from 2 weeks frozen storage unwashed mince were also investigated at 3 different heating conditions : 1) 40°C 60 min followed by 90°C 40 min, 2) 60°C 60 min followed by 90°C 40 min, and 3) 90°C 40 min. The optimal condition for preparing gel was studied by preparing surimi gels in 3 heating conditions and determined for their functional properties at 2 weeks frozen storage. The optimal thermal treatment for 2 weeks frozen storage surimi appeared to be at 40°C set for 60 min, followed by 90°C cook for 40 min with 227.8 g *(force)* and 1.01 cm *(deformation)*.

คำสำคัญ : ปลานิล เนื้อปลาบดไม่ล้างน้ำ ซูริมิ การเซ็ทเจล คุณภาพของเจล
Keywords : Nile Tilapia; unwashed mince; surimi; gel setting; gel quality

* *รองศาสตราจารย์ ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น*
** *อาจารย์ ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น*

1. บทนำ

เนื้อปลาบดที่ยังไม่ผ่านขั้นตอนการล้างน้ำ *(unwashed mince fish meat)* ได้จากการนำปลาสดมาล้างด้วยน้ำสะอาด ตัดหัว ควักไส้ ล้างด้วยน้ำสะอาด แยกเนื้อจากกระดูกและหนัง แล้วนำเนื้อปลามาบดด้วยเครื่องบดเนื้อ ใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น ลูกชิ้นปลาและไส้กรอกปลา เป็นต้น ปลาที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการทำเนื้อปลาบด ได้แก่ ปลาทะเล เช่น ปลาทรายแดง ปลาทรายขาว ปลาจวด ปลาตาโต-ตาหวาน ปลาเห็ดโคน ปลาดาบเงิน ปลาดาบลาว ปลาปากคม ปลาไหลทะเล และปลาเลย เป็นต้น *(ผ่องเพ็ญ, 2530 ; วรรณวิบูลย์, 2533)* โดยที่เนื้อปลาบดเป็นอาหารทะเลที่มีราคาถูกเมื่อเทียบกับอาหารทะเลชนิดอื่น ๆ นอกจากนี้ยังให้ความสะดวกในการนำมาประกอบอาหาร และสามารถนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพิ่มมูลค่า รวมทั้งผลิตภัณฑ์ที่พร้อมสำหรับการบริโภคโดยตรง *(ready to eat products)* ซึ่งตรงกับความต้องการของผู้บริโภคที่มีเวลาในการเตรียมอาหารน้อยลง ประกอบกับประชากรของโลกเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงเชื่อได้ว่าตลาดเนื้อปลาบดและผลิตภัณฑ์จากเนื้อปลาบดจะยังคงมีการขยายตัวอย่างต่อเนื่องแน่นอน แต่เนื่องจากปัจจุบันศักยภาพการผลิตสัตว์น้ำในน่านน้ำไทยลดลง รวมทั้งปัญหาการร่วมทำประมงนอกน่านน้ำไทยยังมีอยู่ตลอดเวลา จึงคาดได้ว่าในอนาคตอันใกล้ โรงงานผลิตเนื้อปลาบดและผลิตภัณฑ์จากเนื้อปลาบดของไทยคงจะต้องประสบกับปัญหาการขาดแคลนวัตถุดิบอย่างรุนแรง

แนวทางหนึ่งที่น่าจะช่วยบรรเทาปัญหาการขาดแคลนวัตถุดิบในการผลิตเนื้อปลาบดของประเทศในอนาคตก็คือการหาแหล่งวัตถุดิบแหล่งใหม่ ๆไว้ทดแทน ซึ่งนอกเหนือจากวัตถุดิบปลาทะเลดังกล่าวแล้วก็ควรมีการส่งเสริมให้มีการศึกษาวิจัยการนำปลาน้ำจืดที่มีคุณภาพเหมาะสมมาใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตเนื้อปลาบดเพื่อใช้บริโภค และใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมสัตว์น้ำภายในประเทศเพื่อการส่งออกต่อไป ในบรรดาปลาน้ำจืดที่มีการส่งเสริมให้เกษตรกรเพาะเลี้ยงเพื่อบริโภคภายในประเทศด้วยกันแล้วจะเห็นได้ว่า ปลานิลเป็นปลาที่นิยมบริโภคและเพาะเลี้ยงกันมากทุกภูมิภาคของประเทศ เนื่องจากเป็นปลาที่เพาะเลี้ยงง่าย เจริญเติบโตรวดเร็ว จากสถิติซึ่งรายงานโดยกรมประมง เมื่อปี พ.ศ.2537 พบว่าผลผลิตปลานิลจากการเพาะเลี้ยงทั่วประเทศ มีปริมาณและมูลค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยในปี พ.ศ.2533 มีผลผลิตทั้งประเทศ 22,835 ตัน มูลค่าประมาณ 328 ล้านบาท ปี พ.ศ.2534 มีผลผลิต 28,106 ตัน มูลค่าประมาณ 396 ล้านบาท และในปี พ.ศ.2535 ผลผลิตเพิ่มขึ้นเป็น 43,935 ตัน มูลค่าประมาณ 612 ล้านบาท โดยมีการเพาะเลี้ยงมากที่สุดในแถบจังหวัดภาคตะวันออกและภาคกลาง *(กองเศรษฐกิจการประมง, 2537)*

นอกจากนี้ปลานิลยังมีคุณสมบัติที่น่าจะนำมาศึกษาวิจัยเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเนื้อปลาบดคือ มีราคาค่อนข้างถูกเมื่อเทียบกับปลาน้ำจืดชนิดอื่น ๆ เนื้อปลานิลค่อนข้างขาว ไม่มีก้างเล็กแทรกตามกล้ามเนื้อ และมีปริมาณไขมันต่ำ นอกจากนี้ยังสามารถตั้งโรงงานแปรรูปใกล้แหล่งเพาะเลี้ยง ซึ่งจะได้วัตถุดิบที่มีคุณภาพเหมาะสมกับการผลิตเนื้อปลาบดอีกด้วย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการผลิตซูริมิจากเนื้อปลานิลบดไม่ล้างน้ำแช่แข็ง โดยทำการผลิตเนื้อปลานิลบดไม่ล้างน้ำแช่แข็งเก็บรักษาที่เวลาต่าง ๆ กัน จากนั้นนำไปผลิตเป็นซูริมิปลานิลและทำการศึกษาหาสภาวะการเกิดเจลที่เหมาะสม

2. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

2.1 วัตถุดิบ

ใช้ปลานิล (Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*, Linn.) จากฟาร์มเลี้ยงปลานิลในกระชัง เขื่อน

อุบลรัตน์ อำเภออุบลรัตน์ จังหวัดขอนแก่น ขนาด 3-5 ตัวต่อกิโลกรัม โดยลำเลียงปลานิลจากฟาร์มในสภาพปลายังมีชีวิตอยู่ *(บรรจุปลาในถังน้ำและเติมอากาศ)* เมื่อถึงสถานที่ทำการทดลอง นำปลาออกจากถังเก็บรักษาในน้ำแข็งบด

2.2 การเตรียมเนื้อปลาบดไม่ล้างน้ำ

นำปลานิลสดที่แช่ไว้ในน้ำแข็งไม่เกิน 6 ชั่วโมง มาทำการตัดหัว ควักไส้ ล้างน้ำสะอาด แล่เนื้อปลาด้วยมือ นำเนื้อปลาแล่ที่ยังมีหนังติดอยู่เข้าเครื่องแยกเนื้อปลา *(meat-bone separator)* ที่มีขนาดรูตะแกรง 5 มิลลิเมตร *(5 mm hole drum)* นำเนื้อปลาบดมาผสมกับสารป้องกันการสูญเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีน *(cryoprotectants)* ได้แก่ ซูโครส 4% ซอร์บิทอล 4% และ โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต 0.2% ใน Hobart Silent Chopper เป็นเวลา 2 นาที โดยควบคุมอุณหภูมิของเนื้อปลาบดไม่ให้สูงกว่า 5 °ซ. ทุกขั้นตอนของการเตรียมตัวอย่าง บรรจุตัวอย่างในถุงโพลีเอธิลีน *(polyethylene bag)* ถุงละ 1 กิโลกรัม แล้วนำเข้าแช่แข็ง *(contact plate freezer)* ที่ -40 ± 2°ซ. และเก็บรักษาไว้ที่ -18 ±2°ซ. นำตัวอย่างเนื้อปลาบดที่เก็บรักษาโดยการแช่แข็งเป็นเวลา 2 สัปดาห์ มาวิเคราะห์หาคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ *(chemical and physical properties)* นำตัวอย่างเนื้อปลาบดที่เก็บรักษาโดยการแช่แข็ง 2 สัปดาห์ 1 เดือนและ 2 เดือน มาวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงหน้าที่ *(functional properties)*

2.3 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของเนื้อปลานิลบดไม่ล้างน้ำ แช่แข็ง

2.3.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี นำตัวอย่างที่ระยะเวลาการเก็บ 2 สัปดาห์ มาละลายน้ำแข็ง วิเคราะห์หาปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้า ตามวิธีของ AOAC (1994)

2.3.2 การศึกษาคุณสมบัติเชิงหน้าที่

(1) การเตรียมเจล *(gel preparation)*

นำเนื้อปลานิลบดไม่ล้างน้ำแช่แข็ง ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 2 สัปดาห์ 1 เดือน และ 3 เดือน มาเตรียมเจล โดยนำเนื้อปลานิลบดไม่ล้างน้ำแช่แข็งมาละลายน้ำแข็ง ที่ 5 °ซ. เป็นเวลา 18 ชั่วโมง นำมาสับผสมกับเกลือโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 2 ทำการปรับปริมาณความชื้นของเนื้อปลาบดเป็นร้อยละ 78 โดยการเติมน้ำในรูปน้ำแข็ง ทำการสับผสมใน Hobart Silent Chopper เป็นเวลา 6-10 นาที ควบคุมอุณหภูมิระหว่างสับผสมไม่ให้สูงกว่า 5 °ซ. นำมาบรรจุในถุงพลาสติก ทำการไล่อากาศและปิดผนึกถุงโดยเครื่องปิดผนึกสุญญากาศ *(Vacuum Sealer, Super Vac.)* แล้วนำเนื้อปลานิลบดมาบรรจุในไส้พลาสติก ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร โดยใช้เครื่องบรรจุแบบมือ *(stuffer)* จากนั้นนำมาเซ็ทเจลที่อุณหภูมิ 50°ซ. 60 นาที และนำมาลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วนำเข้าเก็บในห้องเย็นอุณหภูมิ 5 °ซ. เพื่อลดปริมาณความร้อนที่มากเกินพอก่อนเป็นเวลา 18-24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงหน้าที่ของเนื้อปลานิลบดไม่ล้างน้ำ โดยวัดความแข็งแรงของเจลด้วยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส

(2) การวัดความแข็งแรงของเจล ***(gel strength)***

นำตัวอย่างเจลจากข้อ 2.3.2 (1) มาตัดเป็นท่อน ความยาว 2.5 เซนติเมตร จำนวน 10-12 ท่อน นำมาวัดความแข็งแรงของเจลด้วยเครื่อง Texture Analyser.TA.XT2 *(Version 5.15.10)* วัดค่าความแข็งแรงของเจล เป็นค่าแรง *(force value; g)* และระยะทาง *(distance or deformation; cm)*

(3) การวัดสีของเจล

นำตัวอย่างเจลจากข้อ 2.3.2 (1) มาหั่นตามขวางหนาประมาณ 3 มิลลิเมตร นำมาวัดสีด้วยเครื่อง Chroma Meter *(CT-300 Minolta)* โดยใช้ระบบ Hunter อ่านค่าเป็น L*, a*, b* (ASTM, 1987) คำนวณหาค่าความขาวของเจลจากสูตร

ความขาว (whiteness) = $100-[(100-L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}]^{1/2}$

2.4 การผลิตซูริมิจากเนื้อปลานิลบดไม่ล้างน้ำแช่แข็ง

นำเนื้อปลานิลบดไม่ล้างน้ำแช่แข็ง ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 2 สัปดาห์ มาละลายน้ำแข็ง ที่ 5 °ซ. เป็นเวลา 18 ชั่วโมง นำมาสับผสมใน Hobart silent chopper เพื่อลดขนาด จากนั้นนำเนื้อปลาไปล้างน้ำ 3 ครั้งๆ ละ 10 นาที อัตราส่วนของเนื้อปลาบดต่อน้ำผสมน้ำแข็งเท่ากับ 1:3 โดยน้ำหนัก บีบน้ำออกโดยใช้เครื่อง hydraulic press และแยกสิ่งปนเปื้อน ได้แก่ เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน หนัง ก้างและเกล็ด นำเนื้อปลาที่ได้ไปสับผสมกับสารป้องกันการสูญเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีน ได้แก่ ซูโครส 2% ซอร์บิทอล 2% และโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต 0.1% ใน silent chopper เป็นเวลา 2 นาที บรรจุตัวอย่างในถุงโพลีเอธิลีน ถุงละ 1 กิโลกรัม แล้วนำเข้าแช่แข็ง *(contact plate freezer)* ที่ -40 ± 2°ซ. และเก็บรักษาไว้ที่ -18 ± 2°ซ. นาน 2 สัปดาห์

2.5 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของซูริมิจากเนื้อปลานิลบดไม่ล้างน้ำแช่แข็ง

2.5.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี นำตัวอย่างที่ระยะเวลาการเก็บ 2 สัปดาห์ มาละลายน้ำแข็ง วิเคราะห์หาปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้า ตามวิธีของ AOAC *(1994)*

2.5.2 การศึกษาคุณสมบัติเชิงหน้าที่

1) **การเตรียมเจล *(gel preparation)***

นำตัวอย่างซูริมิแช่แข็งมาเตรียมเจลเช่นเดียวกับวิธีการเตรียมเจลในข้อ 2.3.2 (1) โดยใช้อุณหภูมิการเซ็ทเจล 3 ระดับ คือ 1) 40°ซ. 60 นาที ตามด้วย 90°ซ. 40 นาที 2) 60 °ซ. 60 นาที ตามด้วย 90°ซ. 40 นาที และ 3) 90°ซ. 40 นาที

2) **การวัดความแข็งแรงของเจล *(gel strength)***

วัดความแข็งแรงของเจลเช่นเดียวกับวิธีในข้อ 2.3.2 (2)

2.6 การวิเคราะห์ทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for Windows Version 6.0 *(Norusis, 1993)* การทดลองนี้มีการวางแผนการทดลองแบบสุ่มโดยตลอด *(Completely Randomized Design; CRD)* นำข้อมูลจากผลการทดลองมาวิเคราะห์ความแปรปรวน *(analysis of variance)* และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test *(Haaland, 1989)*

3. ผลการทดลองและวิจารณ์

3.1 เนื้อปลานิลบดไม่ล้างน้ำแช่แข็ง

การผลิตเนื้อปลาบดไม่ล้างน้ำจากปลานิลสดที่เก็บรักษาในน้ำแข็งไม่เกิน 6 ชั่วโมง จะได้ผลผลิตร้อยละ 29.40 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี *(ตารางที่ 1)* แสดงให้เห็นว่า มีองค์ประกอบทางเคมีใกล้เคียงกับเนื้อปลานิลสด ยกเว้นปริมาณไขมันในเนื้อปลานิลบดไม่ล้างน้ำจะสูงกว่า เนื่องจากในปลานิลสดจะใช้ตัวอย่างเนื้อจากส่วนหลัง *(dorsal meat)* ซึ่งมีไขมันต่ำ ส่วนเนื้อปลานิลบดใช้ทั้งเนื้อส่วนหลังและส่วนท้อง *(belly meat)* ซึ่งมีไขมันสูง

คุณสมบัติเชิงหน้าที่และความขาวของเจลจากเนื้อปลาบดไม่ล้างน้ำแช่แข็งที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 2 สัปดาห์ 1 เดือน และ 3 เดือน แสดงในตารางที่ 2 จากผลการทดลองพบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาในสภาพแช่แข็งเพิ่มขึ้นจะมีผลต่อคุณภาพของเจลคือ เมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้นจาก 2 สัปดาห์เป็น 1 เดือน เจลจะมีความแข็งแรงหรือค่าแรงกด *(force value)* เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ *($p<0.05$)* อาจเกิดขึ้นเนื่องจากในขั้นตอนการแช่แข็งที่ -40 °ซ. โปรตีนเกิดการเสียสภาพ *(denaturation)* ไปบางส่วน เมื่อเก็บตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิ -18°ซ. สารป้องกันการเสื่อมสภาพของโปรตีน *(ซูโครส ซอร์บิทอล และโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต)* ที่เติมลงในเนื้อปลาบดไม่ล้างน้ำและซูริมิเริ่มมีบทบาท โดยซูโครสสามารถยับยั้งการเกิดพันธะไดซัลไฟด์ *(disulfide bonds)*

ขึ้นระหว่างโมเลกุลโปรตีน (Ramirez and Martin-Polo, 1996) และสารประกอบฟอสเฟตช่วยรักษาให้ชูริมิมีค่าพีเอชเป็นกลาง ซึ่งเป็นสภาพที่โปรตีนมีความคงตัวมากที่สุด (Yagi *et. al.*,1985 ; Kumazawa *et al.*, 1990) และจากการรายงานของ Han-Ching และ Leinot (1993) กล่าวว่าฟอสเฟตสามารถจับกับอิออนของโลหะที่มีประจุ +2 เช่น Cu^{2+} หรือ Fe^{2+} ที่มีผลเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของการสร้างสะพานเชื่อมไดซัลไฟด์ ซึ่งจะมีผลเพิ่มการจับตัวกันของโมเลกุลโปรตีน ในระหว่างการเก็บรักษา รวมทั้งเมื่อสารประกอบฟอสเฟตแตกตัวจะให้อนุมูลไดฟอสเฟต *(diphosphate)* ที่มีโครงสร้างคล้าย ATP *(adenosine triphosphate)* จึงมีส่วนกระตุ้นให้โปรตีนแอคโตไมโอซิน *(actomyosin protein)* แยกตัวเป็นไมโอซินและแอคติน ซึ่งมีผลให้โมเลกุลของโปรตีนไมโอไฟบริลลาร์ *(myofibrillar protein)* สามารถอุ้มน้ำไว้ระหว่างโมเลกุลได้เพิ่มขึ้น จึงอาจสามารถขัดขวางการจับตัวกันของโปรตีนระหว่างการเก็บรักษาได้ ทำให้มีคุณสมบัติการเกิดเจลดีขึ้น และเมื่อเก็บตัวอย่างเนื้อปลาบดไว้นาน 3 เดือน ความแข็งแรงของเจลจะลดลงเล็กน้อย ($p>0.05$) ส่วนความยืดหยุ่นของเจลหรือค่าระยะทางก่อนเจลแตก *(deformation)* จะลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) เมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้นจาก 2 สัปดาห์เป็น 3 เดือน เนื่องจากเกิดการสูญเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีนไมโอไฟบริลลาร์ และการจับตัวกันของโปรตีนในระหว่างการเก็บรักษาในสภาพแช่แข็งเป็นผลให้โปรตีนเสียคุณสมบัติเชิงหน้าที่ *(Mutsumoto,1980 ; Shenouda,1980 ; Suzuki, 1981)* นอกจากนี้ยังเกิดการทำงานของเอนไซม์โปรตีเอสที่ย่อยสลายโปรตีนซึ่งเป็นโครงสร้างหลักของเจลในระหว่างการเซ็ทเจลที่อุณหภูมิ 50°ซ. เป็นผลให้คุณภาพของเจลลดลง (An *et al.*, 1994; Park, Lin and Yongsawatdigul, 1997)

เมื่อพิจารณาความขาวของเจล พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษาเนื้อปลานิลบดไม่ล้างน้ำในสภาวะแช่แข็งไม่มีผลต่อค่าความขาวของเจล ($p>0.05$) ดังนั้นจากผลการศึกษาคุณสมบัติเชิงหน้าที่ดังกล่าวสามารถเก็บรักษาเนื้อปลานิลบดไม่ล้างน้ำในสภาพแช่แข็งได้ไม่น้อยกว่า 3 เดือน

3.2. ชูริมิที่ผลิตจากเนื้อปลานิลบดไม่ล้างน้ำแช่แข็ง

จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของของชูริมิปลานิล (ตารางที่ 1) พบว่า ปริมาณโปรตีน ไขมัน และเถ้าลดลงจากที่พบในเนื้อปลานิลสดและเนื้อปลานิลบดไม่ล้างน้ำ ทั้งนี้เนื่องจากในขั้นตอนการผลิตชูริมิได้ผ่านขั้นตอนการล้างน้ำเพื่อขจัดโปรตีนซาร์โคพลาสมิก *(sarcoplasmic proteins)* ไขมัน และสิ่งปนเปื้อนที่ไม่ต้องการ เช่น เม็ดสี และสารประกอบเอมีนออกไป นอกจากนั้นยังผ่านขั้นตอนการแยกสิ่งปนเปื้อน ได้แก่ เศษหนัง เกล็ด และก้างออกไปจึงทำให้ปริมาณเถ้าลดลง

ผลการศึกษาหาสภาวะการเซ็ทเจลที่เหมาะสมของชูริมิที่ผลิตจากเนื้อปลานิลบดไม่ล้างน้ำ (ตารางที่ 3) พบว่าสภาวะการเซ็ทเจลมีผลต่อคุณภาพของเจลต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยที่สภาวะ 40°ซ. 60 นาที ตามด้วย 90°ซ. 40 นาที ให้เจลที่มีความแข็งแรงและมีความยืดหยุ่นดีที่สุด ที่สภาวะ 90°ซ. 40 นาที เจลมีคุณภาพลดลงเนื่องจากที่อุณหภูมินี้โปรตีนจะตกตะกอนหรือเกิดเจลโมโตริ *(Modori gel)* เป็นผลให้คุณภาพของเจลลดลง (Kinoshita, Toyohara and Shimizu, 1990) และที่สภาวะ 60°ซ. 60 นาที ตามด้วย 90°ซ. 40 นาที ให้เจลคุณภาพต่ำที่สุดเนื่องจากเป็นช่วงที่เอนไซม์โปรตีเอสมีกิจกรรมสูง Yongsawatdigul et.al. (1999) ศึกษาพบว่าชูริมิจากปลานิลมีเอนไซม์ในกลุ่มเซรีน *(serine-type protease)* ที่ย่อยโปรตีนทำให้คุณภาพของเจลลดลง เอนไซม์ชนิดนี้จะมีกิจกรรมเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นและจะเกิดกิจกรรมสูงสุดที่อุณหภูมิ 65° ซ.

การเตรียมเจลโดยการให้ความร้อน 2 ครั้ง จะมีผลให้ทั้งค่าความแข็งแรงและความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น *(Lanier, 1986)* การเตรียมเจลโดยการให้ความร้อนที่อุณหภูมิต่ำในครั้งแรกก่อนเพื่อให้เกิดการสร้างร่างแหโปรตีนอย่างมีระเบียบก่อนนำไปให้ความร้อนครั้งที่ 2 ที่อุณหภูมิ 90°ซ. เพื่อทำให้โปรตีนเกิดเจลอย่างสมบูรณ์แล้วตกตะกอน ซึ่งการเตรียมเจลในลักษณะนี้การคลายตัวของโปรตีนจะเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ ทำให้ปฏิกิริยาการสร้างสะพานเชื่อมระหว่างโปรตีนที่คลายตัวออกเกิดขึ้นอย่างมีระเบียบ โครงสร้างของเจลจึงมีความต่อเนื่อง *(Foegeding, Allen and Dayton,1986 ; Park, 1995)* ดังนั้นสภาวะการเซ็ทเจลที่เหมาะสมของซูริมิที่ผลิตจากเนื้อปลานิลบดไม่ล้างน้ำคือที่ 40°ซ. 60 นาที ตามด้วย 90°ซ. 40 นาที

4. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

การผลิตเนื้อปลานิลบดไม่ล้างน้ำจากเนื้อปลานิลสดที่เก็บรักษาในน้ำแข็งไม่เกิน 6 ชั่วโมง ได้ผลผลิตร้อยละ 29.40 ของน้ำหนักปลาทั้งตัว มีองค์ประกอบทางเคมี คือ ปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า และความชื้นเท่ากับร้อยละ 17.6, 5.9, 1.2 และ 73.0 ตามลำดับ และมีค่าพีเอชเป็น 6.45

การประเมินคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของเนื้อปลานิลบดไม่ล้างน้ำในสภาพแช่แข็ง พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษาไม่มีผลต่อความแข็งแรงของเจล แต่มีผลต่อความยืดหยุ่นของเจลโดยเมื่อเก็บไว้นาน 3 เดือน เจลจะมีความยืดหยุ่นลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และระยะเวลาการเก็บไม่มีผลต่อค่าความขาวของเจล ดังนั้นระยะเวลาการเก็บรักษาเนื้อปลานิลบดไม่ล้างน้ำในสภาพแช่แข็งนาน 1 เดือน ให้เจลที่มีคุณภาพดีและยังคงคุณภาพที่ยอมรับได้เมื่อเก็บไว้นาน 3 เดือน โดยเจลมีค่าแรงกด ค่าระยะทางก่อนเจลแตก และค่าความขาว เท่ากับ 235.5 กรัม 1.15 ซม. และร้อยละ 62.90 ตามลำดับ

ส่วนซูริมิที่ผลิตจากเนื้อปลานิลบดไม่ล้างน้ำเก็บรักษาในสภาพแช่แข็งนาน 2 สัปดาห์ มีองค์ประกอบทางเคมีคือ ปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า และความชื้นเท่ากับร้อยละ 11.7, 0.4, 0.9 และ 84.7 ตามลำดับ และมีค่า pH เป็น 6.50

สภาวะการเซ็ทเจลมีผลต่อคุณภาพของเจลซูริมิอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยสภาวะการเซ็ทเจลที่อุณหภูมิ 40°ซ. นาน 60 นาที ตามด้วย 90°ซ. นาน 40 นาที ให้เจลที่มีคุณภาพสูงสุดคือ มีค่าแรงกดและค่าระยะทางก่อนเจลแตก เท่ากับ 227.8 กรัม และ 1.01 ซม. ตามลำดับ

จากการทดลองที่ได้พบว่าคุณภาพของซูริมิจากเนื้อปลานิลบดไม่ล้างน้ำยังมีคุณภาพไม่ดีนัก เนื่องจากเจลที่ได้มีความแข็งแรงและความยืดหยุ่นค่อนข้างต่ำ ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาต่อไปในการใช้สารยับยั้งเอนไซม์ โปรตีเอสที่ย่อยสลายโปรตีนในระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งสารที่มีคุณสมบัติยับยั้งการทำงานของเอนไซม์เหล่านี้ได้แก่ ไข่ขาวผง โปรตีนเข้มข้น น้ำสกัดจากมันฝรั่ง หรือ ผงพลาสมา (Park, 1994)

5. กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย ประเภททุนอุดหนุนทั่วไปจากมหาวิทยาลัยขอนแก่น ประจำปี 2540

6. เอกสารอ้างอิง

กองเศรษฐกิจการประมง กรมประมง. 2537. สถิติการเลี้ยงสัตว์น้ำจืด ปี 2535. กรุงเทพฯ: กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ผ่องเพ็ญ รัตตกูล. 2530. บทบาทของอาหารสำเร็จรูป. ในเอกสารประกอบการบรรยายในการสัมมนาเรื่อง เทคโนโลยีพัฒนาสินค้าส่งออกอุตสาหกรรมเกษตรและประมง. กรุงเทพฯ : กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์ กระทรวงพาณิชย์.

วรรณวิบูลย์ กาญจนกุญชร. 2533. ซูริมิ ผลิตภัณฑ์ที่น่าจับตามอง. **อุตสาหกรรมเกษตร**. 1(1) : 20-26.

An, H. ; Seymour, T.A.; Wu, J. and Morrissey, M.T. 1994. Assay Systems and Characterization of Pacific "Hiting (Merluccius Productus) Protease. **J. Food Sci.** 59(2):277-281.

AOAC. 1994. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists,** 15th ed. Virginia : Association of Official Analytical Chemists.

ASTM. 1987. Indexes of Whiteness and Yellowness of Near-White, Opaque Materials, E 313 ; and Identification of Instrumental Methods of Color or Color-Difference Measurement of Material, E 805. In **Standard on Color and Appearance Measurement.** New York : American Society of Testing Materials.

Foegeding, E.A.; Allen, C.E. and Dayton, W.R. 1986. Effect of Heating Rate on Thermally Formed Myosin, Fibrinogen and Albumin Gels. **J. Food Sci.** 51: 104-108.

Haaland, P.D. 1989. **Experimental Design in Biotechnology.** New York : Marcel Dekker.

Han-Ching, L. and Leinot, A. 1993. Surimi Composition and Technology : Present Status and Nutritional. **Inter. J. of Food Science and Nutrition.** 44(Suppl.) : S55-S63.

Kinoshita, M; Toyohara, H. and Shimizu, Y. 1990. Diverse Distribution of Four Distinct Type of Modori (Gel Degradation) Inducing Proteinase among Fish Species. **Nippon Suisan Gakkaishi.** 56(9) : 1485-1492.

Kumazawa, Y. ; Oozaki, Y.; Iwami, S.; Matsumoto, I. and Arai, K. 1990. Combined Protective Effect of Inorganic Pyrophosphate and Sugar on Freeze-Denaturation of Carp Myofibrillar Protein. **Nippon Suisan Gakkaishi.** 56(1) : 107-113.

Lanier, T.C. 1986. Functional Properties of Surimi. **Food Technol.** 40(3) : 107-114.

Matsumoto, J.J. 1980. Chemical Deterioration of Muscle Proteins during Frozen Storage. In : **Chemical Deterioration of Proteins : Advances in Chemistry Series No.123,** pp.95. Whitaker, J.R. and Fujimaki, M., eds. Washington. D.C. : American Chemical Society.

Norusis, M.J. 1993. **SPSS for Windows Base System Users Guide Release 6.0.** Illinois : SPSS, Inc.

Park, J.W. 1994. Functional Proteins Additives in Surimi Gels. **J.Food Sci.** 59(3) : 525-527.

Park, J.W. 1995. Effects of Salt, Surimi and /or Starch Content on Fracture Properties of Gel at Various Test Temperatures. **J. of Aquatic Food Product Technol.** 4(2) : 75-84.

Park, J.W.; Lin, T.M. and Yongsawatdigul, J. 1997. New Development in Manufacturing of Surimi and Surimi Seafood. **Food Rev.Int.** 13(4) : 577-610.

Ramirez, J.A. and Martin-Polo, M.O. 1996. Protein Interactions Inhibited by Sucrose during Fish Myosin Frozen Storage. In **Institute of Food Technology Annual Meeting : Book of Abstracts,** pp.144.

Shenouda, S.Y.K. 1980. Theories of Protein Denaturation during Storage of Fish Flesh. **Adv. Food Res.** 26 : 275.

Suzuki, T. 1981. **Fish and Krill Protein : Processing Technology.** London : Applied Science Publishers.

Yagi, H.; Sakamoto, M.; Wakameda, A. and Arai, K. 1985. Effect of Inorganic Polyphosphate on Thermal Denaturation of Carp Myofibrillar Protein at Low Ionic Strength. **Nippon Suisan Gakkaishi.** 51 : 667.

Yongsawatdigul, J.; Park, J.W.; Viratchakul, S. and Virulhakul, P. 1999. Proteolytic Degradation of Tropical Tilapia Surimi. **J. Food Science** ***(Submitted).***

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีในเนื้อปลานิลสด เนื้อปลานิลบดไม่ล้างน้ำแช่แข็งและชูริมิจากเนื้อปลานิลบดไม่ล้างน้ำแช่แข็งระยะเวลาการเก็บ 2 สัปดาห์

ตัวอย่าง	องค์ประกอบทางเคมี (%)				
	โปรตีน	ไขมัน	เถ้า	ความชื้น	PH
เนื้อปลานิลสด	18.8	2.2	1.1	76.8	6.60
เนื้อปลานิลบดไม่ล้างน้ำ	17.6	5.9	1.2	73.0	6.45
ชูริมิ	11.7	0.4	0.9	84.7	6.50

ตารางที่ 2 คุณสมบัติเชิงหน้าที่และค่าความขาวของเจลที่เตรียมจากเนื้อปลาบดไม่ล้างน้ำแช่แข็ง เก็บที่อุณหภูมิ -18 ± 2°ซ. ระยะเวลาต่าง ๆ

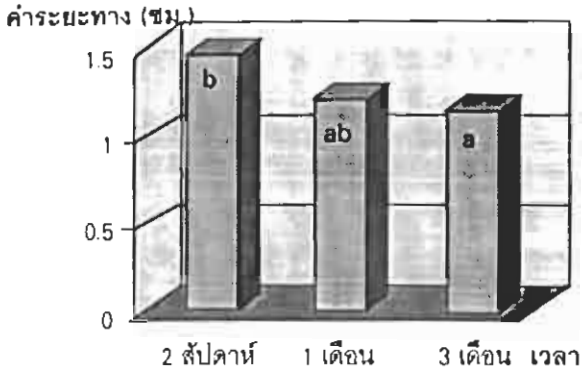
ระยะเวลาเก็บ	ค่าแรงกด [1/] (กรัม)	ค่าระยะทาง [2/] (ซม.)	ค่าความขาว [3/] (%)
2 สัปดาห์	202.9 [a]	1.44 [b]	63.68 [a]
1 เดือน	245.5 [b]	1.21 [ab]	64.86 [a]
3 เดือน	235.5 [b]	1.15 [a]	62.90 [a]

[1/ 2/ 3/] ตัวอักษรที่เหมือนกันตามแนวตั้งหมายถึงแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยทางสถิติ ($p > 0.05$)

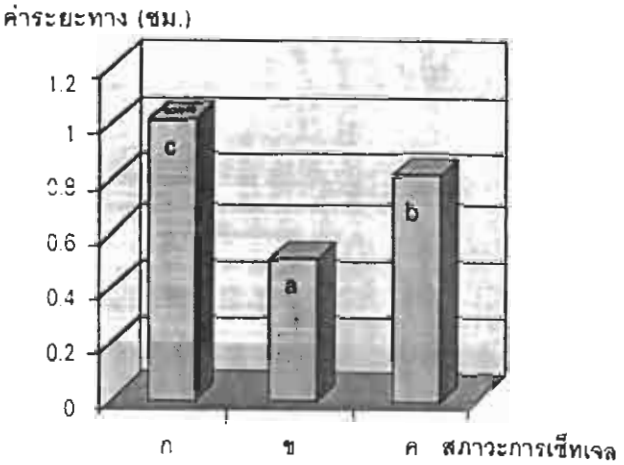
ตารางที่ 3 คุณสมบัติเชิงหน้าที่ของเจลชูริมิที่ผลิตจากเนื้อปลาบดไม่ล้างน้ำแช่แข็งที่เก็บที่อุณหภูมิ -18 ± 2 °ซ. นาน 2 สัปดาห์ และเซ็ทเจลที่สภาวะต่าง ๆ

สภาวะการเซ็ทเจล	ค่าแรงกด 1/ (กรัม)	ค่าระยะทาง 2/ (ซม.)
40°ซ. 60 นาที / 90°ซ. 40 นาที	227.8 [b]	1.01 [c]
60°ซ. 60 นาที / 90°ซ. 40 นาที	135.2 [a]	0.51 [a]
90°ซ. 40 นาที	156.5 [a]	0.81 [b]

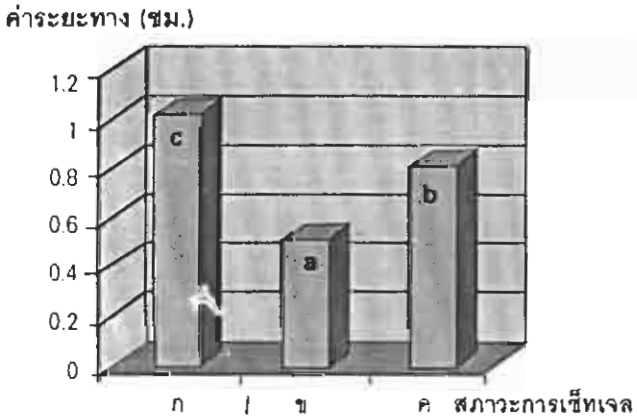
[1/ 2/] ตัวอักษรที่เหมือนกันตามแนวตั้งหมายถึงแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยทางสถิติ ($p > 0.05$)



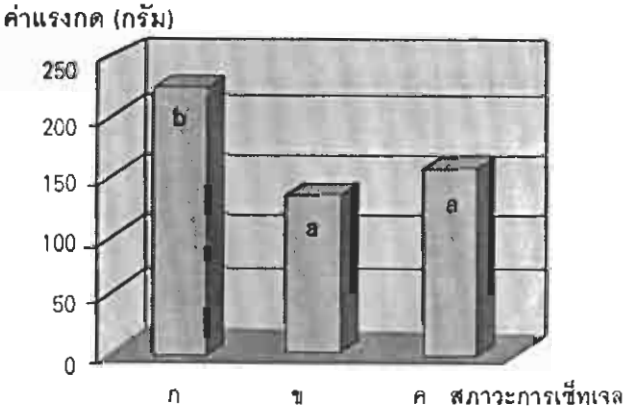
ภาพที่ 1 ค่าระยะทางก่อนเจลแตกของเจลจากเนื้อปลานิลบดไม่ล้างน้ำที่ระยะเวลาเก็บต่างกัน



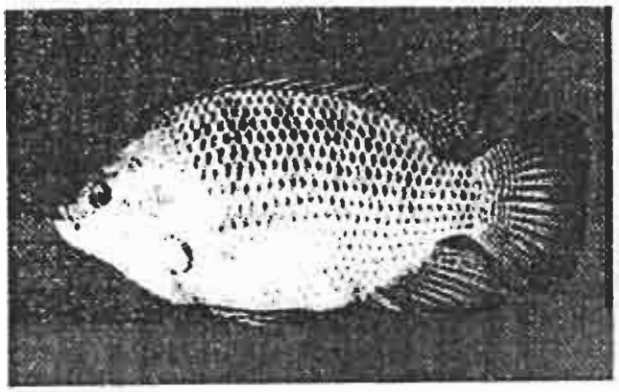
ภาพที่ 2 ค่าแรงกดที่ทำให้เจลแตกของเจลจากเนื้อปลานิลบดไม่ล้างน้ำที่ระยะเวลาเก็บต่างกัน



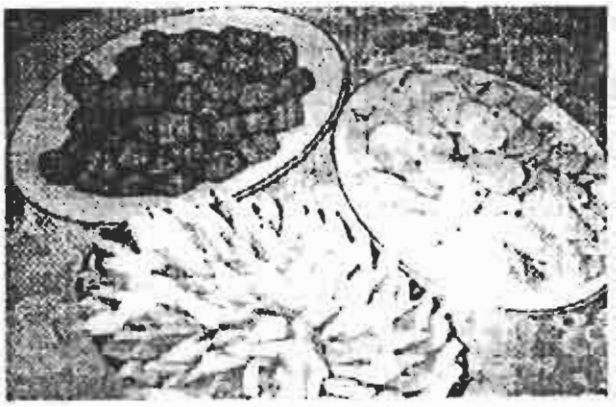
ภาพที่ 3 ค่าระยะทางก่อนเจลแตกของเจลชูริมิจากเนื้อปลาบดไม่ล้างที่สภาวะการเซ็ทเจล ก) 40°ซ. 60 นาที /90°ซ. 40 นาที ข) 60° ซ. 60 นาที/90°ซ 40 นาที และ ค) 90°ซ. 40 นาที



ภาพที่ 4 ค่าแรงกดที่ทำให้เจลแตกของเจลชูริมิจากเนื้อปลาบดไม่ล้างที่สภาวะการเซ็ทเจล ก) 40°ซ 60 นาที / 90°ซ 40 นาที ข)60°ซ 60 นาที /90°ซ 40 นาที และ ค) 90°ซ. 40 นาที



ภาพที่ 5 ปลานิล



ภาพที่ 6 ผลิตภัณฑ์จากซูริมิ

ภาพที่ 7 เนื้อปลานิลบดไม่ล้างแช่แข็ง

ภาพที่ 8 ซูริมิจากเนื้อปลานิลบดไม่ล้างน้ำแช่แข็ง