



วิทยานิพนธ์

การเก็บเกี่ยวและการใช้ประโยชน์เศษเหลือจากน้ำล้างซูริมิ
โดยใช้วิธีปรับพีเอช

RECOVERY AND UTILIZATION OF SURIMI WASH WATER
BY USING pH-SHIFTING METHOD

นายสิทธิชัย วัฒนวิภัทรเจริญ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2551



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)

ปริญญา

.....
วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

.....
วิทยาลัยสิ่งแวดล้อม

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การเก็บเกี่ยวและการใช้ประโยชน์เศษเหลือจากน้ำล้างซูริมิ โดยใช้วิธีปรับพีเอช

Recovery and Utilization of Surimi Wash Water by Using pH-Shifting Method

นามผู้วิจัย นายสิทธิชัย วัฒนวิภัทรเจริญ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ร่องศาสตราจารย์วันชัย วรวัฒนเมธิกุล, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ศาสตราจารย์วิทย์ ธารชลาณกิจ, ปร.ด.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(อาจารย์จุฑา มุกดาสนิท, Ph.D.)

ประธานสาขาวิชา

(ศาสตราจารย์เกษม จันทร์แก้ว, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(ร่องศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การเก็บเกี่ยวและการใช้ประโยชน์เศษเหลือจากน้ำล้างซูริมิ โดยใช้วิธีปรับพีเอช

Recovery and Utilization of Surimi Wash Water by Using pH-Shifting Method

โดย

นายสิทธิชัย วัฒนวิภัทรเจริญ

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตรบัณฑิตสิ่งแวดล้อม)

พ.ศ. 2551

สิทธิชัย วัฒนวิภัทรเจริญ 2551: การเก็บเกี่ยวและการใช้ประโยชน์เศษเหลือจากน้ำล้าง
ซูริมิ โดยใช้วิธีปรับพีเอช ปรินญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)
สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม วิทยาลัยสิ่งแวดล้อม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก:
รองศาสตราจารย์วันชัย วรวัฒนเมธิกุล, Ph.D. 106 หน้า

ศึกษาการเก็บเกี่ยวเศษเหลือจากน้ำล้างซูริมิจากโรงงาน (พีเอช 7.85-8.12) โดยใช้วิธีปรับ
พีเอช พบว่า การเพิ่มของอุณหภูมิเป็นผลให้ปริมาณเศษเหลือที่เก็บเกี่ยวได้สูงขึ้น ขณะที่เวลาใน
การเก็บเกี่ยวเศษเหลือไม่มีผลต่อปริมาณเศษเหลือที่เก็บเกี่ยวได้ ซึ่งสภาวะที่เหมาะสมคือ การปรับ
พีเอชของน้ำล้างซูริมิในขั้นที่ 1 เป็นพีเอช 5.0 ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 20 นาที และ
ปรับพีเอชของน้ำล้างซูริมิในขั้นที่ 2 จากพีเอช 5.0 เป็น 7.0 ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ใช้เวลา
20 นาที ซึ่งเป็นสภาวะที่เสียค่าใช้จ่ายจากสารเคมีต่ำที่สุด เมื่อนำเศษเหลือที่เก็บเกี่ยวได้จากน้ำ
ล้างซูริมิในสภาวะที่เหมาะสมมาผลิตเป็นโปรตีนผง พบว่า โปรตีนผงมีปริมาณความชื้น โปรตีน
ไขมันและเถ้า ร้อยละ 2.08 80.59 3.78 และ 5.45 ตามลำดับ และมีองค์ประกอบที่สำคัญคือ
ปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายได้แก่ ทริปโตฟาน ทรีโอนีน ไอโซลิวซีน ลิวซีน ไลซีน วา
ลีน และฮิสติดีน ซึ่งมีปริมาณเพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลง
คุณภาพของโปรตีนผง ขณะเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (32 ± 2 องศาเซลเซียส) นาน 8 สัปดาห์
พบว่า ปริมาณโปรตีนและไขมันลดลง แต่ปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้น ตามระยะเวลาการเก็บที่เพิ่มขึ้น
เมื่อนำเอาโปรตีนผงมาเป็นส่วนผสมเพิ่มในเค้กเนยสดสูตรมาตรฐานปริมาณร้อยละ 5 โดย
น้ำหนัก แล้วนำมาทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสกับผู้ทดสอบที่ได้รับการฝึกฝน พบว่า
ได้รับการยอมรับในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง เมื่อนำเค้กเนยสดเสริมโปรตีนจาก
โปรตีนผงมาศึกษาองค์ประกอบทางเคมี พบว่า เค้กเนยสดเสริมโปรตีนจากโปรตีนผงมีปริมาณ
โปรตีนร้อยละ 7.05 สูงกว่าเค้กเนยสดต้นแบบ 1.45 เท่า เมื่อหาประสิทธิภาพของวิธีการในการ
บำบัดน้ำเสีย พบว่า สามารถบำบัดน้ำเสียในรูปของแข็งทั้งหมด ของแข็งละลาย ของแข็ง
แขวนลอย บีโอดี ซีโอดี ไนโตรเจนทั้งหมด ไขมันและน้ำมัน ลงได้ร้อยละ 40.31 24.42 88.42
66.08 65.86 55.54 55.38 และ 57.89 จากน้ำล้างซูริมิ ตามลำดับ ซึ่งการเก็บเกี่ยวเศษเหลือจากน้ำ
ล้างซูริมิ โดยใช้วิธีปรับพีเอช เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะช่วยลดปริมาณของเสียในน้ำทิ้งจาก
โรงงานอุตสาหกรรมอาหารทะเล

Sittichai Wattanavipatcharoen 2008: Recovery and Utilization of Surimi Wash Water by Using pH-Shifting Method. Master of Science (Environmental Science), Major Field: Environmental Science, College of Environment. Thesis Advisor: Associate Professor Wanchai Worawattanamateekul, Ph.D. 106 pages.

The pH-shifting method for washing mince fish meat from surimi manufacture (pH 7.85-8.12) were determined. There was direct correlation between percentage of precipitation and reaction temperature. Reaction time for shifting the pH had no effect on precipitation. The optimum condition for pH-shifting was at first from pH 7.85-8.12 to 5.0 at 10 °C for 20 min and then second from pH 5.0 to 7.0 at 10 °C for 20 min with minimum chemical cost. The properties of recovered protein powder (RPP) were 2.08% moisture 80.59% protein 3.78% fat and 5.45% ash. Main compositions of RPP are essential amino acids such as tryptophan, threonine, isoleucine, leucine, lysine, valine and histidine were sufficient for body requirement. Quality of RPP was investigated during 8 weeks at room temperature (32 ± 2 °C). The results showed that protein and fat content decreased with time, but moisture content increased. The RPP could be added at 5% by weight to butter cake. Trained panel test indicated that this product was accepted at the level of like slightly to like moderately. The property of butter cake added RPP was 7.05% protein which was 1.45 fold of the sample without RPP. The efficiency of pre-treatment system to treat total solids total dissolved solids total suspended solids biochemical oxygen demand chemical oxygen demand total nitrogen oil and grease up to 40.31% 24.42% 88.42% 66.08% 65.86% 55.54% 55.38% and 57.89%, respectively. The pH-shifting method is one solution for reduce discard waste water from seafood industries.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

____ / ____ / ____

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์วันชัย วรวัฒนเมธีกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ศาสตราจารย์วิทย์ ธารชลาณกิจ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม อาจารย์จุฑา มุกดาสนิท อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม รองศาสตราจารย์นิพนธ์ ดังคนานุรักษ์ ประธานการสอบ และผู้ช่วยศาสตราจารย์จรรย์ พณิชยกุล ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ ตรวจสอบ แก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ และช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณ บริษัท แปซิฟิก มารีนฟู๊ดโปรดักส์ จำกัด ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์วัสดุในการทดลองครั้งนี้ ขอขอบคุณร้านวิบูลย์พร ที่เอื้อเฟื้อในการทำเค้กที่ใช้ในการทดลอง ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ในภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมงและเจ้าหน้าที่ในโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ทุกท่านที่ช่วยแนะนำ และช่วยเหลือในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทำวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ขอขอบคุณทีมงานสัมมนา พี่-น้องวิทยาลัยสิ่งแวดล้อม เพื่อน สวล. รุ่นที่ 29 เพื่อนมินกร 52 และเพื่อน ส.ก.ป. รุ่นที่ 4 ที่คอยให้กำลังใจและความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ ด้วยดีเสมอมา ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ คุณน้ำ และพี่ๆ ทุกท่าน ที่คอยให้ความช่วยเหลือ ให้กำลังใจ ชี้แนะและสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงไป

สุดท้ายข้าพเจ้าขออุทิศคุณความดีที่เกิดขึ้นจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ แด่คุณช้อย แซ่ตั้ง ตลอดจนบุพการี ครู-อาจารย์ ญาติมิตรและผู้มีพระคุณทุกท่านของข้าพเจ้าตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน

สิทธิชัย วัฒนวิภัทรเจริญ

พฤษภาคม 2551

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(6)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	26
อุปกรณ์	26
วิธีการ	29
ผลและวิจารณ์	35
สรุปและข้อเสนอแนะ	63
สรุป	63
ข้อเสนอแนะ	64
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	65
ภาคผนวก	73
ภาคผนวก ก วิธีวิเคราะห์ทางเคมี	74
ภาคผนวก ข วิธีวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา	89
ภาคผนวก ค การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส	92
ภาคผนวก ง การวิเคราะห์ทางสถิติ	95
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	106

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลาทรายแดง	35
2	ปริมาณองค์ประกอบของน้ำล้างซูริมครั้งที่ 1	36
3	ปริมาณโปรตีนที่เก็บเกี่ยวได้จากน้ำล้างซูริมที่พีเอช 3.0 3.5 4.0 4.5 5.0 และ 5.5	38
4	ปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการปรับพีเอชของน้ำล้างซูริม	41
5	ต้นทุนการผลิตเศษเหลือจากน้ำล้างซูริมต่อ 1 กิโลกรัม	41
6	ต้นทุนวัตถุดิบที่ใช้ผลิตโปรตีนผง เปรียบเทียบกับต้นทุนวัตถุดิบที่ใช้ผลิตโปรตีนปลาไฮโดรไลเซตผง และราคาปลาป่นเบอร์ 1 (อาหารสัตว์)	41
7	ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของโปรตีนผง	45
8	ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนของโปรตีนผง	47
9	ปริมาณความชื้น โปรตีน และไขมัน ของโปรตีนผง ภายหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องในระยะเวลา 0 2 4 6 และ 8 สัปดาห์	48
10	คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของเค้กเนยสดเสริมโปรตีนจากโปรตีนผงเปรียบเทียบกับเค้กเนยสดเสริมโปรตีนจากเนื้อปลา	50
11	ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของเค้กเนยสดต้นแบบ เค้กเนยสดเสริมโปรตีนจากเนื้อปลา และเค้กเนยสดเสริมโปรตีนจากโปรตีนผง	51
12	การตรวจสอบทางจุลชีววิทยาของเค้กเนยสดต้นแบบ เค้กเนยสดเสริมโปรตีนจากเนื้อปลา และเค้กเนยสดเสริมโปรตีนจากโปรตีนผง	52
13	คุณภาพน้ำของน้ำล้างซูริมครั้งที่ 1	53

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
ง1 การวิเคราะห์ทางสถิติค่าปริมาณโปรตีนที่เก็บเกี่ยวได้จากน้ำเลี้ยงจุลินทรีย์ พีเอช 3.0 3.5 4.0 4.5 5.0 และ 5.5	96
ง2 การวิเคราะห์ทางสถิติค่าปริมาณเศษเหลือที่เก็บเกี่ยวได้จากน้ำเลี้ยงจุลินทรีย์ พีเอช 5.0 ที่อุณหภูมิ 10 20 และ 30 องศาเซลเซียส	96
ง3 การวิเคราะห์ทางสถิติค่าปริมาณเศษเหลือที่เก็บเกี่ยวได้จากน้ำเลี้ยงจุลินทรีย์ พีเอช 4.0 ที่อุณหภูมิ 10 20 และ 30 องศาเซลเซียส	96
ง4 การวิเคราะห์ทางสถิติค่าปริมาณเศษเหลือที่เก็บเกี่ยวได้จากน้ำเลี้ยงจุลินทรีย์ พีเอช 3.0 ที่อุณหภูมิ 10 20 และ 30 องศาเซลเซียส	97
ง5 การวิเคราะห์ทางสถิติค่าปริมาณเศษเหลือที่เก็บเกี่ยวได้จากน้ำเลี้ยงจุลินทรีย์ พีเอช 5.0 โดยใช้เวลาในการเก็บเกี่ยวเศษเหลือนาน 20 30 และ 40 นาที	97
ง6 การวิเคราะห์ทางสถิติค่าปริมาณเศษเหลือที่เก็บเกี่ยวได้จากน้ำเลี้ยงจุลินทรีย์ พีเอช 4.0 โดยใช้เวลาในการเก็บเกี่ยวเศษเหลือนาน 20 30 และ 40 นาที	97
ง7 การวิเคราะห์ทางสถิติค่าปริมาณเศษเหลือที่เก็บเกี่ยวได้จากน้ำเลี้ยงจุลินทรีย์ พีเอช 3.0 โดยใช้เวลาในการเก็บเกี่ยวเศษเหลือนาน 20 30 และ 40 นาที	98
ง8 การวิเคราะห์ทางสถิติค่าปริมาณความชื้นของโปรตีนผง ภายหลังการเก็บรักษาในระยะเวลา 0 2 4 6 และ 8 สัปดาห์	98
ง9 การวิเคราะห์ทางสถิติค่าปริมาณโปรตีนของโปรตีนผง ภายหลังการเก็บรักษาในระยะเวลา 0 2 4 6 และ 8 สัปดาห์	98
ง10 การวิเคราะห์ทางสถิติค่าปริมาณไขมันของโปรตีนผง ภายหลังการเก็บรักษาในระยะเวลา 0 2 4 6 และ 8 สัปดาห์	99
ง11 การวิเคราะห์ทางสถิติค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำเลี้ยงจุลินทรีย์ ภายหลังการเก็บเกี่ยวเศษเหลือที่พีเอช 3.0 4.0 และ 5.0	99
ง12 การวิเคราะห์ทางสถิติค่าปริมาณของแข็งละลายของน้ำเลี้ยงจุลินทรีย์ ภายหลังการเก็บเกี่ยวเศษเหลือที่พีเอช 3.0 4.0 และ 5.0	99

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
ง13 การวิเคราะห์ทางสถิติค่าปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำล้างซูริมิ ภายหลังการเก็บเกี่ยวเศษเหลือที่พีเอช 3.0 4.0 และ 5.0	100
ง14 การวิเคราะห์ทางสถิติค่าปริมาณบีโอดีของน้ำล้างซูริมิ ภายหลังการเก็บเกี่ยวเศษเหลือที่พีเอช 3.0 4.0 และ 5.0	100
ง15 การวิเคราะห์ทางสถิติค่าปริมาณซีโอดีของน้ำล้างซูริมิ ภายหลังการเก็บเกี่ยวเศษเหลือที่พีเอช 3.0 4.0 และ 5.0	100
ง16 การวิเคราะห์ทางสถิติค่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของน้ำล้างซูริมิ ภายหลังการเก็บเกี่ยวเศษเหลือที่พีเอช 3.0 4.0 และ 5.0	101
ง17 การวิเคราะห์ทางสถิติค่าปริมาณไขมันและน้ำมันของน้ำล้างซูริมิ ภายหลังการเก็บเกี่ยวเศษเหลือที่พีเอช 3.0 4.0 และ 5.0	101
ง18 การวิเคราะห์ทางสถิติค่าปริมาณความชื้นของเค้กเนยสดต้นแบบ เค้กเนยสดเสริมโปรตีนจากเนื้อปลาและเค้กเนยสดเสริมโปรตีนจากโปรตีนผง	101
ง19 การวิเคราะห์ทางสถิติค่าปริมาณโปรตีนของเค้กเนยสดต้นแบบ เค้กเนยสดเสริมโปรตีนจากเนื้อปลาและเค้กเนยสดเสริมโปรตีนจากโปรตีนผง	102
ง20 การวิเคราะห์ทางสถิติค่าปริมาณไขมันของเค้กเนยสดต้นแบบ เค้กเนยสดเสริมโปรตีนจากเนื้อปลาและเค้กเนยสดเสริมโปรตีนจากโปรตีนผง	102
ง21 การวิเคราะห์ทางสถิติค่าปริมาณเถ้าของเค้กเนยสดต้นแบบ เค้กเนยสดเสริมโปรตีนจากเนื้อปลาและเค้กเนยสดเสริมโปรตีนจากโปรตีนผง	102
ง22 การวิเคราะห์ทางสถิติคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านสี ของเค้กเนยสดเสริมโปรตีนจากเนื้อปลาเปรียบเทียบกับเค้กเนยสดเสริมโปรตีนจากโปรตีนผง	103
ง23 การวิเคราะห์ทางสถิติคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่น ของเค้กเนยสดเสริมโปรตีนจากเนื้อปลาเปรียบเทียบกับเค้กเนยสดเสริมโปรตีนจากโปรตีนผง	103

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
ง24 การวิเคราะห์ทางสถิติคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติ ของเค้กเนยสดเสริมโปรตีนจากเนื้อปลาเปรียบเทียบกับเค้กเนยสดเสริม โปรตีนจากโปรตีนผง	104
ง25 การวิเคราะห์ทางสถิติคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัส ของเค้กเนยสดเสริมโปรตีนจากเนื้อปลาเปรียบเทียบกับเค้กเนยสดเสริม โปรตีนจากโปรตีนผง	104
ง26 การวิเคราะห์ทางสถิติคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านความชอบ รวม ของเค้กเนยสดเสริมโปรตีนจากเนื้อปลาเปรียบเทียบกับเค้กเนยสดเสริม โปรตีนจากโปรตีนผง	105

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	กระบวนการผลิตซูริมิและของเสียที่เกิดขึ้น	5
2	ค่าซีไอดี และปริมาณโปรตีนสัมพัทธ์ของน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตซูริมิ	16
3	โมเลกุลของโปรตีน	23
4	ปริมาณเศษเหลือที่เก็บเกี่ยวได้จากน้ำล้างซูริมิที่อุณหภูมิ 10 20 และ 30 องศาเซลเซียส	39
5	ปริมาณเศษเหลือที่เก็บเกี่ยวได้จากน้ำล้างซูริมิในเวลา 20 30 และ 40 นาที	40
6	กระบวนการเก็บเกี่ยวเศษเหลือจากน้ำล้างซูริมิ และการผลิตโปรตีนผง	43
7	โปรตีนผงที่ผลิตได้จากเศษเหลือที่เก็บเกี่ยวได้จากน้ำล้างซูริมิ	44
8	ปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำล้างซูริมิที่พีเอช 3.0 4.0 และ 5.0	55
9	ปริมาณของแข็งละลายของน้ำล้างซูริมิที่พีเอช 3.0 4.0 และ 5.0	56
10	ปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำล้างซูริมิที่พีเอช 3.0 4.0 และ 5.0	57
11	ปริมาณบีไอดีของน้ำล้างซูริมิที่พีเอช 3.0 4.0 และ 5.0	59
12	ปริมาณซีไอดีของน้ำล้างซูริมิที่พีเอช 3.0 4.0 และ 5.0	60
13	ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของน้ำล้างซูริมิที่พีเอช 3.0 4.0 และ 5.0	61
14	ปริมาณไขมันและน้ำมันของน้ำล้างซูริมิที่พีเอช 3.0 4.0 และ 5.0	62

การเก็บเกี่ยวและการใช้ประโยชน์เศษเหลือจากน้ำล้างซูริมิ โดยใช้วิธีปรับพีเอช

Recovery and Utilization of Surimi Wash Water by Using pH-Shifting Method

คำนำ

ซูริมิเป็นผลิตภัณฑ์ประมงชนิดหนึ่ง ที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด เช่น ลูกชิ้นปลา ปูอัด ขนมหุ้ง ผลิตภัณฑ์หุบทอดต่างๆ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภค ปัจจุบันประเทศไทยมีการส่งออกซูริมิไปยังประเทศต่างๆ ในปี 2550 มีปริมาณ 8,211.43 เมตริกตัน มีมูลค่า 405.93 ล้านบาท (สมาคมอาหารแช่เยือกแข็งไทย, 2551) การผลิตซูริมิมียุคหลายขั้นตอน เริ่มตั้งแต่การตัดหัว เอาอวัยวะภายในออก แยกเนื้อปลากับหนังและก้าง การล้างเนื้อปลาสด จากนั้นนำมาบีบน้ำออก แล้วผสมวัตถุดิบอาหาร ได้แก่ น้ำตาลและฟอสเฟต นวดให้เข้ากัน จนเกิดความเหนียว แล้วทำให้เป็นก้อนขนาด 10 กิโลกรัม นำไปผ่านกรรมวิธีแช่เยือกแข็ง โดยให้อุณหภูมิที่จุดกึ่งกลางของผลิตภัณฑ์ให้ต่ำกว่า -18 องศาเซลเซียส

น้ำทิ้งที่ออกจากกระบวนการผลิตซูริมิมาจากหลายขั้นตอน เริ่มตั้งแต่การใช้ล้างปลา น้ำที่ใช้ล้างเนื้อปลาสด จนกระทั่งน้ำที่ออกจากเครื่องบีบน้ำออกจากเนื้อปลา ซึ่ง Lin *et al.* (1995) ได้ศึกษาพบว่าในการผลิตซูริมิจากปลาแปซิฟิกไวท์ทิง (pacific whiting) 1 กิโลกรัม จะใช้น้ำในกระบวนการผลิต 29.1 ± 3.5 ลิตร โดย Niki *et al.* (1985) ได้ศึกษาพบว่า น้ำทิ้งจากขั้นตอนการล้างเนื้อปลาสดครั้งที่ 1 มีค่าซีโอดีสูงถึงร้อยละ 45 ของค่าซีโอดีของน้ำทิ้งจากทั้งกระบวนการผลิตซูริมิ และมีปริมาณโปรตีนในน้ำทิ้งจากขั้นตอนการล้างเนื้อปลาสดครั้งที่ 1 คิดเป็นร้อยละ 55 ของปริมาณโปรตีนในน้ำทิ้งทั้งหมด โดยโปรตีนที่มีปริมาณสูงทำให้เป็นที่สนใจในการศึกษาการเก็บเกี่ยวเศษเหลือจากน้ำล้างซูริมิที่มีโปรตีนเป็นองค์ประกอบหลัก เพื่อนำเศษเหลือมา उपयोग

การทดลองนี้มุ่งที่จะศึกษาถึงสถานะที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยวเศษเหลือจากน้ำล้างซูริมิที่ได้จากโรงงานอุตสาหกรรมและการใช้ประโยชน์จากเศษเหลือที่เก็บเกี่ยวได้ ทั้งยังศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำของวิธีการ เพื่อเป็นแนวทางในการลดของเสียภายในโรงงานอุตสาหกรรมก่อนเข้าสู่ระบบบำบัดปกติ และเพิ่มมูลค่าของเศษเหลือที่เก็บเกี่ยวได้

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาสถานะที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยวเศษเหลือจากน้ำล้างซูริมิ โดยใช้วิธีปรับพีเอช
2. ศึกษาการใช้ประโยชน์เศษเหลือที่เก็บเกี่ยวได้จากน้ำล้างซูริมิ
3. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำของน้ำล้างซูริมิ ในการเก็บเกี่ยวเศษเหลือจากน้ำล้างซูริมิ โดยใช้วิธีปรับพีเอช

การตรวจเอกสาร

1. การผลิตซูริมิและของเสียจากการผลิตซูริมิ

1.1 ซูริมิและผลิตภัณฑ์จากซูริมิ

คำว่า ซูริมิ มาจากภาษาญี่ปุ่น หมายถึง ผลิตภัณฑ์อาหารโปรตีนที่ได้จากการเอาเนื้อปลาสดที่ผ่านการตัดหัว เอาอวัยวะภายในออก มาผ่านกรรมวิธีแยกเนื้อซึ่งจะได้เนื้อปลาสด แล้วนำเนื้อปลาสดที่ได้มาล้างน้ำ ผ่านกรรมวิธีบีบน้ำ แล้วผสมวัตถุดิบอาหาร ได้แก่ น้ำตาลและฟอสเฟต นวดให้เข้ากันจนเกิดความเหนียว แล้วทำให้เป็นก้อนขนาด 10 กิโลกรัม ต่อจากนั้นนำไปผ่านกรรมวิธีแช่เยือกแข็ง โดยลดอุณหภูมิที่จุดกึ่งกลางของผลิตภัณฑ์ให้ต่ำกว่า -18 องศาเซลเซียส และเก็บรักษาโดยควบคุมอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ไว้ที่ -18 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่าให้สม่ำเสมอตลอดเวลา ปลาที่นิยมใช้ในการผลิตซูริมิ ได้แก่ ปลาทูน่าแดง ปลาทูน่าขาว ปลาคาโตะ ปลาจวด ปลาดาวหวาน ปลาแพะ ปลาเห็ดโคน ปลาดาบเงิน ปลาไหลทะเล ปลาเคย และปลาเป็ด เป็นต้น (วรรณวิบูลย์, 2533) ส่วนปลาที่นำมาศึกษานี้คือ ปลาทูน่าแดง ซึ่งเป็นปลาทะเลที่มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ *Nemipterus* sp. ชื่อสามัญ threadfin bream

ซูริมิใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับการแปรรูปผลิตภัณฑ์หลายชนิด โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่ต้องการเนื้อสัมผัสที่มีความยืดหยุ่น และสามารถอุ้มน้ำได้สูง ทั้งนี้เป็นผลจากการมีสมบัติเชิงหน้าที่ที่ดีของโปรตีนไมโอไฟบริลลาร์ในซูริมิ ประเทศญี่ปุ่นเป็นประเทศต้นกำเนิดซูริมิเพื่อการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์หลายชนิด ผลิตภัณฑ์จากซูริมิแบบดั้งเดิมที่เป็นที่รู้จักกันดี ได้แก่ คามาโบโกะ (kamaboko) และด้วยความก้าวหน้าของกระบวนการผลิต ตลอดจนความก้าวหน้าของเทคโนโลยีเพื่อการดัดแปลงสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนมีผลให้เกิดการผลิตผลิตภัณฑ์จากซูริมิเพิ่มขึ้นทั้งชนิดและปริมาณ และได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคอย่างรวดเร็ว ตัวอย่างของผลิตภัณฑ์จากซูริมิแบบใหม่ที่สำคัญ ได้แก่ ผลิตภัณฑ์เลียนแบบเนื้อสัตว์น้ำต่างๆ เช่น ผลิตภัณฑ์เลียนแบบเนื้อปู หรือเนื้อกุ้ง เป็นต้น (จักรี, 2544)

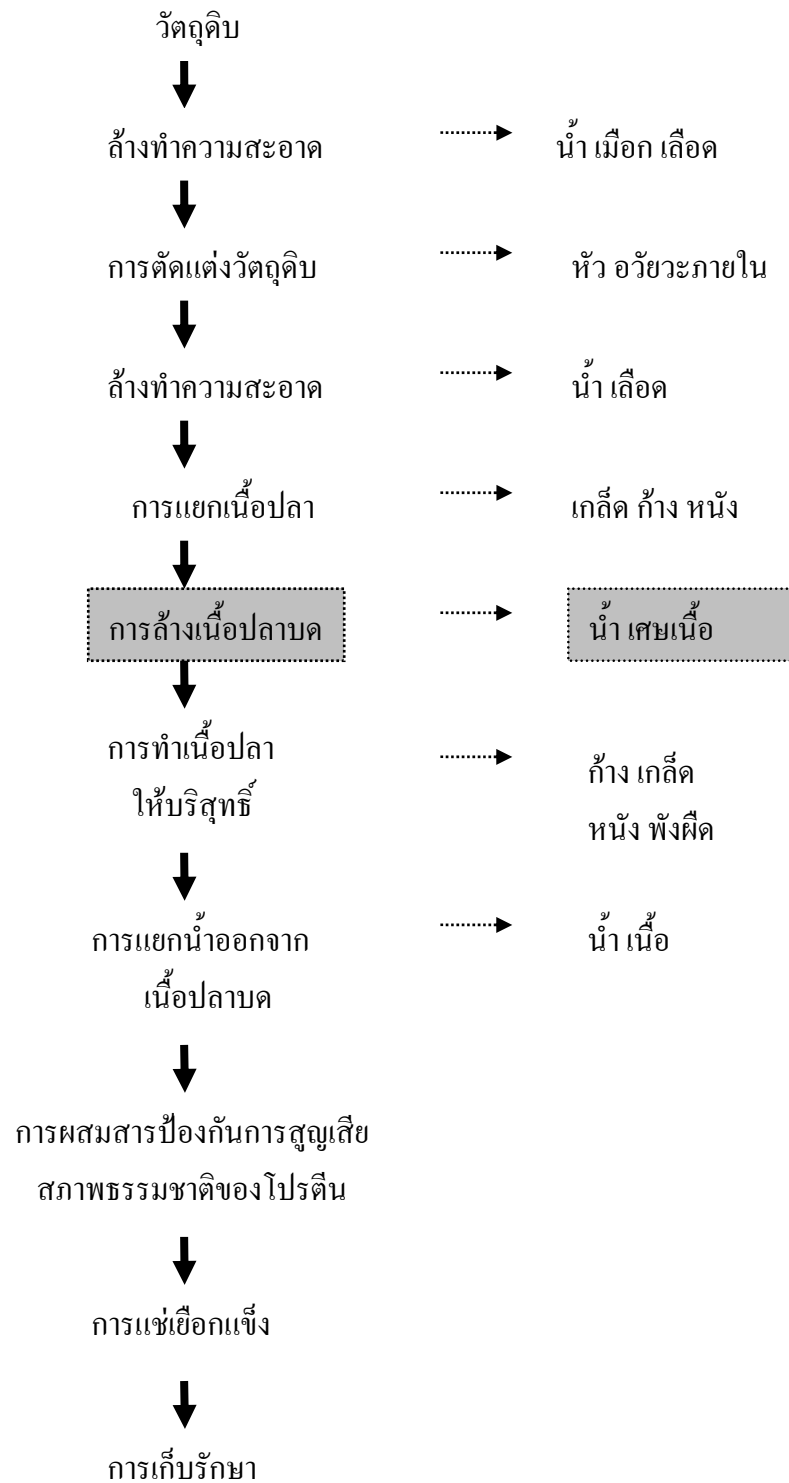
ผลิตภัณฑ์จากซูริมิในยุคแรกในประเทศญี่ปุ่นร้อยละ 90 ได้แก่ ผลิตภัณฑ์เจลที่เรียกกันว่า คามาโบโกะ ส่วนที่เหลือได้แก่ ไส้กรอกปลา แซมปลา และเบอร์เกอร์ปลา คามาโบโกะสามารถจำแนกออกเป็น 3 กลุ่มตามวิธีให้ความร้อน คือ ผลิตภัณฑ์ที่ให้ความร้อนโดยการนึ่ง ได้แก่

อิตะซึกิ คามาโบโกะ (itatsuki kamaboko) และนารูโตะ (naruto) สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการย่าง ได้แก่ ชิคุวะ (chikuwa) ส่วนผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทอด ได้แก่ ซัทซึมะอะเกะ (satsuma age) และเทมปุระ (tempura) ส่วนผลิตภัณฑ์จากซูริมิในยุคที่สอง ได้แก่ ผลิตภัณฑ์เลียนแบบเนื้อสัตว์ทะเลทั้งหลาย โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่เลียนแบบเนื้อปูและขาปู ในปัจจุบันอาจกล่าวได้ว่าผลิตภัณฑ์จากซูริมิได้เข้าสู่ยุคที่สามแล้ว ผลิตภัณฑ์จากซูริมิชนิดใหม่ๆ ที่ได้วางจำหน่ายในระยะที่ผ่านมา ได้แก่ ผลิตภัณฑ์หุบทอดผสมเกล็ดขนมงปิ้ง ลูกชิ้นปู (crab cake) ผลิตภัณฑ์เลียนแบบปลาแซลมอนรมควัน ไส้กรอกชนิดต่างๆ และส่วนประกอบของหน้าพิซซ่า (pizza topping) นอกจากนี้การนำซูริมิไปใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์เนื้อและบะหมี่ เป็นแนวทางการใช้ประโยชน์ซูริมิที่ได้รับความสนใจเพิ่มมากขึ้น (จักรี, 2544)

1.2 กระบวนการผลิตซูริมิและของเสียที่เกิดจากกระบวนการการผลิตซูริมิ

การผลิตซูริมิและของเสียที่เกิดขึ้นแสดงดังภาพที่ 1 มีกระบวนการดังนี้

1.2.1 การล้างทำความสะอาด คุณลักษณะที่สำคัญของซูริมิและผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค คือ การมีไขมันต่ำและมีสีขาว ดังนั้นจึงสามารถผลิตซูริมิจากปลาหลายชนิด แต่ปลาที่นิยมนำมาใช้ผลิตซูริมิเป็นปลาที่มีไขมันต่ำ (lean fish) ซึ่งมีไขมันต่ำกว่าร้อยละ 2 เนื่องจากจะไม่มีปัญหาการแยกไขมันออกจากเนื้อปลาสด โดยปลาที่นิยมนำมาใช้ประกอบด้วย ปลาอลาสกา พอลลอก (alaska pollock) ปลาไวต์ครอกเกอร์ (white croaker) ปลาแปซิฟิก ไวต์ทิง (pacific whiting) ปลาโฮกิ (hoki) ปลาลูไวต์ทิง (blue whiting) (Lee, 1994) ซึ่งความสดและความสะอาดของวัตถุดิบ ได้รับการพิจารณาว่าเป็นหัวใจที่สำคัญของการผลิตซูริมิ เพื่อให้ได้ซูริมิที่มีความสามารถในการเกิดเจลที่มีคุณภาพดี (Lee, 1986; Martinez, 1989) สำหรับซูริมิที่ผลิตจากปลาทรายแดง มีรายงานว่าการใช้ปลาที่ผ่านการเก็บในน้ำแข็งนานกว่า 2 วัน มาผลิตซูริมิ พบว่าเจลของซูริมามีความแข็งแรงต่ำกว่าเจลของซูริมิที่ผลิตจากปลาทรายแดงสด และคุณภาพของเจลจะไม่เป็นที่ยอมรับเมื่อใช้ปลาที่ผ่านการเก็บรักษาไว้นานกว่า 4 วัน (Yean, 1993) โดย Hsu (1990) รายงานว่าความสดของปลายังมีผลต่อผลผลิตของซูริมิอีกด้วย โดยวัตถุดิบที่มีความสดสูงจะให้ผลผลิตซูริมิสูง เมื่อรับวัตถุดิบมาแล้ว



ภาพที่ 1 กระบวนการผลิตซูริมิและของเสียที่เกิดขึ้น

ก่อนทำการผลิตต้องมีการล้างทำความสะอาดปลา เพื่อกำจัดสิ่งปนเปื้อนต่างๆ เช่น โคลน ทราย และจุลินทรีย์ ที่อาจติดมากับปลา การล้างน้ำควรใช้น้ำผสมคลอรีนที่มีอุณหภูมิ 9-10 องศาเซลเซียส และเก็บปลาไว้ในภาชนะที่สะอาด เพื่อรอทำการผลิตในขั้นตอนต่อไป (จักรี, 2544) เศษเหลือที่ได้จากขั้นตอนนี้คือ น้ำเมือก เลือด สิ่งปนเปื้อนต่างๆ

1.2.2 การตัดแต่งวัตถุดิบ ขั้นตอนนี้เป็นการตัดหัวปลาและอวัยวะภายในออก เนื่องจากส่วนของอวัยวะภายในปลาจะประกอบด้วยเอนไซม์ย่อยโปรตีน และการปนเปื้อนของเอนไซม์ดังกล่าวในเนื้อปลาคงมีผลทำให้คุณภาพสุริมีลดลง (Su *et al.*, 1981) โดยปลาที่จะนำมาตัดหัวและอวัยวะภายในออก ควรทำการตัดแต่งอย่างรวดเร็วหลังจากปลาผ่านพ้นระยะของการเกร็งตัวแล้ว และล้างทำความสะอาดอีกครั้ง เพื่อกำจัดเลือดและเอนไซม์ นอกจากนี้ส่วนหัวและอวัยวะภายในของปลาจะมีไขมันสูง มีผลทำให้ความสามารถในการเกิดเจลของสุริมีลดลง รวมทั้งอวัยวะภายในจะทำให้สุริมีมีสีคล้ำ การตัดหัวปลาสามารถทำได้หลายแบบ การตัดหัวปลาในแนวตั้งฉากกับลำตัวเป็นวิธีที่เหมาะสมกับปลาที่มีขนาดเล็ก ส่วนการตัดในแนวเฉียงจะสูญเสียเนื้อปลาน้อยที่สุด การตัดแต่งอาจใช้แรงคนงาน หรืออาจใช้เครื่องตัดหัวและเอาอวัยวะภายในออก ในกรณีที่ปลามีขนาดใหญ่ก็เช่นกัน (Lee, 1984) เศษเหลือที่ได้จากขั้นตอนนี้คือ หัว อวัยวะภายใน เลือด เกล็ด

1.2.3 การแยกเนื้อปลา นิยมใช้เครื่องแยกเนื้อปลา (deboner) การทำงานของเครื่องแยกเนื้อปลาอาศัยการบีบอัดเนื้อปลาผ่านตะแกรงที่มีรูขนาดเล็ก ส่วนของก้างและหนังปลาจะติดอยู่บนแผ่นตะแกรงแต่ส่วนของเนื้อจะสามารถผ่านออกมาได้ โดยเมื่อผ่านเครื่องแยกจะได้เนื้อปลาประมาณร้อยละ 40-70 ของน้ำหนักเนื้อปลาเริ่มต้น ซึ่งขึ้นกับชนิดของปลา ขนาดและชนิดของเครื่องด้วย เครื่องแยกเนื้อปลาสามารถปรับระดับความดันในการกด สิ่งที่ควรระมัดระวัง คือ ถ้าใช้แรงกดมากเกินไปจะทำให้ได้เนื้อปลาออกมามาก แต่จะทำให้คุณภาพของสุริมีต่ำลง เนื่องจากมีส่วนกระดูกและหนังปนออกมา นอกจากนั้นสุริมีที่ผลิตได้จะมีสีคล้ำเนื่องจากสีของอวัยวะภายในติดออกมาด้วย การแยกเนื้อปลาควรทำสองครั้ง โดยการบีบอัดครั้งแรกใช้ความดันต่ำเนื้อปลาที่ได้จะมีสีขาวจัดอยู่ในชั้นที่มีคุณภาพดี ส่วนการบีบอัดครั้งที่สองจะใช้ความดันเพิ่มขึ้นสุริมีที่ได้จะมีชั้นคุณภาพต่ำกว่าและสุริมีมีสีคล้ำกว่า (Lee, 1984) เนื่องจากในขณะแยกเนื้อปลาจะมีแรงกลกระทำต่อชิ้นปลา ดังนั้นเพื่อป้องกันการเพิ่มอุณหภูมิของเนื้อปลาในระหว่างการแยกจึงต้องใช้ปลาที่อุณหภูมิต่ำ หรือลดอุณหภูมิของลูกกลิ้งทรงกระบอกทั้งก่อนหรือในระหว่างการแยกเนื้อ (จักรี, 2544) Hasting and Tavendale (1992) กล่าวว่าเนื้อปลาคัดได้จากการบีบอัดเนื้อปลาผ่านรูบนลูกกลิ้งขนาดของเนื้อปลาคัดเฉลี่ยที่ได้จึงมีขนาดโตกว่าขนาดของรู เช่น เนื้อปลาคัดที่แยกได้จากรูที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 5 มิลลิเมตร จะมีขนาดตั้งแต่ 4-13 มิลลิเมตร แม้ว่าการบีบอัดเนื้อปลาผ่านรูที่มี

ขนาดเล็กมากมีผลให้อุณหภูมิของน้ำในตู้เลี้ยงปลาได้มีขนาดเล็กลง จะเพิ่มประสิทธิภาพการล้างน้ำในตู้เลี้ยงปลาตลอดจนมีผลให้ซุริมีคุณภาพดีขึ้น (Tokunaga and Nishioka, 1989) แต่ก็มีผลทำให้มีการสูญเสียเนื้อปลาล้างเพิ่มสูงขึ้นด้วย ดังนั้นเพื่อเป็นการเพิ่มผลผลิตของกระบวนการผลิตเครื่องแยกเนื้อปลาที่ใช้กันทั่วไปจึงมีรูขนาด 5 มิลลิเมตร (Lee, 1986) ในระหว่างการแยกเนื้อปลา สิ่งปนเปื้อนต่างๆ เช่น ก้อนเลือด และเศษก้างปลาที่มีขนาดเล็กจะสามารถผ่านรูของลูกกลิ้งทรงกระบอก ในทางปฏิบัติมักจะยอมให้มีการปนเปื้อนสิ่งดังกล่าวในเนื้อปลาในระดับหนึ่ง เนื่องจากสามารถแยกออกจากเนื้อปลาได้ในขั้นตอนถัดไป สำหรับเลือดปลาเนื่องจากสามารถถูกออกซิไดซ์ได้อย่างรวดเร็วเมื่อสัมผัสอากาศ และมีผลให้สีเนื้อปลาเปลี่ยนแปลงประกอบกับไม่สามารถหลีกเลี่ยงการปนเปื้อนของเลือดปลาได้ ด้วยเหตุผลนี้เนื้อปลาที่แยกได้จึงต้องแช่ในน้ำเย็นทันทีที่ออกจากเครื่องแยกเนื้อปลา และเนื่องจากการล้างเนื้อปลาในขั้นตอนถัดไปจะต้องใช้อัตราส่วนระหว่างเนื้อปลาต่อน้ำที่แน่นอน ดังนั้นถึงที่ไซร่รองรับเนื้อปลาจากเครื่องแยกเนื้อปลา จึงออกแบบให้ทำหน้าที่ปรับอัตราส่วนระหว่างเนื้อปลาต่อน้ำเย็นไปด้วย (จักรี, 2544) เศษเหลือที่ได้จากขั้นตอนนี้คือ เลือด ก้าง เกล็ด

1.2.4 การล้างเนื้อปลา การล้างเนื้อปลามีวัตถุประสงค์เพื่อกำจัดโปรตีนที่ละลายน้ำ (โปรตีนซาร์โคพลาสมิก) กำจัดไขมันซึ่งจะเป็นสาเหตุของการหืนในระหว่างการเก็บแช่เยือกแข็งและเป็นตัวขัดขวางความแข็งแรงของเจล กำจัดคราบไขมันของพวกอิม ซึ่งสาเหตุทำให้สีของซุริมีคล้ำลง รวมทั้งองค์ประกอบอื่นๆ ที่ไม่ต้องการ เช่น หน้าง เลือด เอนไซม์ และสิ่งเจือปนอื่นๆ ซึ่งจะช่วยปรับปรุงคุณภาพการเกิดเจล ทำให้เนื้อปลามีสีขาวขึ้น และช่วยกำจัดกลิ่นที่ไม่ดีได้แก่ กลิ่นคาวปลา สารประกอบไนโตรเจน เช่น ปริมาณค่าที่ระเหยได้ (TVB) ไตรเมทิลเอมีน และแอมโมเนีย เป็นต้น (Lee, 1984) ในขั้นตอนการล้างเนื้อปลาจะประกอบด้วยการปฏิบัติหลายประการที่กระทำต่อเนื้อปลา ได้แก่ การแยกสิ่งปนเปื้อนออกจากเนื้อปลาด้วยแรงกล การล้างเนื้อปลาและการสกัดเนื้อปลาการปฏิบัติการทางกล เช่น การกวนสารแขวนลอยของเนื้อปลา เป็น การแยกสิ่งปนเปื้อนจากเนื้อปลาโดยเฉพาะไขมันและน้ำมันซึ่งจะลอยขึ้นสู่ผิวหน้า น้ำที่ใช้ล้างจะช่วยสกัดองค์ประกอบที่ละลายน้ำได้ออกจากเนื้อปลาโดยเฉพาะโปรตีนซาร์โคพลาสมิก ซึ่งทราบกันดีว่าจะขัดขวางการเกิดเจลของซุริ การแยกโปรตีนชนิดนี้ออกไปจึงมีผลให้ปริมาณโปรตีนไมโอไฟบริลลาร์ที่จำเป็นต่อการเกิดเจลมีสัดส่วนเพิ่มขึ้น (Lee, 1984) อุณหภูมิของน้ำเย็นที่ใช้ล้างเนื้อปลา จะทำให้น้ำมันปลาแข็งตัวและจับกันเป็นก้อนทำให้การแยกออกจากกันง่ายขึ้น การทำซุริต้องใช้ใช้น้ำปริมาณมากในการล้างเนื้อปลา ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดและความสดของเนื้อปลา น้ำล้างที่ทิ้งไปจะประกอบด้วยโปรตีนที่ละลายน้ำร้อยละ 0.34 (สุภรัตน์, 2529) การล้างเนื้อปลานิยมใช้น้ำเย็นที่อุณหภูมิประมาณ 10-15 องศาเซลเซียส หรือล้างด้วยน้ำเกลือเย็น 2 ครั้ง ครั้ง

แรกใช้น้ำเกลือที่มีความเข้มข้นร้อยละ 0.2 ครั้งที่สองใช้น้ำเกลือที่มีความเข้มข้นร้อยละ 0.3 ใช้อัตราส่วนของเนื้อปลาต่อน้ำเกลือที่ 1 ต่อ 4 โดยน้ำหนัก ในกรณีที่ปลาอยู่ในตระกูล gadoid ภายในตัวปลาจะมีทั้งเอนไซม์ trimethylamine oxidase และสาร trimethylamine oxide (TMAO) จึงสามารถสร้างสารฟอร์มาลดีไฮด์ได้ในระหว่างการเก็บรักษาแช่เยือกแข็ง โดยการล้างเนื้อปลาจะสามารถจัดได้ทั้งเอนไซม์และสารตั้งต้น TMAO ออกจากเนื้อปลาได้ จากการศึกษาในระยะหลังได้แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าการล้างยังมีผลทำให้ความแข็งแรงของเจลเพิ่มขึ้นอีกด้วย (Chen *et al.*, 1996) แม้ว่าปลาบางชนิดจะให้เจลที่มีความยืดหยุ่นสูง โดยไม่ต้องผ่านการล้างเนื้อปลา (Kudo *et al.*, 1973; Henniger *et al.*, 1988; Hastings, 1989) แต่การล้างยังมีความจำเป็นเนื่องจากจะช่วยขจัดสารให้กลิ่นรส ไขมัน เม็ดสี และองค์ประกอบอื่นๆ ที่ลดความคงตัวของโปรตีนในระหว่างการเก็บรักษาแช่เยือกแข็ง ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าซูริมิที่ผลิตโดยผ่านการล้าง 2 ครั้ง จะมีความคงตัวกว่าซูริมิที่ผลิตโดยผ่านการล้างเพียง 1 ครั้ง (Siah *et al.*, 1998)

พีเอชของน้ำเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สำคัญของขั้นตอนการล้างเนื้อปลาบดปกติปลาที่ไม่มีไขมันต่ำจะมีพีเอชอยู่ในช่วง 6.5-7.0 ขณะที่จุดไอโซอิเล็กทริก (isoelectric point) ของโปรตีนไมโอไฟบริลลาร์มีค่าพีเอชเป็น 5.3 ดังนั้นการใช้น้ำล้างที่มีความเป็นกรดจึงมีผลต่อความสามารถอุ้มน้ำของโปรตีน ถ้าพิจารณาในด้านความสะดวกของการบีบน้ำออกจากเนื้อปลาบด เพื่อหลีกเลี่ยงการบวมตัวของเนื้อปลาบด การใช้น้ำที่มีพีเอชใกล้เคียงกับจุดไอโซอิเล็กทริกของโปรตีนจึงเป็นแนวทางปฏิบัติที่เหมาะสม อย่างไรก็ตามการใช้น้ำล้างที่มีพีเอชในระดับต่ำๆ โปรตีนจะสูญเสียสภาพธรรมชาติ ซึ่งส่งผลให้ความสามารถในการเกิดเจลของซูริมิลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อน้ำที่ใช้ล้างเนื้อปลาบดมีพีเอชต่ำกว่า 6.0 ความแข็งแรงของเจลจะลดลงอย่างรุนแรง ดังนั้นเมื่อพิจารณาจากทั้งความแข็งแรงของเจลที่ต้องการ และการปฏิบัติงานในขั้นตอนการล้างและการแยกน้ำออกจากเนื้อปลาบด การใช้น้ำที่มีพีเอชเท่ากับ 6.5 หรือในช่วง 6.5-7.0 จึงเป็นแนวทางที่เหมาะสมที่สุด (Okada, 1981) จากการศึกษาการใช้น้ำที่มีพีเอชในช่วง 5.0-5.3 ล้างเนื้อปลาบดจากปลาไวด์ทิงพบว่าแม้ว่าการล้างจะมีผลให้ซูริมิที่ได้มีความยืดหยุ่นและความยืดเคาะลดลง แต่เจลที่ได้ยังคงจัดอยู่ในคุณภาพระดับชั้น A หรือ B เมื่อประเมินด้วยวิธีการพับ และที่สำคัญพบว่าการล้างด้วยน้ำที่มีความเป็นกรด จะมีประสิทธิภาพขจัดสารไตรเมทิลเอมีนออกไซด์และไขมันได้ดี โดยสามารถใช้น้ำน้อยกว่าการล้างแบบปกติถึงร้อยละ 80 และทำให้ได้ผลผลิตซูริมิเพิ่มขึ้น เนื่องจากสามารถลดการสูญเสียอนุภาคเนื้อปลาบดที่มีขนาดเล็กในขั้นตอนการล้างได้ด้วย (Pacheco-Aguilar *et al.*, 1989)

ปริมาณน้ำที่ใช้ล้างและจำนวนครั้งที่ล้างจะถูกกำหนดโดยชนิดและสภาพของปลาที่ใช้ คำนวณน้ำที่ใช้ทั่วไปสำหรับการล้างเนื้อปลาบดคือ เนื้อปลาบดที่ได้จากปลาที่มีไขมันสูง

หรือจากปลาที่มีความสดต่ำจำเป็นต้องมีการล้างซ้ำหลายครั้ง Lee (1986) ได้เสนอว่าปริมาณน้ำในการจัดโปรตีนซาร์โคพลาสมิก และ TMAO ออกจากเนื้อปลาสด สามารถใช้เป็นตัวชี้บ่งชี้ประสิทธิภาพการล้างได้ การล้างเนื้อปลาสดด้วยน้ำในอัตราส่วนระหว่างเนื้อปลากับน้ำเท่ากับ 1:3 เมื่อเนื้อปลาสดผ่านการล้าง 2 ครั้ง การล้างเนื้อปลาสดในลำดับต่อไปจะมีผลให้การกำจัดซาร์โคพลาสมิกและ TMAO ออกจากเนื้อปลาสดในระดับต่ำ แม้ว่าการล้างในครั้งที่ 3 จะยังสามารถกำจัดโปรตีนซาร์โคพลาสมิกออกได้อีก แต่ก็มีผลให้โปรตีนลดลงน้อยกว่าการล้างในครั้งแรก ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าการล้างเนื้อปลาสด 2 ครั้ง เป็นการเพียงพอต่อการจัดสารที่ไม่ต้องการ อย่างไรก็ตามเนื่องจากคุณภาพของซูริมิไม่ได้มีเพียงความแข็งแรงของเจลเท่านั้นแต่ยังมีปัจจัยคุณภาพด้านอื่นๆ ตลอดจนความคงตัวของซูริมิในระหว่างการเก็บรักษา ที่ต้องนำมาพิจารณาด้วยก่อนการกำหนดสภาวะในการล้างเนื้อปลาสด ซึ่งจำนวนครั้งที่ใช้ในการล้างเนื้อปลาสดที่เหมาะสมยังขึ้นกับชนิดของประกอบ และความสดของวัตถุดิบที่ใช้ผลิต ในการล้างครั้งแรกองค์ประกอบที่ไม่ต้องการจะถูกแยกออกอย่างง่ายด้วยการเจือจางด้วยน้ำ การล้างในครั้งแรกนี้ต้องใช้เวลาระยะหนึ่งเพื่อแยกองค์ประกอบดังกล่าวออกจากเนื้อปลาสด ในการศึกษาของ Lee (1986) พบว่าการแยกองค์ประกอบที่ไม่ต้องการออกจากเนื้อปลาสดในการล้างแต่ละครั้ง นอกจากจะขึ้นอยู่กับอัตราส่วนระหว่างเนื้อปลาสดและน้ำที่ใช้ล้างแล้ว ยังขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่กวนเนื้อปลาสดระหว่างการล้างด้วย ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าปริมาณของโปรตีนที่ถูกจัดออกจะเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน เมื่อระยะเวลาที่ใช้ล้างเพิ่มขึ้นเป็น 9 หรือ 12 นาที หลังจากนั้นแม้ว่าจะเพิ่มเวลาล้างอีกก็ไม่มีผลให้การกำจัดโปรตีนออกจากเนื้อปลาสดเพิ่มขึ้นแต่อย่างใด ดังนั้นการล้างเนื้อปลาสดนาน 9-12 นาที จึงเพียงพอในการจัดโปรตีนและองค์ประกอบอื่นๆ ที่ไม่ต้องการ การล้างเนื้อปลาสดที่นานเกินไปนอกจากจะไม่เพิ่มประสิทธิภาพการล้างแล้วกลับมีผลทำให้เนื้อปลาสดบวมน้ำอีกด้วย Lin and Park (1997) ได้รายงานว่าอัตราส่วนระหว่างน้ำที่ใช้ล้างกับเนื้อปลาสด มีผลต่อระยะเวลาที่ควรใช้ล้างเนื้อปลาสดด้วย แม้ว่าจะระยะเวลาที่เหมาะสมของการล้างเนื้อปลาสดจะขึ้นอยู่กับความสดของวัตถุดิบ อุณหภูมิของน้ำและขนาดของอนุภาคเนื้อปลาสด แต่ระยะเวลาที่แนะนำให้ล้างเนื้อปลาสดในระดับอุตสาหกรรมคือ 15-20 นาที สำหรับการแยกน้ำออกจากเนื้อปลาสดระหว่างการล้างในแต่ละครั้ง พบว่ามีผลให้สูญเสียเนื้อปลาสดขนาดเล็กไป การสูญเสียดังกล่าวจะเกิดมากในขั้นตอนการล้างและการบีบน้ำออกจากเนื้อปลาสดในครั้งแรก (Pacheco-Aguilar *et al.*, 1989) โดยการสูญเสียในขั้นตอนนี้อาจสูงถึงร้อยละ 8 ของน้ำหนักเนื้อปลาเริ่มต้น (Lee, 1986) เศษเหลือที่ได้จากขั้นตอนนี้คือ โปรตีน ไขมัน สารที่ให้อาหาร สีสัน เกล็ด เอนไซม์ต่างๆ

1.2.5 การทำเนื้อปลาให้บริสุทธิ์ ในขั้นตอนนี้เนื้อปลาสดที่ผ่านการล้างและแยกน้ำออกเบื้องต้นจะถูกทำให้บริสุทธิ์เพิ่มขึ้นโดยการแยกเศษก้าง เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน เกล็ด หนังหรือส่วน

อื่นๆ ที่ไม่ต้องการออก ข้อพิจารณาที่สำคัญของขั้นตอนนี้ คือ การทำให้เนือปลามีความบริสุทธิ์มากที่สุดโดยให้การสูญเสียเนือปลาบดเกิดขึ้นน้อยที่สุดหรือได้ผลผลิตในระดับสูง และการป้องกันการเพิ่มอุณหภูมิของเนือปลาบดขณะแยกสิ่งปนเปื้อน ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาเครื่อง refiner ที่มีประสิทธิภาพการทำงานที่ดี ในขณะที่ทำให้อุณหภูมิของเนือปลาบดเพิ่มขึ้นในระดับต่ำ เครื่อง refiner จะดันให้เนือปลาบดผ่านตะแกรงออกมา ในขณะที่ส่วนของก้างและเนือเยื่อเกี่ยวพันจะถูกดันออกจากตอนท้ายของเครื่อง ด้วยเหตุนี้เนือปลาที่ถูกดันออกจากเครื่องก่อนจึงมีคุณภาพสูงเนื่องจากจะถูกกระทำด้วยแรงกลน้อยที่สุด ในขณะที่เนือปลาบดที่ถูกดันออกตรงตำแหน่งท้ายสุดจะมีคุณภาพต่ำ และมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นสูงสุดเนื่องจากถูกกระทำด้วยแรงกลสูงสุด ผู้ผลิตบางรายจึงแยกระดับชั้นคุณภาพของซูริมิที่ผลิตได้ จากตำแหน่งที่เนือปลาบดถูกดันผ่านตะแกรงออกมา (จักรี, 2544) เศษเหลือที่ได้จากขั้นตอนนี้คือ ก้าง เนือเยื่อเกี่ยวพัน เกล็ด หน้าง

1.2.6 การแยกน้ำออกจากเนือปลาบด การแยกน้ำออกจากเนือปลาบดในขั้นตอนนี้สุดท้ายเพื่อเป็นการปรับความชื้นในเนือปลาบดจากประมาณร้อยละ 90 ให้มีความชื้นสุดท้ายประมาณร้อยละ 80-84 โดยเครื่องสกรูเพรส (screw press) ซึ่งประกอบด้วยแกนหมุนรูปเกลียว และตะแกรงรูปทรงกระบอก ความสามารถในการบีบน้ำออกจากเนือปลาบดจะกำหนดโดยอัตราส่วนระหว่างความจุในเครื่องสกรูเพรสในช่วงต้นของเครื่องกับช่วงก่อนที่เนือปลาจะถูกปล่อยออกจากเครื่องที่เรียกว่า อัตราส่วนของการบีบอัด (compression ratio) โดยเครื่องที่มีอัตราส่วนดังกล่าวสูงจะสามารถบีบน้ำออกจากเนือปลาบดได้สูง การเพิ่มความดันจะเป็นการเพิ่มความสามารถในการบีบอัดน้ำออกจากเนือปลาบด อย่างไรก็ตามการใช้ความดันในปริมาณที่สูงกว่าที่จำเป็น นอกจากจะทำให้ค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงานเพิ่มขึ้นแล้ว ความดันในระบบดังกล่าวอาจทำให้โปรตีนสูญเสียสภาพธรรมชาติได้เนื่องจากความร้อน และแรงเฉือนที่เกิดขึ้นในระหว่างการทำงานของเครื่อง ความสามารถของเครื่องสกรูเพรสที่มีรูขนาดใหญ่จะสามารถแยกน้ำได้ดี แต่อาจทำให้สูญเสียอนุภาคเนือปลาขนาดเล็กได้มากด้วย และเนื่องจากระดับความดันที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงของตะแกรงมีค่าต่างกัน ดังนั้นเพื่อให้เครื่องสกรูเพรสมีความสามารถแยกน้ำได้ดี จึงอาจออกแบบให้ขนาดของรูบนตะแกรงแต่ละช่วงมีขนาดไม่เท่ากัน (จักรี, 2544) เศษเหลือที่ได้จากขั้นตอนนี้คือน้ำ เสนเนื้อ

1.2.7 การผสมสารป้องกันการสูญเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีน เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งไว้ระยะเวลาหนึ่งจะพบว่าผลิตภัณฑ์จะเสื่อมคุณภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการสูญเสียลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดีของผลิตภัณฑ์ แม้จะเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า -20 องศาเซลเซียสแล้วก็ตาม การเสื่อมคุณภาพดังกล่าวพบว่าจะเกิดขึ้นพร้อมๆ กับการเปลี่ยนแปลงของไขมันและ

โปรตีนในผลิตภัณฑ์ จากการศึกษาพบว่า การเปลี่ยนแปลงคุณภาพเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการเก็บรักษาในในสภาพแช่เยือกแข็ง เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับโปรตีน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการสูญเสียสภาพธรรมชาติและการจับตัวกันของโปรตีน ที่มีผลให้สูญเสียสมบัติเชิงหน้าที่ (Barroso *et al.*, 1998) ในกรณีของซูริมิซึ่งมีโปรตีนไมโอไฟบริลลาร์เป็นองค์ประกอบหลัก และเป็นโปรตีนที่มีความสำคัญต่อสมบัติเชิงหน้าที่ของซูริมิ ดังนั้นการสูญเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีนชนิดนี้ในซูริมิจึงมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความสามารถในการเกิดเจลของซูริมิ การศึกษาการเปลี่ยนแปลงความสามารถในการเกิดเจลของซูริมิจากปลาโอปลาพอลแลก แสดงให้เห็นว่าการเก็บรักษาซูริมิไว้ที่อุณหภูมิต่างๆ ที่ -40 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่า สามารถชะลอการสูญเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีนได้ และมีผลทำให้สามารถเก็บซูริมิไว้ได้นานกว่า 12 เดือน (Shaban *et al.*, 1985; Park *et al.*, 1988) อย่างไรก็ตามเนื่องจากในทางการค้า จะเก็บรักษาซูริมิแช่เยือกแข็งในห้องเย็นที่มีอุณหภูมิประมาณ -20 องศาเซลเซียส ดังนั้นการสูญเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีนในซูริมิจึงสามารถเกิดขึ้นได้ ในทางปฏิบัติจึงต้องเติมสารเจือปนอาหารที่มีคุณสมบัติป้องกันการสูญเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีนลงในซูริมิก่อนการแช่เยือกแข็ง เพื่อให้ซูริมิหลังการละลายยังคงมีความสามารถเกิดเจลที่ดี (Shimizu and Fujita, 1985) สารป้องกันการสูญเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีนดังกล่าว ได้แก่ น้ำตาล ซอร์บิทอล และสารประกอบฟอสเฟต นิยมใช้ในปริมาณร้อยละ 4 4 และ 0.2-0.3 ตามลำดับ การใช้น้ำตาลในปริมาณสูงอาจทำให้สีของซูริมิเปลี่ยนแปลงได้ ชนิดและปริมาณของสารที่ใส่ลงในซูริมิในขั้นตอนนี้ยังขึ้นอยู่กับชนิดของซูริมิ การใช้ประโยชน์ซูริมิและข้อตกลงทางการค้า ในกรณีที่ต้องการปรับปรุงความสามารถเกิดเจลของซูริมิแช่เยือกแข็ง อาจเติมส่วนผสม เช่น โปรตีนไข่ขาวหรือโปรตีนปลาของเลือดวัวด้วยในขั้นตอนนี้ สำหรับเครื่องมือที่ใช้ เช่น เครื่องนวดหรือเครื่องสับผสม สิ่งสำคัญที่สุดในการปฏิบัติงานในขั้นตอนนี้คือ การทำให้สารต่างๆ กระจายตัวอย่างสม่ำเสมอและละลายในซูริมิก่อนการแช่เยือกแข็ง สภาพการผสมที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ความสม่ำเสมอของความชื้น และค่าพีเอชของซูริมิในการสับนวด (จักรี, 2544) จากการศึกษาของ Niwa *et al.* (1989; 1990) กล่าวว่า เมื่อโปรตีนอยู่ในระบบที่มีน้ำตาล กลุ่มที่ไม่ชอบน้ำบนผิวหน้าโมเลกุลโปรตีนมีแนวโน้มจะพับเข้าสู่ภายในโมเลกุล ซึ่งมีผลให้โครงสร้างโมเลกุลโปรตีนมีความคงตัวเพิ่มขึ้น จากการศึกษาที่ผ่านมาทำให้ทราบถึงกลไกการทำงานของสารป้องกันการสูญเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีนในระดับหนึ่ง แต่ยังไม่เป็นที่ทราบอย่างแน่ชัด

สารป้องกันการสูญเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีนชนิดอื่น ที่นอกเหนือจากน้ำตาล ซอร์บิทอล และสารประกอบฟอสเฟต ได้แก่ โพลีเด็คซ์โทรส ไอโซมอลต์ และแลกทอล เป็นต้น ลักษณะเด่นของโพลีเด็คซ์โทรสที่สำคัญนอกเหนือจากเป็นโพลีเมอร์ที่สามารถละลายน้ำได้

ดีแล้วยังให้พลังงานเพียงร้อยละ 25 ของน้ำตาลซูโครส หรือให้พลังงานเพียง 1 แคลอรีต่อ 1 กรัม เท่านั้น นอกจากนี้โพลีเด็คซ์โทรสยังมีผลข้างเคียงต่อระบบเมตาบอลิซึมน้อยกว่าซอร์บิทอล จึงได้รับรองจากองค์การอาหารและยาของสหรัฐให้ใช้ในอาหารซึ่งต้องการให้มีพลังงานต่ำได้และมีสิทธิจดสิทธิบัตรการใช้โพลีเด็คซ์โทรสเป็นสารป้องกันการสูญเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีนในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ขณะเก็บรักษาในสภาพแช่เยือกแข็ง สำหรับสารไอโซมอลต์และแลคทิทอลเป็นสารที่ให้ความหวานต่ำ และจะไม่เกิดปฏิกิริยาสร้างสีน้ำตาลกับกรดอะมิโนในอาหาร โดย The Joint FAO/WHO Expert Committee of Food Additive (JECFA) ได้ให้การรับรองความปลอดภัยของสารทั้งสองชนิด โดยไม่ได้กำหนดปริมาณที่จะบริโภคได้ในแต่ละวัน (จักรี, 2544)

1.2.8 การแช่เยือกแข็งและการเก็บรักษา ภายหลังการผสมสารป้องกันการสูญเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีนแล้ว ซูริมิจะถูกอัดและรีดเข้าสู่ถุงโพลีเอทิลีน ขนาด 10 กิโลกรัมต่อหน่วย ต่อจากนั้นจะรีดให้เป็นก้อนตามขนาดมาตรฐาน ด้วยการกดซูริมิดลงในถาดสำหรับการแช่เยือกแข็ง โดยทั่วไปจะใช้เครื่องแช่เยือกแข็งแบบแผ่นสัมผัส (contact plate freezer) เมื่อแช่เยือกแข็งจนซูริมิมียุณหภูมิถึงกลางต่ำกว่าหรือเท่ากับ -25 องศาเซลเซียส จะบรรจุซูริมิแช่เยือกแข็งจำนวน 2 ถุง ในกล่องกระดาษลูกฟูก และนำเข้าเก็บรักษาในห้องที่มีอุณหภูมิประมาณ -20 องศาเซลเซียส (จักรี, 2544)

2. นำทิ้งจากกระบวนการผลิตซูริมิ

2.1 น้ำเสียหรือน้ำทิ้ง

น้ำเสียหรือน้ำทิ้ง (wastewater) หมายถึง น้ำที่มีมลพิษแปดเปื้อนเกินขีดจำกัดหรือน้ำที่มีคุณสมบัติเปลี่ยนไปจากธรรมชาติจนทำให้มนุษย์ สัตว์ พืช ได้รับอันตรายทั้งโดยตรงและทางอ้อม (เกษม, 2530) อรุณี และ มั่นสิน (2524) ให้ความหมายไว้ว่า น้ำเสียหมายถึง น้ำที่มีลักษณะแตกต่างไปจากน้ำธรรมชาติ จนกระทั่งไม่สามารถใช้น้ำนั้นได้ตามต้องการหรือหมายถึง น้ำที่สิ่งมีชีวิตบางชนิด หรือหลายชนิดไม่สามารถอาศัยอยู่ได้ ซึ่งการตัดสินใจว่าน้ำเสียขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ของการใช้น้ำนั้นหลังจากที่น้ำเปลี่ยนลักษณะไปแล้ว หรือหมายถึงน้ำที่มีสิ่งเจือปนต่างๆ ในปริมาณสูงจนกระทั่งไม่เป็นที่ต้องการหรือเป็นที่น่ารังเกียจของคนทั่วไป สิทธิชัย (2538) ได้ให้ความหมายน้ำทิ้งไว้ว่า เป็นน้ำที่ผ่านการใช้ประโยชน์ต่างๆ แล้ว เช่น การชำระล้างร่างกาย การประกอบอาหาร การขับถ่ายของเสีย การล้างวัตถุดิบโรงงานอุตสาหกรรม การล้างเครื่องจักร การหล่อเย็นเครื่องจักร ฯลฯ น้ำทิ้งเหล่านี้จะทำให้สมบัติของน้ำเปลี่ยนไปจากเดิมเนื่องจากมีสิ่ง

สกปรกต่างๆ ทั้งสารอินทรีย์และอนินทรีย์ถ่ายเทลงมาเจือปนอยู่ในน้ำ ปริมาณสิ่งสกปรกในน้ำทิ้งหรือความสกปรกของน้ำทิ้งนั้น ขึ้นอยู่กับการนำน้ำคั้นไปใช้ประโยชน์ตามวัตถุประสงค์ต่างๆ ดังนั้น น้ำทิ้งในแต่ละแหล่งจึงมีคุณสมบัติไม่เหมือนกัน

ประเภทของน้ำทิ้ง พัฒนา (2539) แบ่งรูปแบบของน้ำทิ้งเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ ตามแหล่งกำเนิด คือ

1) น้ำทิ้งจากแหล่งชุมชน (sewage) ได้แก่ น้ำทิ้งจากบ้านพักอาศัย อาคาร ร้านค้า ตลาด โรงแรม ฯลฯ เกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ ในการดำรงชีวิตของมนุษย์ อาทิเช่น การชำระร่างกาย การซักเสื้อผ้า การประกอบอาหาร การขับถ่าย ฯลฯ สิ่งสกปรกในน้ำทิ้งต่างๆ ประเภทนี้ ส่วนมากเป็นสารอินทรีย์ เช่น เศษอาหาร สบู่ ผงซักฟอก อุจจาระ ปัสสาวะ เป็นต้น

2) น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม (industrial wastewater) ได้แก่ น้ำทิ้งที่เกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ ในกระบวนการอุตสาหกรรม เช่น การล้างวัตถุดิบ การล้างเครื่องจักร การระบายความร้อน สิ่งสกปรกในน้ำทิ้งมีทั้งสารอินทรีย์ และอนินทรีย์ ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้น้ำ และชนิดของโรงงานอุตสาหกรรม ฉัตรชัย (2539) พบว่า โรงงานอุตสาหกรรมบางแห่งมีการปลดปล่อยโลหะหนักออกมาปนกับน้ำทิ้งด้วย

เสริมพล และ ชัยยุทธ (2524) แบ่งน้ำทิ้งออกได้อีก 2 ประเภทตามคุณลักษณะของสิ่งสกปรกส่วนใหญ่ในน้ำ คือ

1) น้ำทิ้งอินทรีย์ (organic wastewaters) ได้แก่ น้ำทิ้งส่วนใหญ่ที่มีสิ่งสกปรกเป็นสารอินทรีย์ซึ่งจุลินทรีย์สามารถย่อยสลายได้ น้ำทิ้งประเภทนี้ ได้แก่ น้ำทิ้งจากแหล่งชุมชน น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมบางประเภท เช่น โรงงานกระดาษ โรงงานทอผ้า โรงงานผลิตอาหารสัตว์ โรงงานฆ่าสัตว์ เป็นต้น โดยลักษณะเด่นของน้ำทิ้งประเภทนี้ คือ จะเน่าเหม็นถ้าปล่อยทิ้งไว้นาน

2) น้ำทิ้งอนินทรีย์ (inorganic wastewaters) ได้แก่ น้ำทิ้งที่มีสิ่งสกปรกส่วนใหญ่เป็นสารอนินทรีย์ น้ำทิ้งประเภทนี้ ได้แก่ น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมโลหะ และโรงงานผลิตสารเคมี เช่น โรงงานชุบโลหะ โรงงานถลุงเหล็ก โรงงานผลิตกำมะถัน เป็นต้น

สิทธิชัย (2541) รายงานคุณลักษณะของน้ำทิ้งจากโรงงานบางประเภท เช่น โรงงานน้ำอัดลม มีค่าพีเอช 2.4 และบีโอดี 71,200 มิลลิกรัมต่อลิตร โรงงานแป้งมันสำปะหลัง มีค่าพีเอช 3.8 บีโอดี 6,550 มิลลิกรัมต่อลิตร และซีโอดี 10,919 มิลลิกรัมต่อลิตร Saiphanich (1975) กล่าวถึงลักษณะน้ำทิ้งจากโรงงานแป้งมันสำปะหลัง จังหวัดชลบุรี โดยมีคุณลักษณะ ซีโอดี 11,000 มิลลิกรัมต่อลิตร บีโอดี 6,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ในโตรเจนทั้งหมด 14.4 มิลลิกรัมต่อลิตร ฟอสเฟต 6.4 มิลลิกรัมต่อลิตร พีเอช 4.5 โรงงานกระดาษ มีค่าพีเอช 9.4 ของแข็งแขวนลอย 900 มิลลิกรัมต่อลิตร บีโอดี 752 มิลลิกรัมต่อลิตร ซีโอดี 2,267 มิลลิกรัมต่อลิตร และในโตรเจนทั้งหมด 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นต้น ปริมาณน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมมีความสำคัญต่อการเกิดมลพิษ ซึ่งมีปริมาณมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดและขนาดของโรงงานอุตสาหกรรม แม้แต่โรงงานอุตสาหกรรมชนิดเดียวกันปริมาณน้ำทิ้งอาจไม่เท่ากัน เนื่องจากความแตกต่างในด้านกระบวนการผลิต โรงงานอุตสาหกรรมที่มีน้ำทิ้งมาก ได้แก่ โรงงานกระดาษ โรงงานน้ำตาล โรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง เป็นต้น Bastian (1992) Ewart *et al.*, (1995) และ Idaho DEQ (1998) พบว่า ในแหล่งน้ำที่มีของแข็งแขวนลอยหรือธาตุอาหารในปริมาณมากจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่นเดียวกับ Westers (1991); Bergheim *et al.* (1998) Chen *et al.* (1997) และ Idaho DEQ (1998) พบว่าในน้ำที่มีปริมาณของแข็งแขวนลอยและธาตุอาหารต่าง ๆ เช่น ในโตรเจนและฟอสฟอรัสในปริมาณสูงจะส่งผลกระทบในทางลบต่อแหล่งน้ำ โดยปกติแหล่งน้ำควรมีระดับของของแข็งแขวนลอยและธาตุอาหาร เช่น ในโตรเจน และฟอสฟอรัสในปริมาณที่ต่ำ

2.2 น้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตซูริมิ

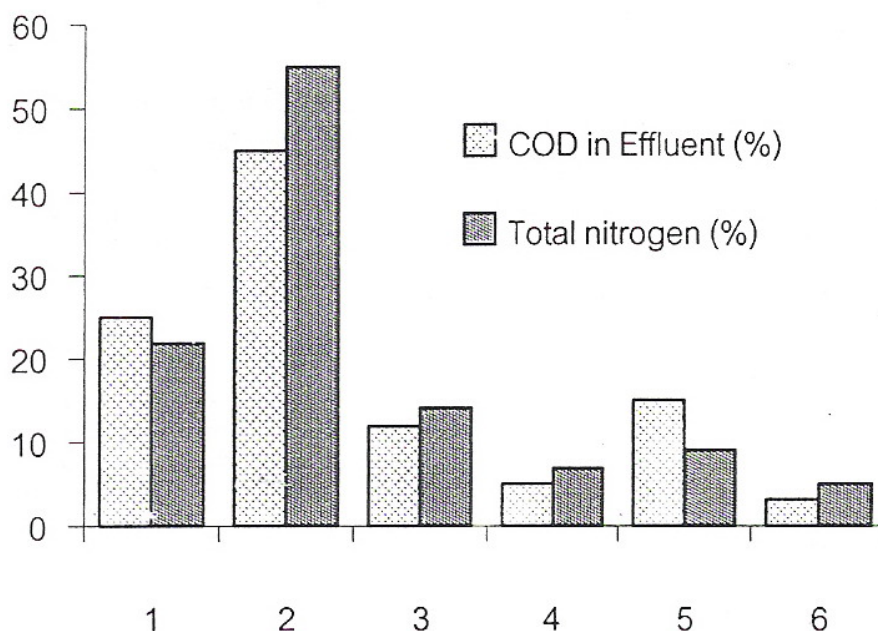
การล้างเนื้อปลาสามารถกำจัดโปรตีนที่ละลายน้ำ และองค์ประกอบที่ไม่ต้องการออกไป การล้างมักทำหลายครั้งเพื่อกำจัดโปรตีนชนิดละลายน้ำออกให้หมด การล้างแต่ละครั้งใช้ปริมาณน้ำ 5-10 เท่าของเนื้อปลา ทำการล้างอย่างน้อย 2-3 ครั้ง Lee (1984) ได้ศึกษาอัตราส่วนของน้ำล้างต่อเนื้อปลา พบว่า อัตราส่วน 3 : 1 และ 4 : 1 เพียงพอและประหยัดสำหรับการล้าง ส่วน Lin *et al.* (1995) ได้ศึกษา พบว่า การผลิตซูริมิ 1 กิโลกรัม จะใช้น้ำ 29.1 ± 3.5 ลิตร โดยน้ำที่ออกจากขั้นตอนการล้างที่ 1 2 และ 3 คือ 0.46 3.75 และ 10.07 ลิตรต่อกิโลกรัม ตามลำดับ จากการสำรวจข้อมูลการล้างของโรงงานผลิตซูริมิ พบว่า ในการผลิตซูริมิ 1 กิโลกรัม จะใช้น้ำ 20 ลิตร และการล้างซูริมิเป็นการล้างแบบต่อเนื่อง

เนื่องจากในการผลิตซูริมิจำเป็นต้องใช้น้ำปริมาณมากในขั้นตอนการล้าง คือ ประมาณ 10-20 เท่าของน้ำหนักเนื้อปลา ทั้งนี้ขึ้นกับชนิดและสภาพของปลา ตลอดจนระดับของความสะอาด

ที่ต้องการ น้ำทิ้งเหล่านี้ประกอบด้วย โปรตีน ร้อยละ 0.34 โดยโปรตีนที่มีในน้ำทิ้งร้อยละ 80 เป็นโปรตีนชนิดที่ละลายน้ำ โดยเฉลี่ยมีการสูญเสียโปรตีนประมาณร้อยละ 30 ของน้ำหนักเนื้อที่ผ่านการแยกกระดูกและก้าง (Watanabe *et al.*, 1982) โดยปริมาณการสูญเสียดังกล่าวจะแปรเปลี่ยนขึ้นกับโรงงาน ปริมาณน้ำที่ใช้จำนวนครั้งของการล้างและประสิทธิภาพการเก็บเกี่ยวเศษเนื้อที่ปะปนไปกับน้ำทิ้ง

Adu *et al.* (1983) ได้เปรียบเทียบผลผลิตและองค์ประกอบบางชนิดของเนื้อปลาสดจากปลารอก ระหว่างเนื้อปลาสดที่ไม่ล้างน้ำและเนื้อปลาสดที่ผ่านการล้างน้ำพบว่า การล้างมีผลให้สูญเสียของแข็งร้อยละ 37 โดยมีปริมาณเถ้าลดลงร้อยละ 80 และไขมันลดลงร้อยละ 65 โปรตีนชาร์โคพลาสมิกส่วนใหญ่จะถูกชะล้างออกไปเกือบหมด แต่การล้างไม่มีผลต่อองค์ประกอบของกรดอะมิโน Babbitt (1985) พบว่าการล้างเนื้อปลาพอลลอก ทำให้สูญเสียของแข็งร้อยละ 28 โดยมีปริมาณเถ้าและไขมันลดลงร้อยละ 70 และ 46 ตามลำดับ ความสนใจของผู้ผลิตต่อน้ำทิ้งนอกเหนือจากต้องการลดปริมาณการใช้น้ำและลดค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำทิ้งแล้ว ยังต้องการแยกโปรตีนที่อยู่ในน้ำทิ้งดังกล่าวไปใช้ประโยชน์ ซึ่งจะลดค่าบีโอดี (biological oxygen demand) ของน้ำทิ้งได้ในเวลาเดียวกัน

ผลการศึกษาของ Niki *et al.* (1985) ดังแสดงในภาพที่ 2 พบว่า น้ำทิ้งจากขั้นตอนการล้างเนื้อปลาสดครั้งที่ 1 มีค่าซีโอดีสูงถึงร้อยละ 45 ของค่าซีโอดีของน้ำทิ้งจากทั้งกระบวนการผลิตซูริมิ และมีปริมาณโปรตีนในน้ำทิ้งจากขั้นตอนการล้างเนื้อปลาสดครั้งที่ 1 คิดเป็นร้อยละ 55 ของปริมาณโปรตีนในน้ำทิ้งทั้งหมด ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการศึกษาจากนักวิจัยหลายคนที่พบในขั้นตอนการล้างจะสูญเสียองค์ประกอบที่ละลายน้ำได้ไปร้อยละ 40-60 (Adu *et al.*, 1983; Pacheco-Aguilar *et al.*, 1989) ในอดีตเป็นที่ยอมรับกันว่าของแข็งที่สูญเสียไปนั้นเป็นโปรตีนชาร์โคพลาสมิกซึ่งเป็นองค์ประกอบที่ไม่ต้องการเป็นส่วนใหญ่ Lin *et al.* (1995) แสดงให้เห็นว่า ในขั้นตอนการล้าง และแยกน้ำออกจากเนื้อปลาสดนั้น จะสูญเสียโปรตีนโมโนไฟบริลลาร์ไปกับน้ำทิ้งอีกด้วย โดยการสูญเสียดังกล่าวเกิดขึ้นน้อยในการล้างครั้งแรกและจะเพิ่มขึ้นในการล้างครั้งที่ 2 ต่อจากนั้นระดับของการสูญเสียจะคงที่ตลอดขั้นตอนการผลิตที่เหลือ คณะวิจัยดังกล่าวได้เสนอว่าการสูญเสียดังกล่าวอาจเป็นผลมาจากการล้างที่รุนแรงหรือเป็นผลจากการสูญเสียอนุภาคเนื้อปลาสดขนาดเล็กไปกับน้ำล้าง ซึ่งสาเหตุประการหลังนี้ได้รับการยืนยันโดย Lanier *et al.*, 1992 และ Lee, 1984



หมายเหตุ 1 = น้ำทิ้งจากน้ำล้างปลา, 2-5 = น้ำทิ้งจากน้ำล้างเนื้อปลาสดครั้งที่ 1-4,
6 = น้ำทิ้งจากเครื่องแยกน้ำออกจากเนื้อปลาสด

ภาพที่ 2 ค่าซีโอดี และปริมาณโปรตีนสัมพัทธ์ของน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตซูริมิ
ที่มา: Niki *et al.* (1985)

2.3 คุณภาพน้ำที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย

ในการเก็บเกี่ยวเศษเหลือจากน้ำล้างซูริมิ ทำให้เศษเหลือซึ่งส่วนใหญ่เป็นสารอินทรีย์ มีปริมาณลดลง จึงส่งผลต่อคุณภาพน้ำภายหลังการเก็บเกี่ยวเศษเหลือ โดยคุณภาพน้ำที่ใช้ในการศึกษามีดังต่อไปนี้

2.3.1 ปริมาณของแข็งทั้งหมด (total solids) หมายถึง สิ่งเจือปนในน้ำที่เหลืออยู่เมื่อระเหยนํ้าออกจนหมด ไม่รวมถึงสารบางอย่างที่ระเหยไปกับน้ำ เช่น พวกรครอินทรีย์และกรดต่าง ๆ ที่ละลายในน้ำ สิ่งเจือปนที่เหลือเป็นของแข็ง มีทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ซึ่งอาจจะละลายใน

น้ำหรือไม่ก็ได้ ปริมาณของแข็งทั้งหมดเป็นสิ่งที่เหลืออยู่ภายหลังการระเหยน้ำออกจนหมดและอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส (สุกัญญา, 2548)

2.3.2 ปริมาณของแข็งละลาย (total dissolved solids) หมายถึง ส่วนที่ละลายได้ในน้ำ ซึ่งส่วนมาก ได้แก่ เกลืออนินทรีย์เช่น NaCl , Na_2CO_3 และสารอินทรีย์บางอย่าง เช่น น้ำตาล แป้ง ซึ่งส่วนที่ละลายในน้ำได้นี้มีทั้งเกลืออนินทรีย์ จึงเรียกรวมกันว่าของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วสารที่ละลายในน้ำเหล่านี้มีขนาดประมาณ 10^{-6} ถึง 10^{-3} ไมครอน (สุกัญญา, 2548)

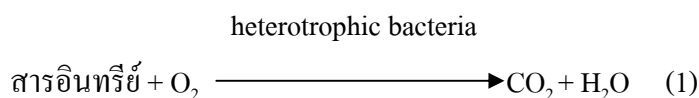
2.3.3 ของแข็งที่ไม่ละลายน้ำ (insoluble solids) หมายถึง ส่วนที่ไม่ละลายในน้ำแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ตามขนาดของชิ้นส่วนที่ไม่ละลาย (สุกัญญา, 2548) คือ

ก. ของแข็งแขวนลอย (suspended solids) หมายถึง ส่วนที่ไม่ละลายในน้ำแต่มีขนาดเล็กพอที่จะแขวนลอย (suspend) อยู่ในน้ำได้ หาได้โดยการกรองน้ำด้วยกระดาษกรองชนิดพิเศษ เรียกว่า glass fiber paper (Whatman GF/C) แล้วนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส แล้วชั่งหาน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นบนกระดาษกรอง

ข. ของแข็งที่ตกตะกอน (settleable solids) หมายถึง ตะกอนขนาดใหญ่และหนักสามารถตกมารวมกันยังส่วนล่างได้หาได้โดยการนำตัวอย่างมาใส่ในภาชนะพิเศษ เรียกว่า imhoff cone

2.3.4 บีโอดี (biochemical oxygen demand) คือ ปริมาณออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ชนิดย่อยสลายได้ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจน (กรรณิการ์, 2544) การหาปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสียซึ่งวัดในเทอมของความต้องการออกซิเจน โดยเท่ากับปริมาณของออกซิเจนที่จุลินทรีย์ต้องการใช้เพื่อออกซิไดส์สารอินทรีย์ให้กลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ (มันสิน, 2538) การวิเคราะห์ค่าบีโอดีของน้ำเสียนิยมหาในช่วง 5 วัน ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส โดยทั่วไปเรียกว่าค่า BOD_5 ซึ่งค่าบีโอดีของน้ำเสีย จะขึ้นอยู่กับเวลาเป็นสิ่งสำคัญ ค่า BOD_5 จะนิยมใช้กันมากในการแสดงถึงระดับความสกปรกของน้ำเสียจากชุมชน ถ้าแหล่งน้ำนั้นมีค่าความสกปรกสูงแสดงว่า ในน้ำมีสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายง่ายอยู่มากและถูกแบคทีเรียทำการย่อยสลาย ซึ่งจะใช้ออกซิเจนเป็นจำนวนมากทำให้เกิดการขาดออกซิเจนได้ แต่ในความเป็นจริงเวลา 5 วันจะสามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ได้เพียงร้อยละ 60-70 โดยค่า BOD_5 จะคิดจากปริมาณออกซิเจนที่ถูก

heterotrophic bacteria นำไปใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ไปเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ (สุกัญญา, 2548) ดังสมการที่ (1)



สารอินทรีย์ในน้ำเสียที่สามารถย่อยสลายได้มักใช้เวลาประมาณ 20-30 วัน ในการย่อยสลายสารจนเกือบหมด ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 95-99 ดังนั้น ถ้าใช้เวลาถึง 20 วัน จะทำให้ทราบผลช้าและอาจเกิดความผิดพลาดของค่าที่วิเคราะห์ได้ เนื่องจากในน้ำเสียอาจมีแบคทีเรีย autotrophic พวก nitrifying bacteria ซึ่งจะใช้ออกซิเจนในการออกซิเดชันสารอินทรีย์ คือ แอมโมเนียเป็นไนไตรท์และจากไนไตรท์เป็นไนเตรท ตามลำดับ ทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ถูกใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์มีค่าสูงกว่าที่ควรจะเป็น (สุกัญญา, 2548)

2.3.5 ซีโอดี (chemical oxygen demand) เป็นปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ต้องการเพื่อใช้ในการออกซิไดส์สารอินทรีย์ในน้ำทางเคมีให้กลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ โดยอาศัยหลักการที่สารอินทรีย์เกือบทั้งหมด สามารถถูกออกซิไดส์โดยตัวเดิมออกซิเจนอย่างแรงภายใต้สภาวะที่เป็นกรด (กรรณิการ์, 2544) หลักการหาซีโอดี คล้ายกับบีโอดี คือ สารอินทรีย์ในน้ำถูกออกซิไดส์จนได้คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ แต่จะต่างกันตรงที่บีโอดีใช้แบคทีเรียในการย่อยสลายสารอินทรีย์ส่วนซีโอดีใช้ตัวเดิมออกซิเจน โดยปกติแล้วค่าซีโอดีสูงกว่าค่าบีโอดี ทั้งนี้เนื่องจากสารอินทรีย์คาร์บอนถูกเปลี่ยนไปเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ โดยไม่ต้องอาศัยความสามารถในการดูดซึมทางชีวะ (biological assimilability) ของสารเหล่านั้น เช่น กลูโคสและกลีซีนจะถูกออกซิไดส์อย่างสมบูรณ์ผลคือ ทำให้ค่าซีโอดีสูงกว่าค่าบีโอดี และจะสูงมากถ้ามีสารอินทรีย์ที่ไม่สามารถถูกออกซิไดส์ทางชีวะอยู่ด้วย เช่น เซลลูโลส แต่ในบางกรณีถ้ามีพวก aromatic hydrocarbon และ pyridine ซึ่งไม่ถูกออกซิไดส์ทางเคมีค่าซีโอดีจะน้อยกว่าค่าบีโอดี ค่าซีโอดี ใช้ในการวิเคราะห์น้ำทิ้งจากอาคารบ้านเรือนและโรงงานอุตสาหกรรม และใช้บอกถึงกำลังความสกปรกของน้ำเสียในการประเมินการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของน้ำเสียเป็นข้อมูลในการสำรวจออกแบบระบบน้ำเสีย ตลอดจนใช้ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำและประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย เนื่องจากผลที่ได้ใช้เวลาไม่กี่ชั่วโมงในการหาจึงสามารถแก้ไขข้อผิดพลาดได้ทันทั่วทั้ง (กรรณิการ์, 2544)

2.3.6 ไนโตรเจนทั้งหมด (total nitrogen) เป็นดัชนีบอกความสกปรกของน้ำ หรือ การปนเปื้อนของน้ำ เพราะชนิดของไนโตรเจนเปลี่ยนแปลงไปตามเวลาที่ผ่านไป นับจากเริ่มมีการปนเปื้อนของน้ำเกิดขึ้น น้ำที่เพิ่งสกปรกใหม่ๆ มีสารอินทรีย์ไนโตรเจนหรือแอมโมเนีย แต่เมื่อเวลาผ่านไป ปฏิกริยาชีวเคมีทำให้ไนโตรเจนเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของไนไตรต์ และไนเตรต ตามลำดับ ด้วยเหตุนี้ ข้อมูลไนโตรเจนจึงใช้บอกถึงความสกปรกของน้ำว่าอยู่ในระดับใดได้อย่างคร่าวๆ ยกตัวอย่างเช่น น้ำที่มีสารอินทรีย์ไนโตรเจนและแอมโมเนีย ถือได้ว่าเป็นน้ำที่เพิ่งสกปรก และเป็นน้ำที่ก่อให้เกิดปัญหาต่อสุขภาพได้มากที่สุด ส่วนน้ำที่มีไนเตรตสูงจัดว่าเป็นน้ำที่ปนเปื้อนจากสิ่งสกปรกมานานแล้วและมักมีความสกปรกเหลืออยู่น้อย จึงมีแนวโน้มที่จะเป็นอันตรายต่อสุขภาพน้อยกว่าน้ำที่เพิ่งสกปรก น้ำที่มีไนไตรต์สูงเป็นน้ำที่ถือว่าผิดปกติ และอาจก่อปัญหาต่อสุขภาพได้ จึงควรตรวจสอบว่าทำไมจึงมีไนไตรต์สูงมาก (สิทธิชัย, 2549)

เนื่องจากการวิเคราะห์หาปริมาณสารอินทรีย์ไนโตรเจนใช้วิธีที่เรียกว่า เจลดาล์ (Kjedahl) ซึ่งเป็นวิธีย่อยสลายสารอินทรีย์ไนโตรเจนให้กลายเป็นแอมโมเนียและวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนจากแอมโมเนียที่เกิดขึ้น จึงนิยมเรียกผลรวมของสารอินทรีย์ไนโตรเจนและแอมโมเนียว่า total Kjedahl nitrogen (TKN)

2.3.7 ไขมันและน้ำมัน (oil and grease) หมายถึง สารอินทรีย์ชนิดต่างๆ ที่สามารถถูกสกัดจากสารละลายน้ำโดยเฮกเซน ตัวอย่างของสารพวกนี้ได้แก่ ไฮโดรคาร์บอน เอสเทอร์ น้ำมัน ไขมัน จี๊ส และกรดไขมันที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงๆ สารพวกนี้จะก่อให้เกิดปัญหาในการบำบัดน้ำเสีย โดยปกติไขมันและน้ำมันในโรงงานอุตสาหกรรมจะประกอบด้วยไขมันจากสัตว์และพืช ตลอดจนไฮโดรคาร์บอนจากปิโตรเลียม การหาค่าไขมันและน้ำมันในน้ำและน้ำเสีย ใช้เฮกเซนเป็นตัวทำละลาย ทั้งนี้เพราะสารต่างๆ เหล่านี้ละลายได้ดีในเฮกเซน ในขณะที่สารอินทรีย์อื่นๆ ละลายได้น้อยมาก (กรรณิการ์, 2544)

3. การเก็บเกี่ยวเศษเหลือจากน้ำล้างซูริมิ

การเก็บเกี่ยวเศษเหลือจากน้ำล้างซูริมิ เป็นการแยกเศษเหลือที่อยู่ในน้ำล้างซูริมิอันได้แก่ โปรตีนที่ละลายอยู่ในน้ำ ไขมัน อนุภาคเนื้อปลา เอนไซม์ต่างๆ ออกมา ทำให้ได้เศษเหลือมาใช้ประโยชน์ และยังเป็น การลดสิ่งปนเปื้อนก่อนเข้าสู่ระบบบำบัดขั้นต่อไป การเก็บเกี่ยวเศษเหลือจากน้ำล้างซูริมามีหลายวิธีดังนี้

3.1 ระบบอากาศอิมด้วยตะกอนลอย (dissolved air floatation, DAF)

วิธีนี้จะใช้การเติมสารเคมีเช่น สารส้ม เข้าไปเพื่อทำให้น้ำล้างซูริมิที่ประกอบไปด้วย โปรตีน ไขมัน จับตัวกันเป็นก้อนแล้วเป่าอากาศเข้าไปในระบบ ทำให้ตะกอนเหล่านี้ลอยตัวขึ้นมา และมีการแยกของแข็งออกไป ระบบอากาศอิมด้วยตะกอนลอยมีประสิทธิภาพสูงมาก ในการกำจัดของเสียจากน้ำล้างซูริมิ โดยน้ำล้างซูริมิจะถูกแยกเศษเหลือขึ้นใหญ่ ออก แล้วปั๊มไปอยู่ในถังทำปฏิกิริยา ถังนี้จะสามารถควบคุมอัตราการไหล และใช้ polyacrylamide เติมลงไปเพื่อทำปฏิกิริยาในถัง สารนี้จะจับกับโปรตีนให้เป็นก้อน เมื่อเติมอากาศเข้าไปก้อนโปรตีนเหล่านี้จะลอยอยู่บนผิวน้ำ ก่อนที่จะถูกแยกออก แล้วทำให้แห้งและนำไปเข้ากระบวนการต่อไป (Park *et al.*, 2005)

3.2 การเหวี่ยงแยก (centrifugation)

วิธีนี้เป็นวิธีแยกของแข็งกับของเหลว โดยในโรงงานผลิตซูริมิที่ญี่ปุ่นจะติดตั้งตัวแยกของแข็งออกจากน้ำล้างซูริมิ ในการใช้เครื่องเหวี่ยงแยก (centrifuge) ต้องคำนึงถึงขนาดของอนุภาค และความหนาแน่น โดยโรงงานจะใช้เครื่องเหวี่ยงแยก เพื่อลดปริมาณของโปรตีนโมโนโอไฟบริลลาร์ ในน้ำล้างซูริมิ เพื่อเพิ่มเนื้อในซูริมิ และช่วยลดปริมาณของแข็งในน้ำล้างซูริมิด้วย

Decanter เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในโรงงานผลิตซูริมิ เพื่อช่วยเก็บเกี่ยวอนุภาคขนาดใหญ่จากน้ำล้างซูริมิ มีรายงานว่า decanter ถูกใช้เพื่อเก็บเกี่ยวของแข็งที่ไม่ละลายน้ำ ซึ่งได้มากกว่าร้อยละ 80 ของของแข็งที่ไม่ละลายน้ำ (Park *et al.*, 2005)

3.3 การกรอง

Lin *et al.* (1996) รายงานว่าการกรองน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตซูริมิด้วยแผ่นกรองที่มีรูขนาด 50 และ 30 μ สามารถเก็บเกี่ยวอนุภาคนื้อปลาขนาดเล็กที่มีโปรตีนอยู่สูงได้ ขณะที่ยอมให้โปรตีนที่ละลายน้ำและอนุภาคนื้อปลาที่มีขนาดเล็กกว่ารูของแผ่นกรองผ่านได้ ของแข็งที่เก็บเกี่ยวได้โดยวิธีนี้สามารถใช้เตรียมเจลที่มีความยืดเกาะที่ดี และเมื่อผสมในซูริมิปกติปริมาณร้อยละ 10 พบว่าไม่มีผลให้เจลที่เตรียมจากซูริมิผสมมีความแข็งแรง ความยืดเกาะและสีแตกต่างจากเจลของซูริมิปกติแต่อย่างใด ที่สำคัญยังทำให้ผลผลิตของกระบวนการผลิตเพิ่มขึ้นร้อยละ 1.7 อีกด้วย

ระบบการกรองผ่านแผ่นเมมเบรนโดยเทคนิคอัลตราฟิลเตรชัน (ultrafiltration, UF) โดย Miyata (1984) ใช้เมมเบรนที่ทำจากเซลลูโลสอะซิเตต (cellulose acetate) ที่มีพื้นที่ผิวสำหรับการกรองเท่ากับ 0.18 ตารางเมตร เพื่อแยกโปรตีนจากน้ำล้างเนื้อปลาด้วยสถานะของการกรองคือ ที่ความดัน 0.49 mPa อัตราการไหล 1.8 ลิตร/นาที่ และอุณหภูมิของการล้างปลาต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส สามารถแยกโปรตีนในน้ำล้างเนื้อปลาได้ร้อยละ 90 สำหรับการใช้แผ่นเมมเบรนเพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตซูริมิ พบว่า มีผลให้น้ำที่กรองผ่านเมมเบรนมีจุลินทรีย์ที่ให้อากาศต่ำกว่า 100 CFU/ml ค่าซีไอลดลงร้อยละ 89-94 และมีความใสใกล้เคียงกับน้ำประปา (Lin *et al.*, 1996)

3.4 การใช้ความร้อนแบบโอไมก

การให้ความร้อนแบบโอไมก เป็นการให้ความร้อนอย่างรวดเร็วกับผลิตภัณฑ์ โดยการให้กระแสไฟฟ้าผ่านผลิตภัณฑ์ที่มีสมบัตินำไฟฟ้า โดยทั่วไปมักใช้คลื่นไฟฟ้าความถี่ต่ำ (50-60 Hz) และมีอิเล็กโทรดที่ออกแบบเป็นพิเศษ เพื่อลดปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมีต่างๆ และลดพลังงานที่ใช้ เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่สามารถให้ความร้อนแบบโอไมกจะต้องมีสมบัตินำไฟฟ้าได้ อาหารโดยทั่วไปที่มีความชื้นมากกว่าร้อยละ 30 และน้ำดังกล่าวสามารถละลายเกลือที่มีประจุต่างๆ ดังนั้นจึงสามารถนำมาให้ความร้อนโดยวิธีนี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ สำหรับอาหารที่ไม่สามารถแตกตัวให้ประจุ เช่น ไขมัน น้ำมัน น้ำตาล น้ำเชื่อม หรือน้ำที่ปราศจากเกลือใดๆ ไม่สามารถนำมาให้ความร้อนแบบโอไมกได้ (Parrott, 1992; Biss *et al.*, 1989)

เนื่องจากน้ำล้างซูริมิประกอบด้วยโปรตีนปริมาณมากโดยเฉพาะโปรตีนชาร์โคพลาสติกและอาจจะมีโปรตีนไมโอไฟบริลอยู่บ้างในปริมาณน้อย ดังนั้นการใช้ความร้อนในการ

ตกตะกอนโปรตีนจึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการเก็บเกี่ยวโปรตีนจากน้ำเลี้ยงจุลินทรีย์เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ ตลอดจนสามารถลดปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งก่อนการบำบัด Huang *et al.* (1997) พบว่า การใช้ความร้อนแบบโอมิคสามารถลดปริมาณโปรตีน ซีโอดี และปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำเลี้ยงจุลินทรีย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพที่อุณหภูมิสูงกว่า 70 องศาเซลเซียส การละลายของโปรตีนซาร์โคพลาสมิกจะลดลงเมื่อให้อุณหภูมิสูงกว่า 40 องศาเซลเซียส (Kawai *et al.*, 1992) การให้ความร้อนกับโปรตีนมีผลทำลายพันธะภายในโมเลกุล เช่น พันธะไดซัลไฟด์ ก่อให้เกิดการคลายตัวของโปรตีนส่งผลให้เกิดการจับเรียงตัว (aggregation) ของโปรตีนเกิดเป็นอนุภาคขนาดใหญ่ที่ไม่สามารถละลายได้ (Fryer *et al.*, 1989) ส่วน Benjakul *et al.* (1997) ได้เก็บเกี่ยวเอนไซม์คาเทปซิน L จากน้ำเลี้ยงจุลินทรีย์จากปลาแปซิฟิกไวกิง โดยการให้ความร้อนแบบโอมิค เพื่อกำจัดโปรตีน แล้วจึงทำการเก็บเกี่ยวเอนไซม์ที่ทนอุณหภูมิสูงโดยใช้อัลตราฟิวเตรชันก่อนทำแห้งแบบ freeze-drying พบว่าสามารถเก็บเกี่ยวเอนไซม์ได้ร้อยละ 78

3.5. การตกตะกอนโปรตีน

โปรตีนตกตะกอนได้ง่าย เมื่อถูกความร้อน กรด เบส และสารเคมีอื่นๆ ปกติโปรตีนในสารละลายที่มีน้ำอยู่ด้วย โมเลกุลของโปรตีนจะจับกับโมเลกุลของน้ำได้ดีกว่าจับกับโมเลกุลของโปรตีนด้วยกันเอง ทำให้โปรตีนสามารถละลายได้ ถ้าทำให้โปรตีนจับกับน้ำได้น้อยลงโปรตีนจะตกตะกอน แต่ถ้าใช้วิธีเติมกรดหรือเบสให้มีค่าพีเอชเท่ากับจุดไอโซอิเล็กทริกของโปรตีนจะทำให้โปรตีนถูกตกตะกอนเนื่องจากที่จุดนี้โปรตีนจะมีความสามารถในการละลายน้อยที่สุด (Sumner, 1981) โดยโปรตีนไม่เสียสภาพธรรมชาติ ซึ่งการตกตะกอนสามารถทำได้หลายวิธี ดังนี้คือ (บุญยืน, 2522)

1) การตกตะกอนโปรตีนโดยใช้ความร้อน ความร้อนจะทำให้โปรตีนทั้งหมดเสียสภาพและตกตะกอนได้

2) การตกตะกอนโดยเติมเกลือ (neutral salt) เช่น โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) แมกนีเซียมคลอไรด์ (Mg₂Cl) แมกนีเซียมซัลเฟต (MgSO₄) แอมโมเนียมซัลเฟต ((NH₄)₂SO₄) และโซเดียมซัลเฟต (Na₂SO₄) (Kinsella, 1976) โดยการใช้เกลือที่มีความเข้มข้นสูงๆ จะทำให้โปรตีนตกตะกอนลงมาเรียกวิธีการนี้ว่า salting out effect ซึ่งเกิดจากไอออนของสารละลายเกลือ ดึงโมเลกุลของน้ำออกจากโมเลกุลของโปรตีนทำให้โมเลกุลของโปรตีนมีโอกาสจับกันเองมากขึ้นจึงตกตะกอนลงมา

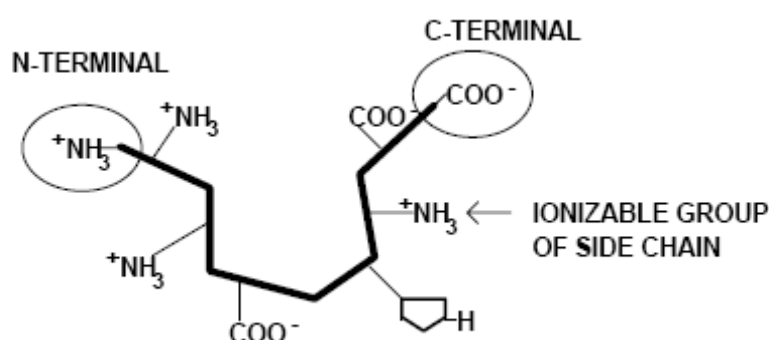
3) การตกตะกอนโดยการเติมโลหะหนักที่มีประจุบวกที่มีพีเอช 7.0 หรือมากกว่า 7.0 โมเลกุลของโปรตีนส่วนใหญ่จะมีประจุลบ ส่วนมากโลหะหนักจะมีประจุบวกจะมาจับกับประจุลบของโปรตีน ทำให้โปรตีนตกตะกอนลงมา การตกตะกอนจะเกิดได้ดีที่สภาวะเป็นกลางหรือเบสเล็กน้อย แต่ถ้าเติมโลหะหนักมากเกินไปจะทำให้โปรตีนมีประจุอีกและไม่ตกตะกอน

4) การตกตะกอนโปรตีนโดยใช้กรดอินทรีย์เข้มข้น เช่น กรดเกลือ (HCl) กรดซัลฟูริก (H_2SO_4) และกรดไนตริก (HNO_3)

4. การเก็บเกี่ยวเศษเหลือจากน้ำล้างซูริมิ โดยใช้วิธีปรับพีเอช

4.1 หลักการ

โมเลกุลของโปรตีนประกอบด้วยกรดอะมิโนต่างๆ เชื่อมต่อกันด้วยพันธะโควาเลนต์ที่เรียกว่าพันธะเปปไทด์ (peptide bond) โดยบริเวณผิวของโปรตีนมีหมู่ฟังก์ชันของ -COO^- และ -NH_3^+ (ดังภาพที่ 3) เมื่อปรับพีเอชให้ต่ำลง ที่จุดสมดุลการตกตะกอน ทำให้ประจุสุทธิในโมเลกุลของโปรตีนเป็นศูนย์ แรงผลักระหว่างโมเลกุลลดลง จึงทำให้ความสามารถในการละลายลดลง โมเลกุลของโปรตีนจึงตกตะกอน



ภาพที่ 3 โมเลกุลของโปรตีน

4.2 การปรับพีเอชของน้ำล้างซูริมิแบบสองขั้นตอน

การปรับพีเอชของน้ำล้างซูริมิแบบสองขั้นตอน ใช้หลักการขั้นต้นในการตกตะกอนโปรตีน เพื่อเก็บเกี่ยวเศษเหลือ โดยการปรับพีเอชของน้ำล้างซูริมิให้อยู่ในสภาวะกรดในขั้นแรกนั้น เพื่อให้โปรตีนตกตะกอน และปรับพีเอชของน้ำล้างซูริมิให้เป็นกลางในขั้นที่สองเพื่อกำจัดไฮโดรเจนไอออนให้หมดไป ก่อนที่จะปล่อยเข้าสู่ระบบบำบัดขั้นถัดไป โดย Nishioka and Shimizu (1983) อาศัยปรากฏการณ์ที่โปรตีนซาร์โคพลาสมิกจับตัวกันเมื่อปรับพีเอชของน้ำล้างซูริมิเพื่อแยกโปรตีนออกจากน้ำทิ้ง พบว่า การปรับพีเอชของน้ำล้างซูริมิสองครั้ง ในสภาวะที่เหมาะสมคือ จากพีเอช 7.0 ให้มีค่าต่ำกว่า 4.0 และปรับกลับมาให้พีเอชอยู่ในช่วง 7.0-9.0 ทำให้ได้เศษเหลือมากที่สุด ส่วน Niki *et al.* (1984) ได้ศึกษาการปรับพีเอชของน้ำล้างซูริมิ โดยปรับพีเอชของน้ำล้างซูริมิไปที่พีเอช 10.0 โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) และปรับพีเอชของน้ำล้างซูริมิกลับมาที่พีเอช 5.0 โดยใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริก (HCl) แล้วนำโปรตีนที่เก็บเกี่ยวได้มาผสมในคามาโบโกะร้อยละ 10 ของปริมาณซูริมิ พบว่าไม่มีปัญหาเกี่ยวกับคุณภาพของคามาโบโกะ

4.3 ผลของอุณหภูมิต่อการเก็บเกี่ยวเศษเหลือจากน้ำล้างซูริมิ

การให้ความร้อนกับโปรตีนมีผลทำลายพันธะภายในโมเลกุล เช่น พันธะไดซัลไฟด์ ก่อให้เกิดการคลายตัวของโปรตีนส่งผลให้เกิดการจับเรียงตัว (aggregation) ของโปรตีนเกิดเป็นอนุภาคนาโนขนาดใหญ่ที่ไม่สามารถละลายได้ (Fryer *et al.*, 1989) จึงทำให้โปรตีนตกตะกอนมากขึ้น ซึ่ง Nishioka and Shimizu (1983) ได้ศึกษาถึงอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บเกี่ยวเศษเหลือจากน้ำล้างซูริมิที่อุณหภูมิ 10 และ 25 องศาเซลเซียส พบว่า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้โปรตีนตกตะกอนมากขึ้น

4.4 การแยกเศษเหลือออกจากน้ำล้างซูริมิ

การแยกเศษเหลือออกจากร้าน้ำล้างซูริมิจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการเก็บเกี่ยวเศษเหลือจากน้ำล้างซูริมิ ซึ่งจะมีผลต่อปริมาณเศษเหลือที่เก็บเกี่ยวได้ และปริมาณสารแขวนลอยที่มีอยู่ในน้ำ โดยการแยกเศษเหลือออกจากร้าน้ำมีหลายวิธี คือ การกรอง การเหวี่ยงแยก การใช้ระบบอากาศอัดตัวตกตะกอนลอย Lin *et al.* (1995) ได้ใช้การเหวี่ยงแยกโปรตีนซาร์โคพลาสมิกออกจากน้ำล้างเนื้อปลา โดยใช้ความเร็วรอบ 8,000xg นาน 20 นาที ส่วน Niki *et al.* (1985) ได้ใช้การเหวี่ยงแยกโปรตีนที่เก็บเกี่ยวได้จากน้ำล้างซูริมิ โดยใช้ความเร็วรอบ 3,000xg

5. การใช้ประโยชน์เศษเหลือน้ำล้างซูริมิ

เศษเหลือที่เก็บเกี่ยวได้จากน้ำล้างซูริมิ มีกลิ่นคาวสูงและมีสีคล้ำกว่าซูริมิ การนำเศษเหลือที่เก็บเกี่ยวได้มาใช้ประโยชน์ มีการศึกษาต่างๆ เช่น การนำเศษเหลือที่เก็บเกี่ยวได้มาผสมลงในซูริมิเพื่อเพิ่มผลผลิต และฟิล์มที่บริโภคได้จากน้ำล้างซูริมิ

Niki *et al.* (1985) ได้ศึกษาการปรับพีเอชของน้ำล้างซูริมิ แล้วนำไปโปรตีนที่เก็บเกี่ยวได้มาผสมในคามาโบโกะร้อยละ 10 ของปริมาณซูริมิ พบว่าไม่มีปัญหากับคุณภาพของคามาโบโกะ

การเก็บเกี่ยวเศษเหลือจากน้ำล้างซูริมิโดยใช้ decanter centrifuge พบว่าสามารถเก็บเกี่ยวของแข็งที่สูญเสียไปกับน้ำที่ใช้ล้างเนื้อปลาสดและน้ำที่ออกมาจากเนื้อปลาได้ถึงประมาณร้อยละ 95 และเมื่อนำของแข็งที่เก็บเกี่ยวได้ผสมลงในเนื้อปลาสดทำให้ผลผลิตของซูริมิเพิ่มขึ้นร้อยละ 20 (AFDF, 1987)

Ninomiya *et al.* (1985) ศึกษาการเก็บเกี่ยวเศษเหลือจากน้ำล้างซูริมิ โดยเทคนิคอัลตราฟิลเตรชัน และนำเศษเหลือที่เก็บเกี่ยวได้ปริมาณร้อยละ 10 ผสมลงในซูริมิปกติ พบว่ามีผลให้เจลที่ได้มีสีเข้มและมีกลิ่นปลาแรงกว่าเจลของซูริมิปกติ

เถวียน (2546) ศึกษาการผลิตฟิล์มที่บริโภคได้จากน้ำล้างซูริมิโดยวิธีปรับพีเอช พบว่าฟิล์มที่ได้มีคุณภาพใกล้เคียงกับฟิล์มที่ผลิตจากวัสดุชีวภาพชนิดอื่นๆ

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. วัสดุดิบ

น้ำล้างชูริมิจากปลาทรายแดง (*Nemipterus* sp.) ในขั้นตอนการล้างครั้งที่ 1 จากบริษัท แปซิฟิก มารีนฟู้ดโปรดักส์ จำกัด รักษาอุณหภูมิในการขนส่งโดยน้ำแข็งจนถึงห้องปฏิบัติการ

2. สารเคมี

2.1 สารเคมีที่ใช้ในการเก็บเกี่ยวเศษเหลือจากน้ำล้างชูริมิ

2.1.1 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) A.R.

2.1.2 กรดไฮโดรคลอริก (HCl) เข้มข้น 36.5-38 เปอร์เซ็นต์ A.R.

2.2 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

2.2.1 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน ได้แก่ กรดซัลฟูริก (H_2SO_4) เข้มข้น selenium mixture โซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 32 กรดบอริก ความเข้มข้นร้อยละ 2 mixed indicator และ กรดซัลฟูริกเข้มข้น 0.1 N

2.2.2 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณไขมัน ได้แก่ petroleum ether

2.3 สารเคมีที่ใช้ในการตรวจสอบทางจุลินทรีย์ (อาหารเลี้ยงเชื้อ)

2.3.1 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด ได้แก่ สารละลาย normal saline (0.85%NaCl) และ standard plate count agar (PCA)

2.3.2 การวิเคราะห์ปริมาณยีสต์และรา ได้แก่ butterfield's phosphate buffered และ potato dextrose agar

3. เครื่องมือ

3.1 เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง Precisa 240 A

3.2 เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง Sartorius 1219 MP

3.3 อ่างควบคุมอุณหภูมิ (water bath) Memmert WB 14

3.4 เทอร์โมมิเตอร์

3.5 เครื่องวัดพีเอช (pH meter) Cyberscan 1000

3.6 ตู้ไฟฟ้าควบคุมอุณหภูมิ (hot air oven) WT-binder F240

3.7 เครื่องไตเตรทอัตโนมัติ (auto titration) 751 GPD Titrino (Metrohm)

3.8 ตู้บ่มเพาะเชื้อ (incubator) Memmert Model 600

3.9 เครื่องตีปั่น (stomacher) Seward BA 7021

3.10 หม้อฆ่าเชื้อ (autoclave) Kokusan H 88LLD

3.11 ชุดเครื่องมือวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน Buchi 3213

3.12 ชุดเครื่องมือวิเคราะห์ปริมาณไขมัน Soxhlet system HT 1043

3.13 ชุดเครื่องมือวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (hot air oven) Ohaus 6010H

3.14 เตาเผาอุณหภูมิสูง (muffle furnace) Phoenix furnaces BETA 5

3.15 ตู้เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

3.16 ตู้เย็นอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส

3.17 เครื่องแก้วที่จำเป็นในการทดลอง

วิธีการ

1. การศึกษาสถานะที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยวเศษเหลือจากน้ำล้างซูริมิ

1.1 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลาทรายแดง

นำเนื้อปลาทรายแดงสดที่ผ่านการบดจากเครื่องแยกเนื้อปลา (deboner) ที่ได้จากโรงงานผลิตซูริมิ สุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้า โดยวิธีของ A.O.A.C. (2000)

1.2 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำล้างซูริมิ

นำน้ำล้างซูริมิครั้งที่ 1 ที่ได้จากโรงงานผลิตซูริมิ สุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ไขมัน ของแข็งทั้งหมด ของแข็งละลาย และของแข็งแขวนลอย หน่วยเป็นกรัมต่อลิตร โดยวิธีของนิพนธ์ และ คณิตา (2550)

1.3 การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเก็บเกี่ยวเศษเหลือจากน้ำล้างซูริมิ

ปัจจัยที่มีผลต่อการเก็บเกี่ยวเศษเหลือจากน้ำล้างซูริมิประกอบด้วย 3 ปัจจัย ได้แก่ พีเอช อุณหภูมิ และเวลาที่ใช้ในการเก็บเกี่ยวเศษเหลือจากน้ำล้างซูริมิ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.3.1 การศึกษาพีเอชที่เหมาะสมต่อการเก็บเกี่ยวเศษเหลือจากน้ำล้างซูริมิ

นำน้ำล้างซูริมิมาปรับพีเอชในระดับที่แตกต่างกัน 6 ระดับ ได้แก่ 3.0 3.5 4.0 4.5 5.0 และ 5.5 ในขั้นที่ 1 โดยใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริก (HCl) ความเข้มข้น 1 โมลต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ใช้เวลาดังแต่เริ่มปรับพีเอชเป็นเวลา 20 นาที จากนั้นปรับพีเอชเป็น 7.0 ในขั้นที่ 2 โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น 1 โมลต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ใช้เวลาดังแต่เริ่มปรับพีเอชเป็นเวลา 20 นาที นำสารละลายหลังปรับพีเอชไปหมุนเหวี่ยงด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงแบบควบคุมอุณหภูมิที่ความเร็วรอบ 3000xg นาน 5 นาที ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส จากนั้นนำเศษเหลือที่เก็บเกี่ยวได้มาวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนหน่วยเป็นกรัมต่อลิตร (A.O.A.C., 2000) คำนวณปริมาณโปรตีนที่ได้เปรียบเทียบกับวัตถุดิบเริ่มต้น หน่วยเป็นกรัมต่อลิตร

นำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบเพื่อหาข้อพิพาทที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยวเศษเหลือจากน้ำล้างซูริมิ โดยจัดแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด วิเคราะห์ความแปรปรวนโดย ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's multiple range test (อนันต์ชัย, 2542)

1.3.2 การศึกษาผลของอุณหภูมิต่อการเก็บเกี่ยวเศษเหลือจากน้ำล้างซูริมิ

นำน้ำล้างซูริมิมาปรับพีเอชในระดับต่างๆได้แก่ 3.0 4.0 และ 5.0 ในขั้นที่ 1 โดยใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริก (HCl) ความเข้มข้น 1 โมลต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 10 20 และ 30 องศาเซลเซียส ใช้เวลาตั้งแต่เริ่มปรับพีเอชเป็นเวลา 20 นาที จากนั้นปรับพีเอชเป็น 7.0 ในขั้นที่ 2 โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น 1 โมลต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 10 20 และ 30 องศาเซลเซียส ใช้เวลาตั้งแต่เริ่มปรับพีเอชเป็นเวลา 20 นาที แล้วนำไปหมนเหวี่ยงด้วยเครื่องหมนเหวี่ยงแบบควบคุมอุณหภูมิที่ความเร็วรอบ 3000xg นาน 5 นาที ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นำของแข็งที่ได้มาอบแห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จนได้น้ำหนักคงที่ซึ่งน้ำหนักหาปริมาณเศษเหลือที่เก็บเกี่ยวได้หน่วยเป็นกรัมต่อลิตร

นำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบเพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิต่อการเก็บเกี่ยวเศษเหลือจากน้ำล้างซูริมิ โดยจัดแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด วิเคราะห์ความแปรปรวนโดย ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's multiple range test (อนันต์ชัย, 2542)

1.3.3 การศึกษาผลของเวลาต่อการเก็บเกี่ยวเศษเหลือจากน้ำล้างซูริมิ

นำน้ำล้างซูริมิมาปรับพีเอชในระดับต่างๆได้แก่ 3.0 4.0 และ 5.0 ในขั้นที่ 1 โดยใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริก (HCl) ความเข้มข้น 1 โมลต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ใช้เวลาตั้งแต่เริ่มปรับพีเอชเป็นเวลา 20 30 และ 40 นาที จากนั้นปรับพีเอชเป็น 7.0 ในขั้นที่ 2 โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น 1 โมลต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ใช้เวลาตั้งแต่เริ่มปรับพีเอชเป็นเวลา 20 30 และ 40 นาที แล้วนำไปหมนเหวี่ยงด้วยเครื่องหมนเหวี่ยงแบบควบคุมอุณหภูมิที่ความเร็วรอบ 3000xg นาน 5 นาที ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นำของแข็งที่ได้มาอบแห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จนได้น้ำหนักคงที่ซึ่งน้ำหนักหาปริมาณเศษเหลือที่เก็บเกี่ยวได้หน่วยเป็นกรัมต่อลิตร

นำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบเพื่อศึกษาผลของเวลาต่อการเก็บเกี่ยวเศษเหลือจากน้ำล้างซูริมิ โดยจัดแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด วิเคราะห์ความแปรปรวนโดย ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's multiple range test (อนันต์ชัย, 2542)

1.3.4 การศึกษาปริมาณและมูลค่าของสารเคมีที่ใช้ในการผลิต

คำนวณมูลค่าของสารเคมีที่ใช้ในการเก็บเกี่ยวเศษเหลือจากน้ำล้างซูริมิ หน่วยเป็นบาทต่อกิโลกรัมของปริมาณการผลิตเศษเหลือจากน้ำล้างซูริมิ

2. การศึกษาองค์ประกอบของเศษเหลือที่เก็บเกี่ยวได้จากน้ำล้างซูริมิ

นำเศษเหลือที่เก็บเกี่ยวได้จากน้ำล้างซูริมิในสถานะที่เหมาะสม จากการทดลองในหัวข้อที่ 1 มาผลิตเป็นโปรตีนผง บรรจุในถุงโพลีเอทิลีน ห่อด้วยอะลูมิเนียมฟอยล์ บรรจุในกล่องพลาสติก เก็บไว้ในตู้เย็น -20 องศาเซลเซียส แล้วนำมาวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

2.1 องค์ประกอบทางเคมีของโปรตีนผง

สุ่มโปรตีนผงมาวิเคราะห์ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้า โดยวิธีของ A.O.A.C. (2000)

2.2 ปริมาณกรดอะมิโนของโปรตีนผง

สุ่มโปรตีนผงมาวิเคราะห์ปริมาณกรดอะมิโน โดยวิธีของ Konstantinos *et al.* (2002) ส่งวิเคราะห์ที่ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.3 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน ของโปรตีนผงภายหลังการเก็บรักษา

นำโปรตีนผงบรรจุในถุงโพลีเอทิลีน ห่อด้วยอะลูมิเนียมฟอยล์ เก็บไว้ในตู้เย็นห้อง (32 องศาเซลเซียส) สุ่มโปรตีนผงมาวิเคราะห์ปริมาณความชื้น โปรตีน และไขมัน โดยวิธีของ A.O.A.C. (2000) ภายหลังการเก็บรักษาในระยะเวลาต่างๆ ได้แก่ 0 2 4 6 และ 8 สัปดาห์

นำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของโปรตีนผง ในระยะเวลาการเก็บรักษา โดยจัดแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด วิเคราะห์ความแปรปรวนโดย ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's multiple range test (อนันต์ชัย, 2542)

3. การศึกษาการใช้ประโยชน์เศษเหลือที่เก็บเกี่ยวได้จากน้ำล้างชูริมิ

การทดลองนี้ได้นำเอาโปรตีนผงมาเป็นส่วนผสมในเค้กเนยสดในสัดส่วนร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาทำการทดสอบดังนี้

3.1 การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส

นำเค้กเนยสดเสริมโปรตีนจากเนือปลา และเค้กเนยสดเสริมโปรตีนจากโปรตีนผง มาทำการทดสอบการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสกับผู้ทดสอบที่ได้รับการฝึกฝนจำนวน 12 คน ในด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ทำการให้คะแนนตัวอย่างแบบ Hedonic scale ระดับคะแนนตั้งแต่ 1-9 โดยคะแนนระดับที่ 9 เป็นคะแนนที่ลักษณะดีที่สุด คะแนนรองลงมาให้ลักษณะที่ลดลงตามลำดับ (ปราณี, 2547)

3.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเค้กเนยสดชนิดต่างๆ

นำเค้กเนยสดต้นแบบ เค้กเนยสดเสริมโปรตีนจากเนือปลา และเค้กเนยสดเสริมโปรตีนจากโปรตีนผง สุ่มมาวิเคราะห์ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้า โดยวิธีของ A.O.A.C. (2000)

นำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบกัน โดยจัดแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด วิเคราะห์ความแปรปรวนโดย ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's multiple range test (อนันต์ชัย, 2542)

3.3 การตรวจสอบทางจุลชีววิทยาของเค้กเนยสดชนิดต่างๆ

นำเค้กเนยสดต้นแบบ เค้กเนยสดเสริมโปรตีนจากเนื้อปลา และเค้กเนยสดเสริมโปรตีนจากโปรตีนผง สุ่มมาวิเคราะห์หึ่งค์ประกอบทางจุลชีววิทยา ได้แก่ จำนวนแบคทีเรียทั้งหมด และ ปริมาณยีสต์และรา (A.O.A.C., 2000)

4. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของน้ำล้างชูริมิภายหลังการเก็บเกี่ยวเศษเหลือ

4.1 การศึกษาคุณภาพน้ำของน้ำล้างชูริมิครั้งที่ 1

สุ่มเก็บตัวอย่างน้ำล้างชูริมิครั้งที่ 1 เพื่อวิเคราะห์ดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำ ได้แก่ ของแข็งทั้งหมด ของแข็งละลาย ของแข็งแขวนลอย บีโอดี ซีโอดี ไนโตรเจนทั้งหมด ไขมันและน้ำมัน หน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร โดยวิธีของนิพนธ์ และ คณิดา (2550)

4.2 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของน้ำล้างชูริมิภายหลังการเก็บเกี่ยวเศษเหลือ

นำน้ำล้างชูริมิที่ผ่านการเก็บเกี่ยวเศษเหลือโดยวิธีการปรับพีเอชในระดับต่างๆ ได้แก่ 3.0 4.0 และ 5.0 แล้ว สุ่มตัวอย่างน้ำเพื่อวิเคราะห์ดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำ ได้แก่ ของแข็งทั้งหมด ของแข็งละลาย ของแข็งแขวนลอย บีโอดี ซีโอดี ไนโตรเจนทั้งหมด ไขมันและน้ำมัน หน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อลิตร โดยวิธีของนิพนธ์ และ คณิดา (2550)

นำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบกัน โดยจัดแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด วิเคราะห์ความแปรปรวนโดย ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's multiple range test (อนันต์ชัย, 2542)

5. สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการของโรงงานต้นแบบแปรรูปสัตว์น้ำ ภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6. ระยะเวลาในการทดลอง

การทดลองนี้เริ่มตั้งแต่เดือนมกราคม 2550 ถึงเดือนตุลาคม 2550

ผลและวิจารณ์

1. การศึกษาสถานะที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยวเศษเหลือจากน้ำล้างซูริมิ

1.1 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลาทรายแดง

นำเนื้อปลาทรายแดงบดจากเครื่องแยกเนื้อปลา (deboner) ก่อนเข้าขั้นตอนการล้างที่ได้จากโรงงานผลิตซูริมิ สุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้า โดยวิธีของ A.O.A.C. (2000) ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 1 จะเห็นว่า องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลาทรายแดง มีปริมาณความชื้นสูง ซึ่งเป็นผลมาจากน้ำที่ใช้ล้างทำความสะอาดปลาก่อนผ่านการแยกเนื้อปลา และเลือดปลาที่มีการปนกับเนื้อปลา ปริมาณโปรตีนของเนื้อปลาทรายแดงเป็นคุณลักษณะทั่วไปของปลาที่อุดมไปด้วยโปรตีน และในซูริมิโปรตีนมีบทบาทสำคัญในการเกิดเจลในซูริมิ ปลาทรายแดงจัดว่าเป็นปลาที่มีไขมันต่ำ (ไขมันน้อยกว่าร้อยละ 2) ซึ่งเป็นคุณลักษณะที่ดีของปลาที่จะนำมาผลิตซูริมิ เพราะการใช้เนื้อปลาที่มีไขมันต่ำมาผลิตซูริมิจะไม่ก่อให้เกิดปัญหาในการแยกไขมันออกจากเนื้อปลา ทำให้ปัญหาการเกิดกลิ่นหืนในซูริมิลดน้อยลง ซึ่งปลาทรายแดงที่ใช้ในการศึกษานี้นิยมใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตซูริมิ ส่วนปริมาณเถ้าซึ่งมาจากองค์ประกอบของแร่ธาตุต่างๆ มีปริมาณน้อย ซึ่งแร่ธาตุต่างๆ ในปลาจะอยู่ในส่วนของกระดูกและหนังปลาที่ถูกขจัดออกในขั้นตอนการตัดแต่งวัตถุดิบและขั้นตอนการแยกเนื้อปลาแล้ว

ตารางที่ 1 ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลาทรายแดง

องค์ประกอบทางเคมี	ร้อยละ (น้ำหนักเปียก)
	เนื้อปลาทรายแดง
ความชื้น	82.01 ± 0.42
โปรตีน	15.80 ± 0.51
ไขมัน	1.75 ± 0.46
เถ้า	1.04 ± 0.04

1.2 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำล้างซูริมิ

นำน้ำล้างซูริมิกครั้งที่ 1 ที่ได้จากโรงงานผลิตซูริมิ สุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน ไขมัน ของแข็งทั้งหมด ของแข็งละลาย และของแข็งแขวนลอย หน่วยเป็นกรัมต่อลิตร โดยวิธีของนิพนธ์ และ คณิตา (2550) ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 2 จะเห็นว่า ในขั้นตอนการล้างซูริมิ เป็นการกำจัดโปรตีนซาร์โคพลาสมิกที่ขัดขวางการเกิดเจลของซูริมิและไขมันที่ก่อให้เกิดกลิ่นหืนในซูริมิออกไป ซึ่งปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำส่วนมากจะเป็นโปรตีนดังกล่าว และการล้างซูริมียังทำให้เกิดการสูญเสียเนื้อปลานขนาดเล็กที่หลุดจากตะแกรงขนาดผ่านขั้นตอนการล้าง ซึ่งเส้นผ่านศูนย์กลางของตะแกรงที่ใช้โดยทั่วไปมีขนาด 0.024 นิ้ว (สุทธวัฒน์, 2549) ส่งผลต่อปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำล้างซูริมิ สอดคล้องกับการทดลองของ Lin *et al.*, 1995 พบว่าในน้ำล้างเนื้อปลาบดครั้งที่ 1 จากปลาแปซิฟิกไวท์ทิง มีปริมาณโปรตีน 9.9 กรัมต่อลิตร ไขมัน 0.6 กรัมต่อลิตร ซึ่งในน้ำล้างซูริมิจะประกอบไปด้วยโปรตีนที่ละลายน้ำ และองค์ประกอบที่ไม่ต้องการ เช่น เลือด ไขมัน รวมทั้งเอนไซม์ต่างๆ (สุทธวัฒน์, 2549)

ตารางที่ 2 ปริมาณองค์ประกอบของน้ำล้างซูริมิกครั้งที่ 1

องค์ประกอบ	ปริมาณ (g/L)
โปรตีน	8.12 ± 0.13
ไขมัน	0.38 ± 0.13
ของแข็งทั้งหมด	10.42 ± 0.68
ของแข็งละลาย	7.87 ± 0.16
ของแข็งแขวนลอย	2.59 ± 0.55

1.3 การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเก็บเกี่ยวเศษเหลือจากน้ำล้างซูริมิ

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเก็บเกี่ยวเศษเหลือจากน้ำล้างซูริมิ โดยปัจจัยที่ศึกษาประกอบด้วย 3 ปัจจัย ได้แก่ พีเอช อุณหภูมิ และเวลาที่ใช้ในการเก็บเกี่ยวเศษเหลือจากน้ำล้างซูริมิ

1.3.1 การศึกษาพีเอชที่เหมาะสมต่อการเก็บเกี่ยวเศษเหลือจากน้ำล้างซูริมิ

นำน้ำล้างซูริมิในครั้งที่ 1 มาปรับพีเอชในระดับที่แตกต่างกันได้แก่ 3.0 3.5 4.0 4.5 5.0 และ 5.5 ในขั้นที่ 1 จากนั้นปรับพีเอชเป็น 7.0 ในขั้นที่ 2 แล้วนำเศษเหลือที่เก็บเกี่ยวได้มาวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (A.O.A.C., 2000) ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 3 จะเห็นว่า ปริมาณโปรตีนที่เก็บเกี่ยวได้จากน้ำล้างซูริมิสามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 พีเอช 3.0 3.5 และ 4.0 มีปริมาณโปรตีนไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p \geq 0.05$) และมีปริมาณโปรตีนมากที่สุดคือ 5.25 5.24 และ 5.36 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ กลุ่มที่ 2 พีเอช 4.5 และ 5.0 มีปริมาณโปรตีนไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p \geq 0.05$) และมีปริมาณโปรตีนรองลงมาคือ 4.95 และ 4.87 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ และกลุ่มที่ 3 พีเอช 5.5 มีปริมาณโปรตีนต่ำที่สุดคือ 3.54 กรัมต่อลิตร โดยปริมาณการตกตะกอนของเศษเหลือซึ่งมีโปรตีนเป็นองค์ประกอบหลัก จะขึ้นกับจุดสมดุลการตกตะกอน (isoelectric point) ของโปรตีนแต่ละชนิด ซึ่งส่วนมากจุดสมดุลการตกตะกอนของโปรตีนในปลาจะอยู่ที่พีเอช 4.5-6.0 (Park, 2005) ซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับวิธีการปรับพีเอชแบบสองขั้นตอนของ Nishioka and Shimizu (1983) ได้ศึกษาพบว่าพีเอชที่สามารถเก็บเกี่ยวเศษเหลือจากน้ำล้างซูริมิได้มากที่สุดคือ การปรับพีเอชของน้ำล้างซูริมิเป็น 4.0-5.0 ในขั้นแรก และปรับพีเอชของน้ำล้างซูริมิเป็น 7.0-9.0 ในขั้นที่สอง

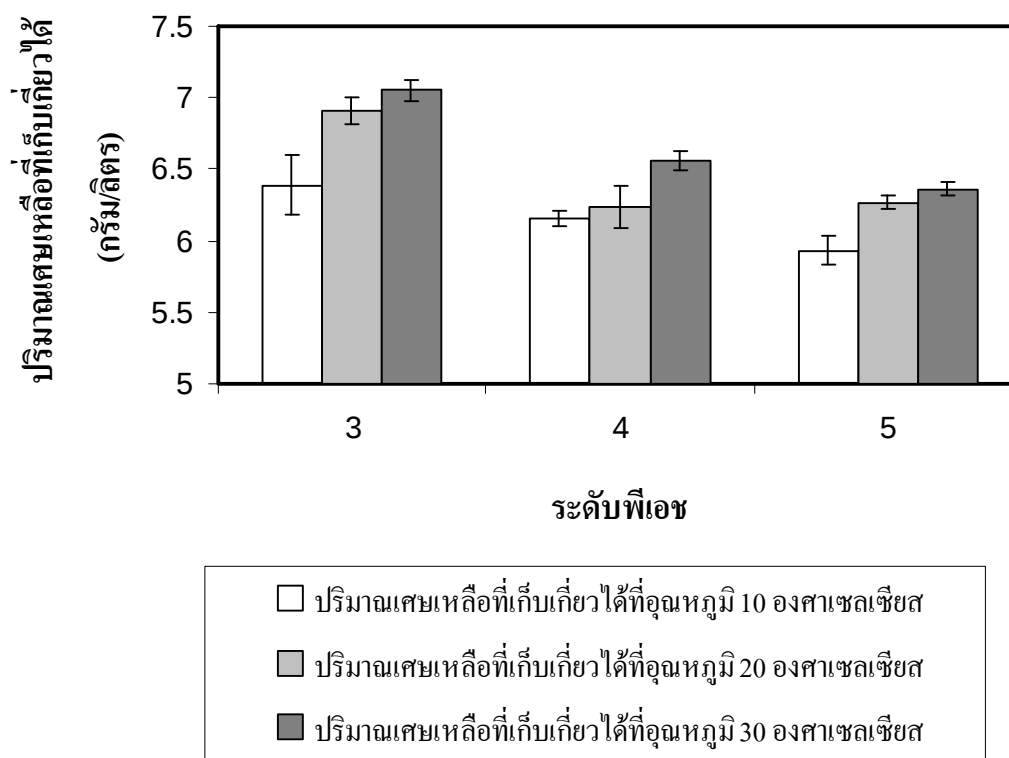
ตารางที่ 3 ปริมาณโปรตีนที่เก็บเกี่ยวได้จากน้ำล้างชูริมิที่พีเอช 3.0 3.5 4.0 4.5 5.0 และ 5.5

pH	ปริมาณโปรตีน(g/L)					
	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5
	5.24 ^a ± 0.05	5.25 ^a ± 0.04	5.36 ^a ± 0.04	4.95 ^b ± 0.11	4.87 ^b ± 0.14	3.54 ^c ± 0.23

หมายเหตุ อักษรที่มีความแตกต่างในแนวนอนแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

1.3.2 การศึกษาผลของอุณหภูมิต่อการเก็บเกี่ยวเศษเหลือจากน้ำล้างชูริมิ

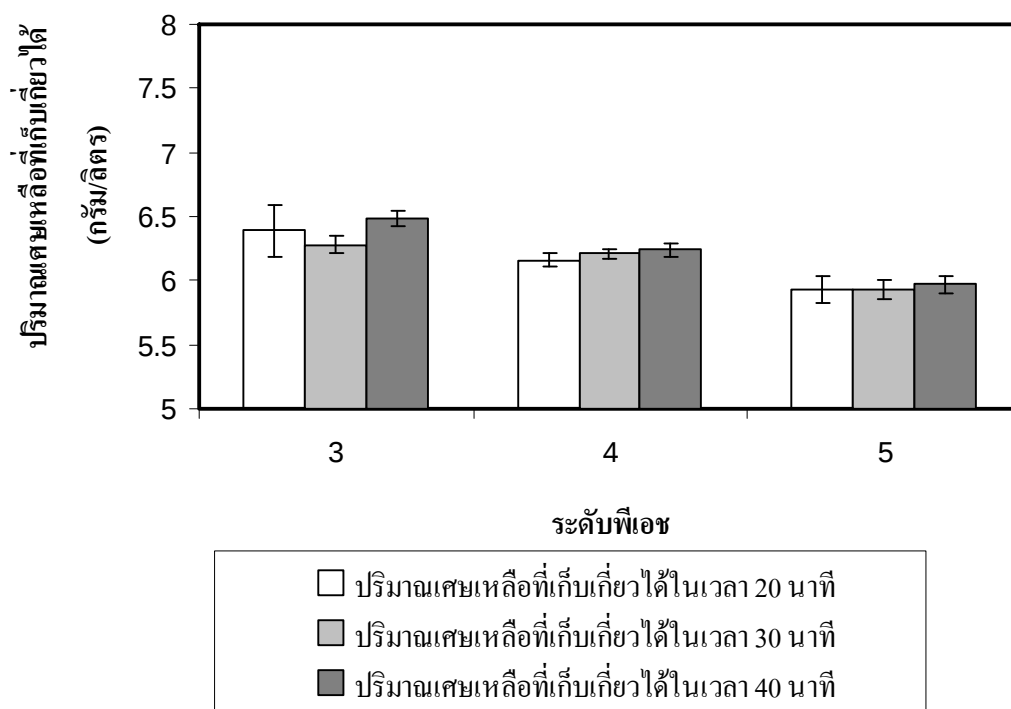
นำน้ำล้างชูริมิมาปรับพีเอชเป็น 3.0 4.0 และ 5.0 ในขั้นที่ 1 จากนั้นปรับพีเอชเป็น 7.0 ในขั้นที่ 2 โดยใช้อุณหภูมิในการเก็บเกี่ยวเศษเหลือที่แตกต่างกัน ได้แก่ 10 20 และ 30 องศาเซลเซียส ทั้ง 2 ขั้นตอน จากนั้นนำเศษเหลือที่เก็บเกี่ยวได้มาอบแห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จนได้น้ำหนักคงที่ ชั่งน้ำหนักหาปริมาณเศษเหลือที่เก็บเกี่ยวได้ หน่วยเป็นกรัมต่อลิตร ผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 4 พบว่า ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส สามารถเก็บเกี่ยวเศษเหลือได้สูงที่สุด ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส สามารถเก็บเกี่ยวเศษเหลือได้รองลงมาและที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส สามารถเก็บเกี่ยวเศษเหลือได้ต่ำที่สุดทั้ง 3 ระดับพีเอช เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า อุณหภูมิสูงขึ้นทำให้เก็บเกี่ยวเศษเหลือได้มากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ทั้ง 3 ระดับพีเอช ดังนั้นการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิจึงส่งผลต่อปริมาณเศษเหลือที่เก็บเกี่ยวได้ โดยการให้ความร้อนกับโปรตีนมีผลทำลายพันธะในโมเลกุล เช่น พันธะไดซัลไฟด์ ก่อให้เกิดการคลายตัวของโปรตีน ส่งผลให้เกิดการจับเรียงตัว (aggregation) ของโปรตีนเกิดเป็นอนุภาคนขนาดใหญ่ที่ไม่สามารถละลายได้ (Fryer *et al.*, 1989) สอดคล้องกับการทดลองของ Nishioka and Shimizu (1983) ได้ศึกษาพบว่า เมื่อใช้อุณหภูมิในการเก็บเกี่ยวเศษเหลือสูงขึ้นก็จะทำให้ได้ปริมาณโปรตีนที่สูงขึ้นด้วย



ภาพที่ 4 ปริมาณเศษเหลือที่เก็บเกี่ยวได้จากน้ำล้างซูริมิที่อุณหภูมิ 10 20 และ 30 องศาเซลเซียส

1.3.3 การศึกษาผลของเวลาต่อการเก็บเกี่ยวเศษเหลือจากน้ำล้างซูริมิ

นำน้ำล้างซูริมามาปรับพีเอชเป็น 3.0 4.0 และ 5.0 ในขั้นที่ 1 จากนั้นปรับพีเอชเป็น 7.0 ในขั้นที่ 2 โดยใช้เวลาในการเก็บเกี่ยวเหลือที่แตกต่างกันได้แก่ 20 30 และ 40 นาที ทั้ง 2 ขั้นตอน จากนั้นนำเศษเหลือที่เก็บเกี่ยวได้มาอบแห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จนได้น้ำหนักคงที่ ซึ่งน้ำหนักหาปริมาณเศษเหลือที่เก็บเกี่ยวได้ หน่วยเป็นกรัมต่อลิตร ผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 5 พบว่า ที่เวลา 40 นาที สามารถเก็บเกี่ยวเศษเหลือได้สูงที่สุด ที่เวลา 30 นาที สามารถเก็บเกี่ยวเศษเหลือได้รองลงมา และที่เวลา 20 นาที สามารถเก็บเกี่ยวเศษเหลือได้ต่ำที่สุดทั้ง 3 ระดับพีเอช เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า เวลามากขึ้นทำให้เก็บเกี่ยวเศษเหลือได้มากขึ้นอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ทั้ง 3 ระดับพีเอช ดังนั้นเวลาที่ใช้ไม่มีผลต่อการเก็บเกี่ยวเศษเหลือ สอดคล้องกับการทดลองของ Nishioka and Shimizu (1983) ได้ศึกษาพบว่า เมื่อใช้เวลาในการเก็บเกี่ยวเศษเหลือ 20 40 และ 60 นาที เศษเหลือที่ได้มีปริมาณไม่แตกต่างกัน



ภาพที่ 5 ปริมาณเศษเหลือที่เก็บเกี่ยวได้จากน้ำเลี้ยงชูริมิในเวลา 20 30 และ 40 นาที

1.3.4 การศึกษาปริมาณและมูลค่าของสารเคมีที่ใช้ในการผลิต

จากการปรับพีเอชของน้ำเลี้ยงชูริมิในระดับต่างๆ โดยปริมาณสารเคมีที่ใช้แสดงดังตารางที่ 4 พบว่า เมื่อปรับพีเอชให้ต่ำลงจะใช้สารเคมีมากขึ้น ซึ่งพีเอชที่วัดได้คือ ความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน ถ้าพีเอชยิ่งต่ำความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออนจะสูงขึ้น จึงส่งผลต่อปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการปรับพีเอช เมื่อพิจารณาต้นทุนการผลิตดังตารางที่ 5 พบว่า ที่พีเอช 5.0 มีต้นทุนการผลิตเศษเหลือจากน้ำเลี้ยงชูริมิต่อหนึ่งกิโลกรัมต่ำที่สุด โดยใช้ น้ำเลี้ยงชูริมิเป็นวัตถุดิบในการผลิตโปรตีนผง 1 กิโลกรัมคือ 165.29 ลิตร เมื่อเปรียบเทียบกับ การผลิตโปรตีนปลาไฮโดรไลเซตผงจากเศษเหลือของโรงงานผลิตชูริมิ และราคาปลาป่น ดังตารางที่ 6 พบว่า ใช้ต้นทุนในการผลิตโปรตีนปลาไฮโดรไลเซตผง 380.50 บาทต่อ 1 กิโลกรัม (ฤทัยรัตน์, 2547) และราคาปลาป่นที่ใช้ผสมเป็นอาหารสัตว์ 28.83 บาทต่อ 1 กิโลกรัม (สมาคมผู้ผลิตปลาป่นไทย, 2551) ดังนั้นการนำโปรตีนผงมาเป็นอาหารสัตว์จึงไม่คุ้มค่า แต่ถ้านำมาเป็นอาหารมนุษย์ โดยการนำมาเพิ่มคุณค่าทางอาหารให้กับผลิตภัณฑ์จะเกิดความคุ้มค่ามากกว่า

ตารางที่ 4 ปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการปรับพีเอชของน้ำล้างซูริมิ

pH	ปริมาณสารเคมีที่ใช้ (มิลลิลิตรต่อน้ำล้างซูริมิ 1 ลิตร)					
	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5
HCl	82.60±1.02	60.33±1.95	41.34±0.40	34.95±1.68	20.18±1.16	15.83±0.80
NaOH	71.34±3.45	47.93±2.02	34.60±1.12	23.73±1.61	12.87±0.31	9.64±0.14

ตารางที่ 5 ต้นทุนการผลิตเศษเหลือจากน้ำล้างซูริมิต่อ 1 กิโลกรัม

pH	ราคาต้นทุนการผลิต (บาทต่อกิโลกรัม)					
	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5
	293.85	205.84	141.35	117.26	67.77	72.89

หมายเหตุ ราคาสารเคมีกรดไฮโดรคลอริก (A.R.) 148 บาท/ลิตร และ โซเดียมไฮดรอกไซด์ (A.R.) 300 บาท/กิโลกรัม ราคา ณ วันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2551

ตารางที่ 6 ต้นทุนวัตถุดิบที่ใช้ผลิตโปรตีนผง เปรียบเทียบกับต้นทุนวัตถุดิบที่ใช้ผลิตโปรตีนปลาไฮโดรไลเซตผง และราคาปลาป่นเบอร์ 1 (อาหารสัตว์)

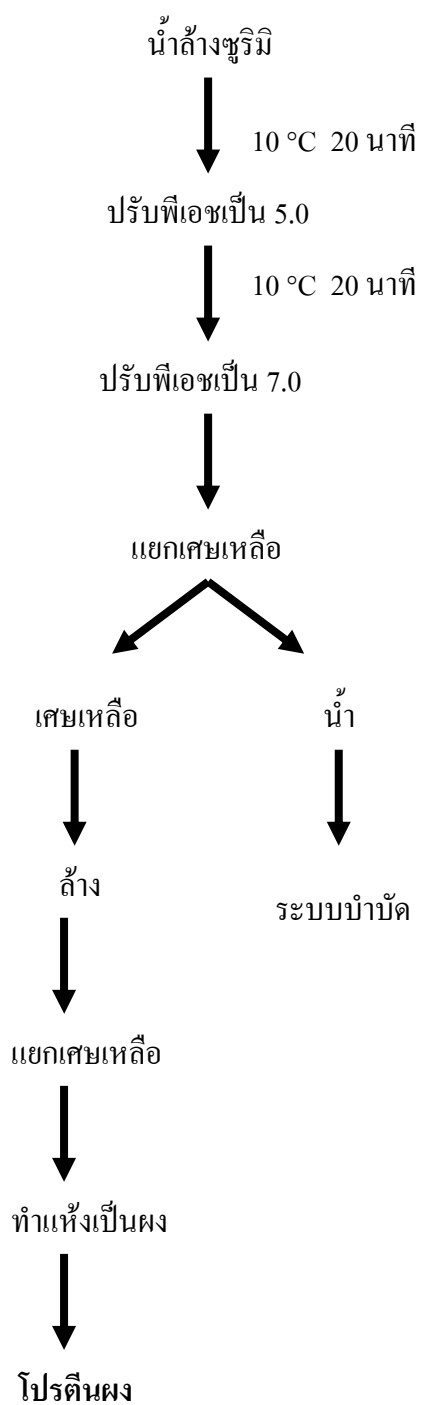
	ราคา (บาทต่อกิโลกรัม)
ต้นทุนวัตถุดิบที่ใช้ผลิตโปรตีนผง ¹	67.77
ต้นทุนวัตถุดิบที่ใช้ผลิตโปรตีนปลาไฮโดรไลเซตผง ²	380.50
ปลาป่นเบอร์ 1 (อาหารสัตว์) ³	28.83

หมายเหตุ ¹ ราคาสารเคมี ณ วันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2551

² ฤทัยรัตน์, 2547

³ สมาคมผู้ผลิตปลาป่นไทย, 2551

การทดลองการเก็บเกี่ยวเศษเหลือจากน้ำล้างซูริมีครั้งนี้จะใช้สภาวะที่เหมาะสมที่สุด โดยปัจจัยที่นำมาพิจารณาได้แก่ ปริมาณเศษเหลือที่เก็บเกี่ยวได้ ปริมาณสารเคมีและราคาของสารเคมี อุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยวเศษเหลือจากน้ำล้างซูริมี โดยพบว่าที่พีเอช 5.0 เป็นระดับที่มีความเหมาะสมที่สุด เนื่องจากเป็นพีเอชที่มีมูลค่าของสารเคมีต่อปริมาณเศษเหลือที่เก็บเกี่ยวได้ต่ำที่สุด โดยอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บเกี่ยวเศษเหลือคือ 10 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เพื่อลดการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ ส่วนเวลาที่ใช้ในการในการเก็บเกี่ยวเศษเหลือแต่ละขั้นคือ 20 นาที ซึ่งเป็นระยะเวลาที่ต่ำที่สุดในการทดลอง และไม่ส่งผลต่อปริมาณเศษเหลือที่เก็บเกี่ยวได้ โดยวิธีการเก็บเกี่ยวเศษเหลือจากน้ำล้างซูริมี แสดงดังภาพที่ 6 เริ่มจากน้ำล้างซูริมีในครั้งที่ 1 จากโรงงานอุตสาหกรรม (pH 7.85-8.12) มาปรับพีเอชเป็น 5.0 โดยใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 1 โมลต่อลิตร (1M HCl) ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ใช้เวลาตั้งแต่เริ่มปรับพีเอชเป็นเวลา 20 นาที จากนั้นปรับพีเอชเป็น 7.0 โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 1 โมลต่อลิตร (1M NaOH) ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ใช้เวลาตั้งแต่เริ่มปรับพีเอชเป็นเวลา 20 นาที แล้วนำไปหมุนเหวี่ยงด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงแบบควบคุมอุณหภูมิที่ความเร็วรอบ 3000xg นาน 5 นาที ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นำเศษเหลือที่ได้ล้างน้ำสะอาด แล้วนำไปหมุนเหวี่ยงด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงแบบควบคุมอุณหภูมิที่ความเร็วรอบ 3000xg นาน 5 นาที ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นำเศษเหลือที่เก็บเกี่ยวได้มาทำให้แห้งเป็นผงที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จะได้เป็นโปรตีนผง นำโปรตีนผงบรรจุในถุงโพลีเอทิลีน ห่อด้วยอะลูมิเนียมฟอยล์ บรรจุในกล่องพลาสติก เก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไป ส่วนน้ำล้างซูริมีภายหลังจากการเก็บเกี่ยวเศษเหลือแล้ว นำมาวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำและประสิทธิภาพในการบำบัด



ภาพที่ 6 กระบวนการเก็บเกี่ยวเศษเหลือจากน้ำลำชูริมิ และการผลิตโปรตีนผง



ภาพที่ 7 โปรตีนผงที่ผลิตได้จากเศษเหลือที่เก็บเกี่ยวได้จากน้ำล้างชูริมิ

2. การศึกษาปริมาณองค์ประกอบของเศษเหลือที่เก็บเกี่ยวได้จากน้ำลำชูริมิ

นำเศษเหลือที่เก็บเกี่ยวได้จากน้ำลำชูริมิในสภาวะที่เหมาะสม (pH 5.0) มาผลิตเป็นโปรตีนผง บรรจุในถุงโพลีเอทิลีน เก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ใช้ในการศึกษาดังต่อไปนี้

2.1 ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของโปรตีนผง

สุ่มโปรตีนผงมาวิเคราะห์ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้า โดยวิธีของ A.O.A.C. (2000) ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 7 จะเห็นว่า โปรตีนผงมีปริมาณโปรตีนสูงที่สุด ซึ่งโปรตีนเหล่านี้ส่วนมากเป็นโปรตีนที่ละลายน้ำ โดยถูกกำจัดออกจากเนื้อปลาสดในขั้นตอนการล้าง และอีกส่วนหนึ่งคือโปรตีนจากเนื้อปลาที่ปะปนมากับน้ำลำชูริมิ ส่วนปริมาณไขมันในโปรตีนผงมาจากไขมันในเนื้อปลาซึ่งถูกกำจัดในขั้นตอนการล้าง เนื่องจากไขมันจะส่งผลต่อคุณภาพของชูริมิ ซึ่งไขมันเหล่านี้ยังมีกรดไขมันโอเมก้า 3 ที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายด้วย ส่วนปริมาณเถ้าในโปรตีนผงมาจากการปรับพีเอชของน้ำลำชูริมิจะใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริก และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ จะทำให้ได้เกลือโซเดียมคลอไรด์ ซึ่งมีผลต่อปริมาณเถ้า

ตารางที่ 7 ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของโปรตีนผง

องค์ประกอบทางเคมี	ร้อยละ (น้ำหนักแห้ง)
ความชื้น	2.08 ± 0.41
โปรตีน	80.59 ± 1.00
ไขมัน	3.78 ± 0.99
เถ้า	5.45 ± 0.48

2.2 ปริมาณกรดอะมิโนของโปรตีนผง

กลุ่มโปรตีนผงมาวิเคราะห์ปริมาณกรดอะมิโน โดยวิธีของ Konstantinos *et al.* (2002) ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 8 พบว่า โปรตีนผงมีปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายได้แก่ ทริปโตฟาน ทรีโอนีน ไอโซลิวซีน ลิวซีน ไลซีน วาลีน และฮิสติดีน มีปริมาณสูงกว่ามาตรฐานทางโภชนาการของ FAO/WHO (1990) ที่ระบุความต้องการกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อกรัมโปรตีนสำหรับผู้ใหญ่ โดยกรดอะมิโนเหล่านี้ร่างกายไม่สามารถสร้างเองได้ ต้องได้รับเข้าไปจากการบริโภคอาหารชนิดต่างๆ ส่วนกรดอะมิโนเมทไธโอนีนมีปริมาณต่ำกว่ามาตรฐานทางโภชนาการของ FAO/WHO (1990) จึงควรได้รับกรดอะมิโนชนิดนี้เพิ่มเติมจากอาหารชนิดอื่น เช่น ถั่ว เนื้อปลา

ตารางที่ 8 ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนของโปรตีนผง

ชนิดของ กรดอะมิโน	ปริมาณกรดอะมิโน (mg/g Protein)	
	โปรตีนผง	FAO/WHO ¹ (1990)
Tryptophan	11.30	10
Threonine	59.07	9
Isoleucine	26.16	13
Leucine	44.93	19
Lysine	18.95	16
Methionine	16.29	17
Valine	122.95	13
Histidine	55.75	16
Phenylalanine	18.84	
Cystine	17.99	
Tyrosine	23.73	
Arginine	19.91	
Alanine	14.59	
Aspartic acid	44.12	
Glutamic acid	35.24	
Glycine	55.80	
Proline	74.52	
Serine	90.09	

หมายเหตุ ¹ มาตรฐานทางโภชนาการของ FAO/WHO (1990) ระบุความต้องการกรดอะมิโน
ที่จำเป็นต่อกรัมโปรตีนสำหรับผู้ใหญ่

2.3 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมันของโปรตีนผง ภายหลังการเก็บรักษาในระยะเวลา 0 2 4 6 และ 8 สัปดาห์

การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมันของโปรตีนผง ภายหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องในระยะเวลาต่างๆ ได้แก่ 0 2 4 6 และ 8 สัปดาห์ ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 9 พบว่า โปรตีนผงมีปริมาณโปรตีนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ปริมาณไขมันของโปรตีนผงลดลงอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ในส่วนปริมาณความชื้นของโปรตีนผงมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) การเปลี่ยนแปลงของไขมันในโปรตีนผงขณะเก็บรักษา เช่น เกิดการออกซิเดชัน การเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดจากอัลดีไฮด์หรือคีโตนที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของไขมัน การเพิ่มขึ้นของความชื้นอาจเกิดจากการดูดซับอากาศเข้าไป ซึ่งโปรตีนผงมีความชื้นเริ่มต้นต่ำและมีผิวสัมผัสอากาศสูง ทำให้มีผลต่อปริมาณความชื้น

ตารางที่ 9 ปริมาณความชื้น โปรตีน และไขมัน ของโปรตีนผง ภายหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องในระยะเวลา 0 2 4 6 และ 8 สัปดาห์

ร้อยละ	ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)				
	0	2	4	6	8
ความชื้น	$2.08^a \pm 0.41$	$2.18^a \pm 0.13$	$2.23^a \pm 0.11$	$2.30^a \pm 0.10$	$2.35^a \pm 0.09$
โปรตีน	$80.59^a \pm 1.00$	$79.45^{ab} \pm 0.73$	$78.82^b \pm 0.95$	$78.21^b \pm 0.76$	$78.01^b \pm 0.78$
ไขมัน	$3.78^a \pm 0.99$	$3.75^a \pm 0.17$	$3.70^a \pm 0.18$	$3.67^a \pm 0.14$	$3.58^a \pm 0.09$

หมายเหตุ อักษรที่มีความแตกต่างในแนวนอนแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3. การศึกษาการใช้ประโยชน์เศษเหลือที่เก็บเกี่ยวได้จากน้ำลำชูริมิ

โปรตีนผงที่ผลิตจากเศษเหลือที่เก็บเกี่ยวได้จากน้ำลำชูริมิมิมีปริมาณโปรตีนสูง อีกทั้งมีปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายหลายชนิด จึงเหมาะที่จะนำมาเป็นอาหารเสริมโปรตีน ในการทดลองนี้ได้นำเอาเศษเหลือที่เก็บเกี่ยวได้จากน้ำลำชูริมิ (โปรตีนผง) มาเป็นส่วนผสมในเค้กเนยสดในสัดส่วนร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก นำเค้กเนยสดที่ได้มาทำการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส วิเคราะห์ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของเค้กเนยสดเสริมโปรตีนจากโปรตีนผงเปรียบเทียบกับเค้กเนยสดต้นแบบ และเค้กเนยสดเสริมโปรตีนจากเนื้อปลา และตรวจสอบทางจุลชีววิทยา ผลการทดลองดังนี้

3.1 การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส

เมื่อนำเค้กเนยสดเสริมโปรตีนจากเนื้อปลา และเค้กเนยสดเสริมโปรตีนจากโปรตีนผงมาทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสกับผู้ทดสอบที่ได้รับการฝึกฝนจำนวน 12 คน ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 10 พบว่า คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของเค้กเนยสดเสริมโปรตีนจากเนื้อปลาด้านสีอยู่ในระดับชอบปานกลาง กลิ่นอยู่ในระดับชอบปานกลาง รสชาติอยู่ในระดับชอบปานกลาง เนื้อสัมผัสอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย และความชอบรวมอยู่ในระดับชอบปานกลาง ส่วนคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของเค้กเนยสดเสริมโปรตีนจากโปรตีนผงด้านสีอยู่ในระดับชอบปานกลาง กลิ่นอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย รสชาติอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย เนื้อสัมผัสอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย และความชอบรวมอยู่ในระดับชอบปานกลาง เมื่อเปรียบเทียบทางสถิติของคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้าน สี รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมของเค้กทั้งสองชนิดไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ส่วนคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้าน รสชาติมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$)

เมื่อพิจารณาคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของเค้กเนยสดเสริมโปรตีนจากโปรตีนผง พบว่า มีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้าน สี กลิ่น รสชาติ และความชอบรวมต่ำกว่าเค้กเนยสดเสริมโปรตีนจากเนื้อปลา เนื่องจากเค้กเนยสดเสริมโปรตีนจากโปรตีนผงมีกลิ่นคาวที่แรง มีสีคล้ำกว่าเค้กเนยสดเสริมโปรตีนจากเนื้อปลา และรสชาติยังไม่กลมกลื่นกับเค้ก ซึ่งเป็นขนมหวาน จึงทำให้มีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติต่ำ ส่วนคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัสของเค้กเนยสดเสริมโปรตีนจากโปรตีนผงมีคะแนนสูงกว่าเค้กเนยสดเสริมโปรตีนจากเนื้อปลา เนื่องจากส่วนผสมที่ใส่เข้าไปมีความชื้นต่ำ ทำให้มีความชุ่มชื้น

ของเนย ส่วนเค้กเนยสดเสริมโปรตีนจากเนือปลามีส่วนผสมของเนือปลาที่มีความชื้นสูงกว่าจึงทำให้เค้กนึ่งเกินไป

ตารางที่ 10 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของเค้กเนยสดเสริมโปรตีนจากโปรตีนผง
เปรียบเทียบกับเค้กเนยสดเสริมโปรตีนจากเนือปลา

คุณลักษณะทาง ประสาทสัมผัส	คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัส	
	เค้กเนยสดเสริมโปรตีนจาก เนือปลา	เค้กเนยสดเสริมโปรตีนจาก โปรตีนผง
สี	$7.58^a \pm 0.90$	$7.42^a \pm 0.67$
กลิ่น	$7.42^a \pm 0.60$	$6.67^b \pm 0.78$
รสชาติ	$7.00^a \pm 0.60$	$6.67^a \pm 0.65$
เนื้อสัมผัส	$6.83^a \pm 0.72$	$6.92^a \pm 0.67$
ความชอบรวม	$7.25^a \pm 0.62$	$7.08^a \pm 0.51$

หมายเหตุ อักษรที่มีความแตกต่างในแนวนอนแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ
ความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเค้กเนยสดต้นแบบ เค้กเนยสดเสริมโปรตีนจากเนือปลา และเค้กเนยสดเสริมโปรตีนจากโปรตีนผง ผลแสดงดังตารางที่ 11 พบว่า ปริมาณความชื้นของเค้กทั้ง 3 ชนิด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยเค้กเนยสดเสริมโปรตีนจากเนือปลามีปริมาณความชื้นสูงที่สุด เนื่องจากเนือปลาที่ใช้เป็นเนือปลาหนึ่งมีความชื้นสูงเมื่อเปรียบเทียบกับกรยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัส จะเห็นว่า เค้กเนยสดเสริมโปรตีนจากเนือปลาจะมีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัสต่ำกว่าเค้กเนยสดเสริมโปรตีนจากโปรตีนผง ปริมาณโปรตีนของเค้กทั้ง 3 ชนิด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยเค้กเนยสดเสริมโปรตีนจากโปรตีนผงมีปริมาณโปรตีนสูงที่สุด เนื่องจากโปรตีนผงที่ใช้เป็นส่วนผสมในเค้กมีปริมาณโปรตีนสูง จึงทำให้มีปริมาณโปรตีนสูงกว่าเค้กเนยสดต้นแบบ คิดเป็นร้อยละ 45.06 ของปริมาณโปรตีนในเค้กเนยสดต้นแบบ ปริมาณไขมันของเค้กทั้ง 3 ชนิด ไม่

มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \geq 0.05$) โดยเค้กเนยสดเสริมโปรตีนจากเนื้อปลาและเค้กเนยสดเสริมโปรตีนจากโปรตีนผงมีปริมาณไขมันสูงกว่าเค้กเนยสดต้นแบบ เนื่องจากในเนื้อปลาและโปรตีนผงมีปริมาณไขมันแต่เป็นปริมาณเล็กน้อยจึงมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณไขมันไม่มาก และปริมาณเถ้าของเค้กทั้ง 3 ชนิด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยเค้กเนยสดเสริมโปรตีนจากโปรตีนผงมีปริมาณเถ้าสูงที่สุด เนื่องจากในโปรตีนผงมีปริมาณของเกลือโซเดียมคลอไรด์ จากการปรับพีเอชของน้ำล้างชูริมิ

ตารางที่ 11 ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของเค้กเนยสดต้นแบบ เค้กเนยสดเสริมโปรตีนจากเนื้อปลา และเค้กเนยสดเสริมโปรตีนจากโปรตีนผง

	ร้อยละขององค์ประกอบทางเคมี		
	เค้กเนยสดต้นแบบ	เค้กเนยสดเสริมโปรตีนจากเนื้อปลา	เค้กเนยสดเสริมโปรตีนจากโปรตีนผง
ความชื้น	27.29 ^a ± 0.44	31.28 ^b ± 1.28	28.91 ^{ab} ± 1.90
โปรตีน	4.86 ^a ± 0.06	6.69 ^b ± 0.04	7.05 ^c ± 0.05
ไขมัน	17.70 ^a ± 0.24	18.12 ^a ± 0.23	18.00 ^a ± 0.26
เถ้า	1.18 ^a ± 0.12	1.26 ^{ab} ± 0.11	1.45 ^b ± 0.07

หมายเหตุ อักษรที่มีความแตกต่างในแนวนอนแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3.3 การตรวจสอบทางจุลชีววิทยา

การตรวจสอบทางจุลชีววิทยาของเค้กเนยสดต้นแบบ เค้กเนยสดเสริมโปรตีนจากเนื้อปลา และเค้กเนยสดเสริมโปรตีนจากโปรตีนผง ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 12 พบว่า ปริมาณของแบคทีเรียทั้งหมดและปริมาณของยีสต์และราของเค้กทั้ง 3 ชนิด อยู่ในระดับต่ำ ซึ่งไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค

ตารางที่ 12 การตรวจสอบทางจุลชีววิทยาของเค้กเนยสดต้นแบบ เค้กเนยสดเสริมโปรตีนจากเนื้อปลา และเค้กเนยสดเสริมโปรตีนจากโปรตีนผง

จุลินทรีย์ที่ตรวจสอบ	ปริมาณที่พบ (CFU/g)		
	เค้กเนยสดต้นแบบ	เค้กเนยสดเสริมโปรตีนจากเนื้อปลา	เค้กเนยสดเสริมโปรตีนจากโปรตีนผง
ปริมาณของแบคทีเรียทั้งหมด	< 10	< 10	< 10
ปริมาณของยีสต์และรา	< 10	< 10	< 10

4. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำลำซურიภายหลังการเก็บเกี่ยวเศษเหลือ

4.1 คุณภาพน้ำของน้ำลำซურიครั้งที่ 1

สุ่มเก็บตัวอย่างน้ำลำซურიครั้งที่ 1 เพื่อวิเคราะห์ดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำ ได้แก่ ของแข็งทั้งหมด ของแข็งละลาย ของแข็งแขวนลอย บีโอดี ซีโอดี ไนโตรเจนทั้งหมด ไขมันและน้ำมัน หน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร โดยวิธีของนิพนธ์ และ คณิตา (2550) ผลการทดลองดังตารางที่ 13 พบว่า น้ำลำซุริมียุคนี้ชี้วัดคุณภาพน้ำสูง ซึ่งมาจากขั้นตอนการล้างที่จะกำจัดซาร์โคพลาสมิกโปรตีน ไขมัน และสารประกอบที่ไม่ต้องการออก ทำให้ในน้ำลำซุริมียุคนี้มีสารอินทรีย์ที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบหลักอยู่สูง รวมทั้งเนื้อปลาที่มีขนาดเล็กหลุดออกมาระหว่างการล้าง จึงส่งผลต่อดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำชนิดอื่นๆ

ตารางที่ 13 คุณภาพน้ำของน้ำลำซურიครั้งที่ 1

ดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำ	ค่าที่วิเคราะห์ได้ (mg/L)
ของแข็งทั้งหมด	10,420 ± 678.70
ของแข็งละลาย	7,820 ± 156.95
ของแข็งแขวนลอย	2,590 ± 546.17
บีโอดี	5,100 ± 174.36
ซีโอดี	10,310 ± 2,123.27
ไนโตรเจนทั้งหมด	1,300 ± 202.98
ไขมันและน้ำมัน	380 ± 129.71

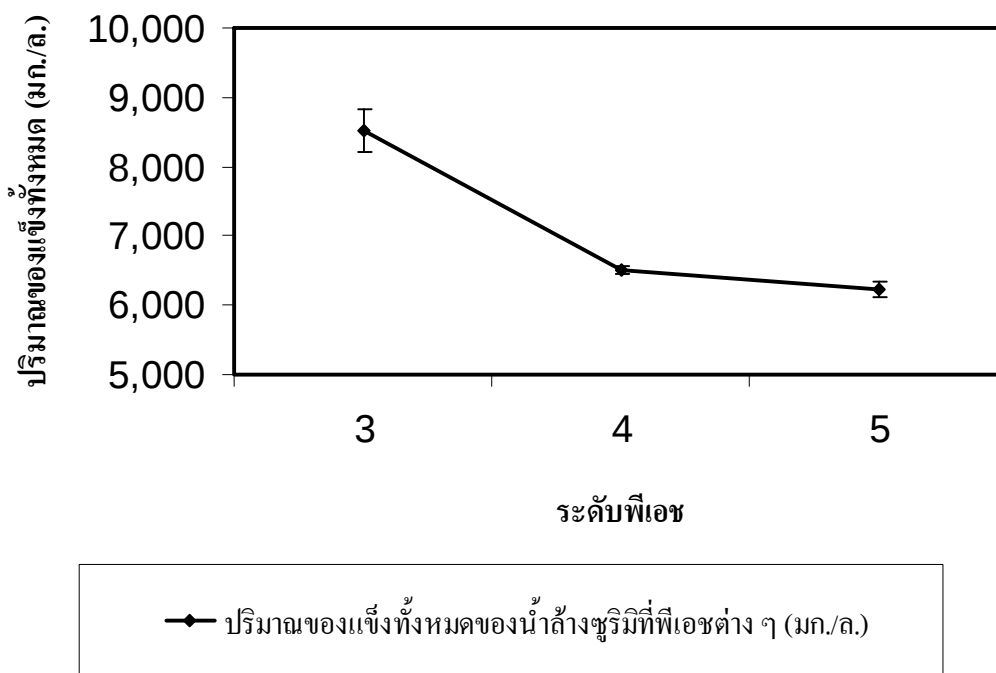
4.2 การศึกษาคุณภาพน้ำภายหลังการเก็บเกี่ยวเศษเหลือจากน้ำล้างซูริมิ

นํ้าล้างซูริมิที่ผ่านการเก็บเกี่ยวเศษเหลือโดยวิธีการปรับพีเอชในระดับต่างๆ ได้แก่ 3.0 4.0 และ 5.0 สุ่มตัวอย่างน้ำเพื่อวิเคราะห์ดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำ ได้แก่ ของแข็งทั้งหมด ของแข็งละลาย ของแข็งแขวนลอย บีโอดี ซีโอดี ไนโตรเจนทั้งหมด ไขมันและน้ำมัน หน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร โดยวิธีของนิพนธ์ และ คณิตา (2550) ผลการทดลองแสดงดังนี้

4.2.1 ปริมาณของแข็งทั้งหมด

ผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 8 พบว่า น้ำล้างซูริมิพีเอช 3.0 มีปริมาณของแข็งทั้งหมดสูงที่สุด คือ 8,520 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนน้ำล้างซูริมิพีเอช 4.0 มีปริมาณของแข็งทั้งหมดรองลงมา คือ 6,510 มิลลิกรัมต่อลิตร และน้ำล้างซูริมิพีเอช 5.0 มีปริมาณของแข็งทั้งหมดต่ำที่สุด คือ 6,220 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า น้ำล้างซูริมิพีเอช 4.0 และ 5.0 มีปริมาณของแข็งทั้งหมดไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p \geq 0.05$) โดยปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำล้างซูริมิจากพีเอช 5.0 ถึงพีเอช 3.0 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และประสิทธิภาพการบำบัดเป็นร้อยละ 40.31 37.52 และ 18.23 ตามลำดับ

การปรับพีเอชของน้ำล้างซูริมิเป็นผลให้ของแข็งในน้ำล้างซูริมิอื่น ได้แก่ โปรตีนที่ละลายน้ำ ไขมัน เศษเนื้อปลาขนาดเล็ก และองค์ประกอบต่างๆ ของปลาที่ปะปนอยู่ในน้ำล้างซูริมิเกิดการตกตะกอน โดยปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำจะสะท้อนถึงการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นของน้ำเสีย ซึ่งจะมีผลต่อปริมาณตะกอน เมื่อพิจารณาน้ำล้างซูริมิพีเอช 5.0 ถึงพีเอช 3.0 พบว่า เมื่อปรับพีเอชของน้ำล้างซูริมิให้ต่ำลงปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำล้างซูริมิมิแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากการปรับพีเอชของน้ำล้างซูริมิโดยใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริก และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ จะได้เกลือโซเดียมคลอไรด์เป็นของแข็งอยู่ในน้ำ ซึ่งการปรับพีเอชของน้ำล้างซูริมิให้ต่ำลงก็จะใช้สารเคมีสูงจึงส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณของแข็งทั้งหมด



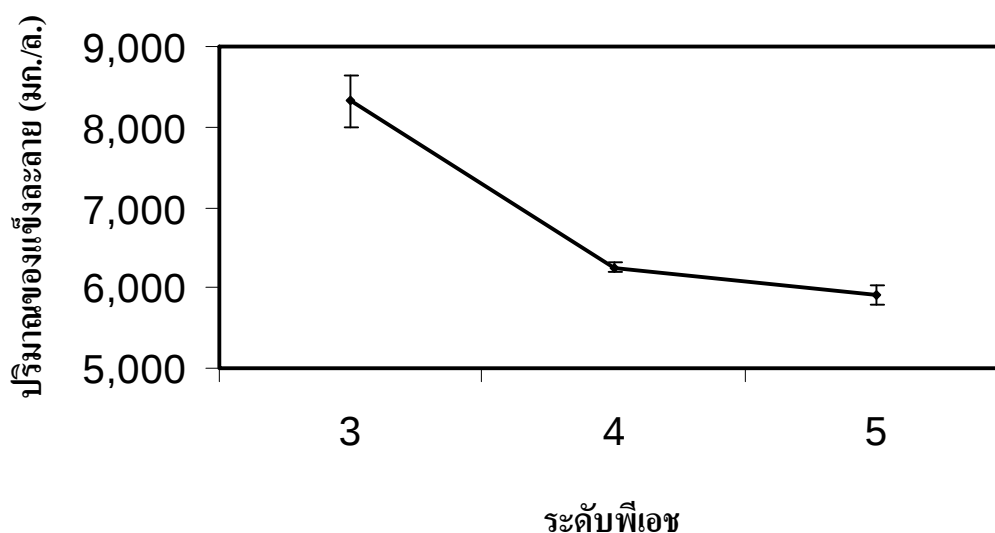
ภาพที่ 8 ปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำล้างชิวรีมิที่พีเอช 3.0 4.0 และ 5.0

4.2.2 ปริมาณของแข็งละลาย

ผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 9 พบว่า น้ำล้างชิวรีมิพีเอช 3.0 มีปริมาณของแข็งละลายสูงที่สุด คือ 8,320 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนน้ำล้างชิวรีมิพีเอช 4.0 มีปริมาณของแข็งละลายรองลงมา คือ 6,250 มิลลิกรัมต่อลิตร และน้ำล้างชิวรีมิพีเอช 5.0 มีปริมาณของแข็งละลายต่ำที่สุด คือ 5,910 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า น้ำล้างชิวรีมิพีเอช 4.0 และ 5.0 มีปริมาณของแข็งละลายไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p \geq 0.05$) โดยปริมาณของแข็งละลายของน้ำล้างชิวรีมิจากพีเอช 5.0 ถึงพีเอช 3.0 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และประสิทธิภาพการบำบัดเป็นร้อยละ 24.42 20.08 และ - 6.39 ตามลำดับ

การปรับพีเอชของน้ำล้างชิวรีมิทำให้ซาร์โคพลาสมิกโปรตีนที่ละลายอยู่ในน้ำจับตัวกันเป็นก้อน และเมื่อปรับพีเอชถึงจุดสมมูลการตกตะกอน (isoelectric point) จะเกิดการตกตะกอนของโปรตีนมากที่สุด จึงทำให้ปริมาณของแข็งที่ส่วนมากเป็นของแข็งละลายมีปริมาณลดลง เมื่อพิจารณาน้ำล้างชิวรีมิพีเอช 5.0 ถึงพีเอช 3.0 พบว่าปริมาณของแข็งละลายของน้ำล้างชิวรีมิมิแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากการปรับพีเอชของน้ำล้างชิวรีมิจะได้เกลือโซเดียมคลอไรด์ที่สามารถ

ละลายน้ำได้ ซึ่งการปรับพีเอชของน้ำล้างซูริมิให้ต่ำลงก็จะใช้สารเคมีสูงจึงส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่ละลายน้ำและมีผลต่อปริมาณของแข็งละลาย



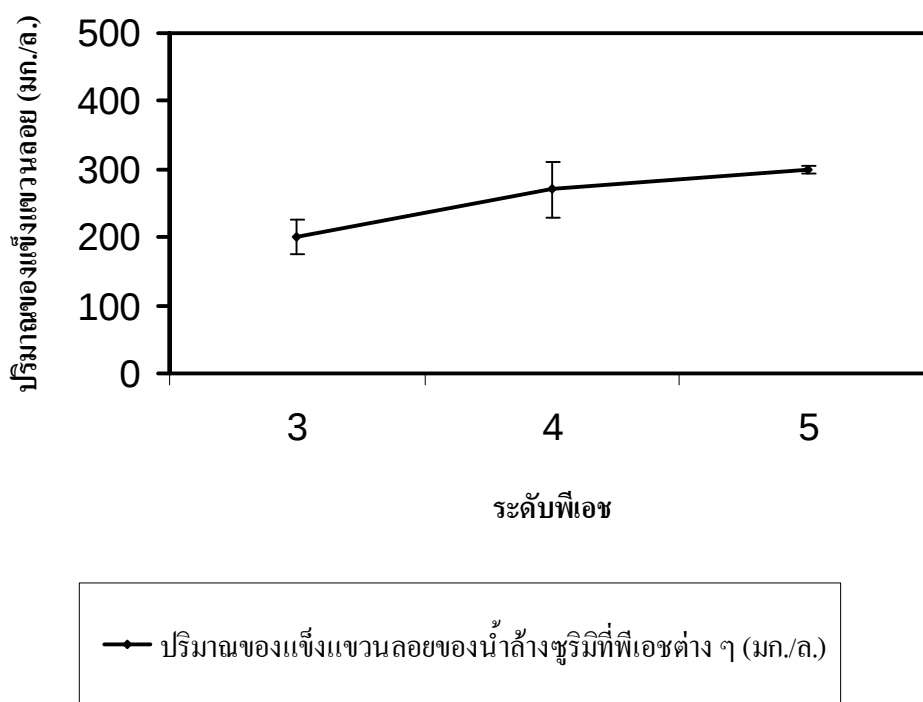
—●— ปริมาณของแข็งละลายของน้ำล้างซูริมิที่พีเอชต่าง ๆ (มก./ล.)

ภาพที่ 9 ปริมาณของแข็งละลายของน้ำล้างซูริมิที่พีเอช 3.0 4.0 และ 5.0

4.2.3 ปริมาณของแข็งแขวนลอย

ผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 10 พบว่า น้ำล้างซูริมิพีเอช 5.0 มีปริมาณของแข็งแขวนลอยสูงที่สุด คือ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนน้ำล้างซูริมิพีเอช 4.0 มีปริมาณของแข็งแขวนลอยรองลงมา คือ 270 มิลลิกรัมต่อลิตร และน้ำล้างซูริมิพีเอช 5.0 มีปริมาณของแข็งแขวนลอยต่ำที่สุด คือ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า น้ำล้างซูริมิพีเอช 4.0 และ 5.0 มีปริมาณของแข็งแขวนลอยไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p \geq 0.05$) โดยปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำล้างซูริมิจากพีเอช 5.0 ถึงพีเอช 3.0 มีแนวโน้มลดลง และประสิทธิภาพการบำบัดเป็นร้อยละ 88.42 89.58 และ 92.28 ตามลำดับ ซึ่งมัญญ (2548) ได้ศึกษาการปรับระดับพีเอชร่วมกับระบบตะกอนลอยของน้ำล้างซูริมิ พบว่า สามารถลดปริมาณของแข็งแขวนลอยลงได้ร้อยละ 90-96

การปรับพีเอชของน้ำล้างซูริมิทำให้ของแข็งที่ละลายน้ำเกิดการก่อตัวเป็นตะกอน แล้วรวมกับสารแขวนลอยจำพวกเศษเนื้อ อนุภาคขนาดเล็กขององค์ประกอบต่างๆ จากนั้นเศษเหลือจะถูกเหวี่ยงแยกออกจากน้ำล้างซูริมิ จึงทำให้ปริมาณสารแขวนลอยมีปริมาณลดลง เมื่อพิจารณาน้ำล้างซูริมิพีเอช 5.0 ถึงพีเอช 3.0 ปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำล้างซูริมิมิแนวโน้มลดลง เนื่องจากการปรับพีเอชของน้ำล้างซูริมิให้ต่ำลงจะทำให้สารแขวนลอยจำพวกเศษเนื้อ อนุภาคขนาดเล็กขององค์ประกอบต่างๆ ตกตะกอนมากขึ้น แล้วถูกเหวี่ยงแยกออกมา จึงทำให้ของแข็งแขวนลอยมีแนวโน้มลดลง ซึ่งปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำจะส่งผลต่อการบำบัดน้ำเสียทางชีวะ เนื่องจากสารแขวนลอยเหล่านี้จะกั้นไม่ให้แสงอาทิตย์ส่องลงไปในน้ำ ส่งผลต่อการแลกเปลี่ยนก๊าซในน้ำ และยังเกิดการอุดตันตามทางเดินของน้ำด้วย

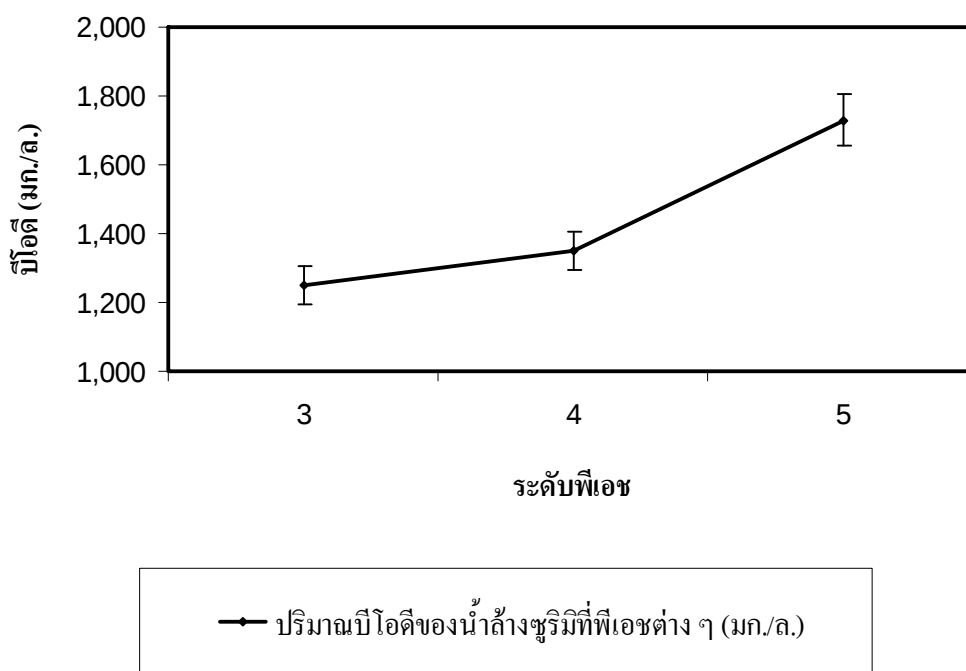


ภาพที่ 10 ปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำล้างซูริมิที่พีเอช 3.0 4.0 และ 5.0

4.2.4 ปริมาณบีโอดี

ผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 11 พบว่า น้ำล้างชูริมิพีเอช 5.0 มีปริมาณบีโอดีสูงที่สุด คือ 1,730 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนน้ำล้างชูริมิพีเอช 4.0 มีปริมาณบีโอดีรองลงมา คือ 1,350 มิลลิกรัมต่อลิตร และน้ำล้างชูริมิพีเอช 3.0 มีปริมาณบีโอดีต่ำที่สุด คือ 1,250 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า น้ำล้างชูริมิพีเอช 4.0 และ 3.0 มีปริมาณบีโอดีไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p \geq 0.05$) โดยปริมาณบีโอดีของน้ำล้างชูริมิจากพีเอช 5.0 ถึงพีเอช 3.0 มีแนวโน้มลดลง และประสิทธิภาพการบำบัดเป็นร้อยละ 66.08 73.53 และ 75.49 ตามลำดับ ซึ่งมัญญ (2548) ได้ศึกษาการปรับระดับพีเอชร่วมกับระบบตะกอนลอยของน้ำล้างชูริมิ พบว่า สามารถลดค่าบีโอดีลงได้ร้อยละ 65-70 และ Niki *et al.* (1985) ได้ศึกษาการเก็บเกี่ยวเศษเหลือจากน้ำล้างชูริมิโดยใช้วิธีการปรับพีเอช พบว่า น้ำล้างชูริมิภายหลังการเก็บเกี่ยวเศษเหลือมีค่าบีโอดีลดลงร้อยละ 64.17

การปรับพีเอชของน้ำล้างชูริมิทำให้สารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำมีโปรตีนเป็นองค์ประกอบหลักมีปริมาณลดลง ส่งผลต่อการย่อยสลายสารอินทรีย์ของแบคทีเรีย จึงทำให้บีโอดีมีปริมาณลดลง เมื่อพิจารณาน้ำล้างชูริมิพีเอช 5.0 ถึงพีเอช 3.0 ปริมาณของบีโอดีของน้ำล้างชูริมิมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากเมื่อปรับพีเอชของน้ำล้างชูริมิให้ต่ำลงทำให้เก็บเกี่ยวเศษเหลือที่เป็นสารอินทรีย์ได้มากขึ้น ดังนั้นการลดลงของพีเอชในน้ำล้างชูริมิจึงทำให้ปริมาณบีโอดีลดลง ซึ่งปริมาณบีโอดีในแหล่งน้ำมีผลต่อปริมาณออกซิเจนในแหล่งน้ำ กล่าวคือการย่อยสลายสารอินทรีย์ของแบคทีเรียจะต้องใช้ออกซิเจน ดังนั้นสารอินทรีย์ในน้ำมีปริมาณมากจะเกิดการย่อยสลายมาก ทำให้เกิดการขาดออกซิเจนในแหล่งน้ำส่งผลต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ



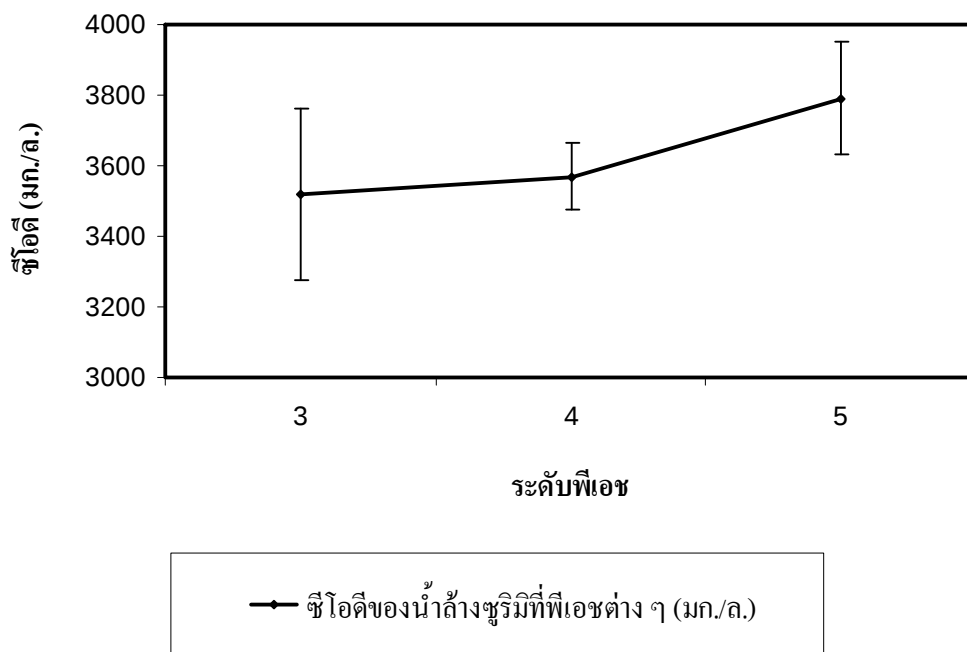
ภาพที่ 11 ปริมาณไนโตรเจนของน้ำลำชูริมิที่พีเอช 3.0 4.0 และ 5.0

4.2.5 ปริมาณซีโอดี

ผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 12 พบว่า น้ำลำชูริมิพีเอช 3.0 มีปริมาณซีโอดีสูงที่สุด คือ 3,790 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนน้ำลำชูริมิพีเอช 4.0 มีปริมาณซีโอดีรองลงมา คือ 3,570 มิลลิกรัมต่อลิตร และน้ำลำชูริมิพีเอช 5.0 มีปริมาณซีโอดีต่ำที่สุด คือ 3,520 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า น้ำลำชูริมิพีเอช 5.0 4.0 และ 3.0 มีปริมาณซีโอดีไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p \geq 0.05$) โดยปริมาณซีโอดีของน้ำลำชูริมิจากพีเอช 5.0 ถึงพีเอช 3.0 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และประสิทธิภาพการบำบัดเป็นร้อยละ 65.86 65.37 และ 63.24 ตามลำดับ ซึ่ง Niki *et al.* (1985) ได้ศึกษาการเก็บเกี่ยวเศษเหลือจากน้ำลำชูริมิโดยใช้วิธีการปรับพีเอช พบว่า น้ำลำชูริมิภายหลังการเก็บเกี่ยวเศษเหลือมีค่าซีโอดีลดลงร้อยละ 65.63

การปรับพีเอชของน้ำลำชูริมิทำให้สารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำมีปริมาณลดลงเนื่องจากโปรตีนที่เป็นองค์ประกอบหลักในน้ำลำชูริมิตกตะกอนเป็นเศษเหลือ ซึ่งเศษเหลือเหล่านี้ประกอบไปด้วยสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ง่ายและย่อยสลายยากโดยแบคทีเรีย ซึ่งค่าซีโอดีจะบ่ง

บอกถึงปริมาณสารอินทรีย์ทั้งหมดในน้ำและการวิเคราะห์ปริมาณซีโอดีสามารถทราบผลได้อย่างรวดเร็วจึงเป็นข้อมูลขั้นต้นในการเลือกวิธีการบำบัดของน้ำเสียให้มีประสิทธิภาพด้วย



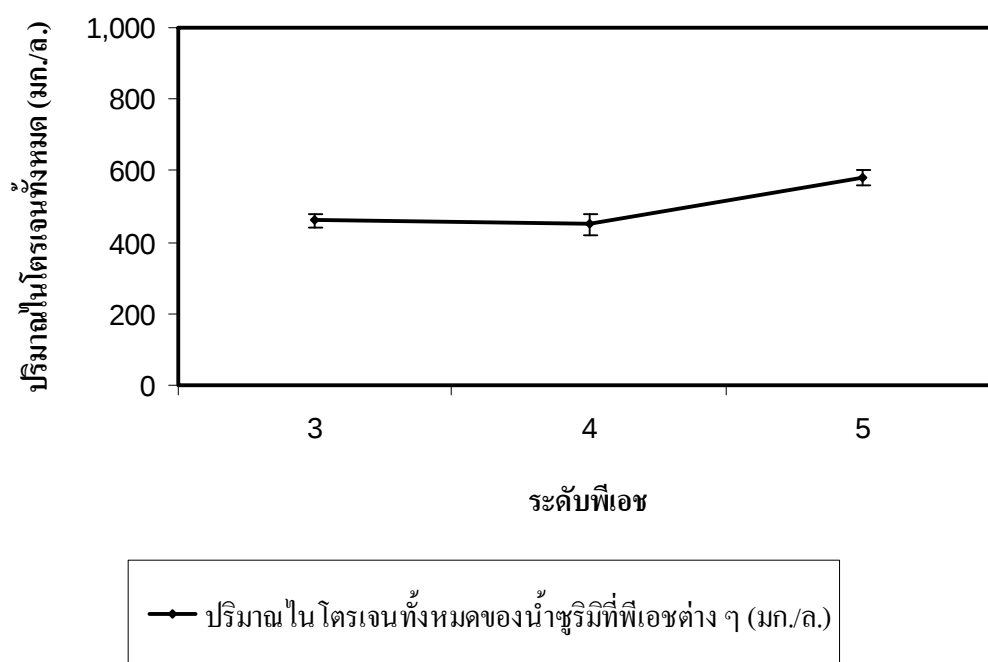
ภาพที่ 12 ปริมาณซีโอดีของน้ำล้างซูริมิที่พีเอช 3.0 4.0 และ 5.0

4.2.6 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด

ผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 13 พบว่า น้ำล้างซูริมิพีเอช 5.0 มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดสูงที่สุด คือ 580 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนน้ำล้างซูริมิพีเอช 3.0 มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดรองลงมา คือ 460 มิลลิกรัมต่อลิตร และน้ำล้างซูริมิพีเอช 4.0 มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดต่ำที่สุด คือ 450 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า น้ำล้างซูริมิพีเอช 4.0 และ 3.0 มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p \geq 0.05$) โดยปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของน้ำล้างซูริมิจากพีเอช 5.0 ถึงพีเอช 3.0 มีแนวโน้มลดลง และประสิทธิภาพการบำบัดเป็นร้อยละ 55.38 65.38 และ 64.62 ตามลำดับ

การปรับพีเอชของน้ำล้างซูริมิทำให้โปรตีนที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบหลักตกตะกอน ซึ่งจะเห็นได้จากปริมาณโปรตีนที่สูงในเศษเหลือ เมื่อพิจารณาน้ำล้างซูริมิพีเอช 5.0

ถึงพีเอช 3.0 ปริมาณของไนโตรเจนในน้ำล้างซูริมีมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากเมื่อปรับพีเอชของน้ำล้างซูริมีให้ต่ำลงจะสามารถเก็บเกี่ยวเศษเหลือได้มากขึ้น จึงทำให้ปริมาณไนโตรเจนมีแนวโน้มลดลง ซึ่งสารประกอบไนโตรเจนในน้ำที่มีมากเกินไปก่อปัญหามลพิษทางน้ำได้ 2 ประการ คือ ทำให้แหล่งน้ำเน่าเสียเนื่องจากสารประกอบไนโตรเจนส่วนมากมีความต้องการออกซิเจน และทำให้เกิดยูโทรฟิเคชัน (eutrophication) หรือปรากฏการณ์ที่มีแพลงก์ตอนเจริญเติบโตมากเกินไปในน้ำ มีผลทำให้เกิดน้ำเขียวเข้มขึ้นและเน่าเหม็นในที่สุด แม้ว่าไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับจุลินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสียแบบชีวภาพแต่ความเข้มข้นของแอมโมเนียที่มากเกินไปของ NOD (nitrogen oxygen demand) ทำให้ต้องสิ้นเปลืองพลังงานในการเติมอากาศของระบบบำบัดน้ำเสียทางทฤษฎีจะต้องการออกซิเจนประมาณ 4.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ต่อทุกๆ 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ของแอมโมเนียที่ถูกเปลี่ยนเป็นไนเตรตในปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันซึ่งเกิดขึ้นในระบบบำบัดน้ำเสีย จะเห็นได้ว่า NOD ต้องการออกซิเจนถึง 4.5 เท่า ในขณะที่บีโอดีต้องการออกซิเจน 1-2 เท่า เท่านั้น (สิทธิชัย, 2549)

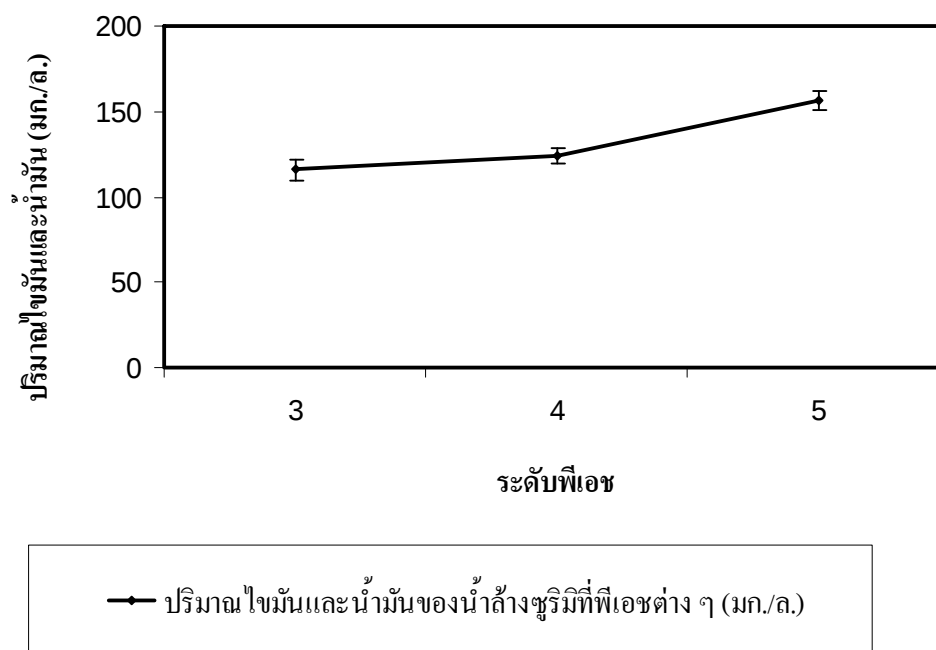


ภาพที่ 13 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของน้ำล้างซูริมีที่พีเอช 3.0 4.0 และ 5.0

4.2.7 ปริมาณไขมันและน้ำมัน

ผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 14 พบว่า น้ำล้างชูริมีน้ำล้างชูริมีพีเอช 5.0 มีปริมาณไขมันและน้ำมันสูงที่สุด คือ 156 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนน้ำล้างชูริมีพีเอช 4.0 มีปริมาณไขมันและน้ำมันรองลงมา คือ 124 มิลลิกรัมต่อลิตร และน้ำล้างชูริมีพีเอช 3.0 มีปริมาณไขมันและน้ำมันต่ำที่สุด คือ 116 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า น้ำล้างชูริมีพีเอช 4.0 และ 3.0 มีปริมาณไขมันและน้ำมันไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p \geq 0.05$) โดยปริมาณไขมันและน้ำมันของน้ำล้างชูริมีจากพีเอช 5.0 ถึงพีเอช 3.0 มีแนวโน้มลดลง และประสิทธิภาพการบำบัดเป็นร้อยละ 58.95 67.37 และ 69.47 ตามลำดับ

การปรับพีเอชของน้ำล้างชูริมีทำให้ไขมันและน้ำมัน ซึ่งส่วนมากมาจากกล้ามเนื้อแดงของปลา ซึ่งถูกกำจัดในขั้นตอนการล้างเพื่อทำให้คุณภาพของชูริมีดีขึ้น ถูกเก็บเกี่ยวออกมา ซึ่งไขมันและน้ำมันเหล่านี้เมื่อเข้าไปอยู่ในระบบบำบัดแบบชีวจะขัดขวางการแลกเปลี่ยนก๊าซระหว่างน้ำกับอากาศ และยังสามารถเป็นตัวทำละลายสารพิษที่อยู่ในน้ำได้ดี เมื่อพิจารณาน้ำล้างชูริมีพีเอช 5.0 ถึงพีเอช 3.0 พบว่าปริมาณของไขมันและน้ำมันในน้ำล้างชูริมีมีแนวโน้มลดลง แสดงว่า การปรับพีเอชของน้ำล้างชูริมีสามารถลดปริมาณไขมันและน้ำมันลงได้



ภาพที่ 14 ปริมาณไขมันและน้ำมันของน้ำล้างชูริมีที่พีเอช 3.0 4.0 และ 5.0

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. สภาพที่เหมาะสมต่อการเก็บเกี่ยวเศษเหลือจากน้ำล้างชูริมิคือ การปรับพีเอชของน้ำล้างชูริมิเป็น 5.0 ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 20 นาที ในขั้นที่ 1 และ ปรับพีเอชของน้ำล้างชูริมิจาก 5.0 เป็น 7.0 ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 20 นาที ในขั้นที่ 2 ซึ่งเป็นสถานะที่เสียค่าใช้จ่ายน้อย โดยอุณหภูมิที่สูงขึ้นมีผลทำให้เก็บเกี่ยวเศษเหลือได้มากขึ้น และเวลาที่ใช้ในการเก็บเกี่ยวเศษเหลือไม่มีผลต่อปริมาณเศษเหลือที่เก็บเกี่ยวได้

2. เมื่อนำเศษเหลือที่เก็บเกี่ยวได้จากน้ำล้างชูริมิในสถานะที่เหมาะสม (พีเอช 5.0) มาผลิตเป็นโปรตีนผง พบว่า โปรตีนผงมีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้า ร้อยละ 2.08 80.59 3.78 และ 5.45 ตามลำดับ และมีปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย ได้แก่ ทริปโตเฟน ทรีโอนีน ไอโซลิวซีน ลิวซีน ไลซีน วาลีน และฮิสติดีน มีปริมาณสูงกว่ามาตรฐานทางโภชนาการ ส่วนปริมาณความชื้น โปรตีน และไขมัน ของโปรตีนผงภายหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (32 องศาเซลเซียส นาน 8 สัปดาห์) พบว่า โปรตีนและไขมันของโปรตีนผงมีปริมาณลดลง แต่ความชื้นของโปรตีนผงมีปริมาณมากขึ้น

3. เมื่อนำโปรตีนผงมาเป็นส่วนผสมในเค้กเนยสดร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก ไปทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส พบว่าคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย-ชอบปานกลาง โดยเค้กเนยสดเสริมโปรตีนจากโปรตีนผงมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าเค้กเนยสดต้นแบบร้อยละ 45.06 ของปริมาณโปรตีนในเค้กเนยสดต้นแบบ

4. คุณภาพน้ำภายหลังการเก็บเกี่ยวเศษเหลือจากน้ำล้างชูริมิในสถานะที่เหมาะสม (พีเอช 5.0) มีปริมาณของแข็งทั้งหมด ของแข็งละลาย ของแข็งแขวนลอย บีโอดี ซีโอดี ในไตรเจนทั้งหมด ไขมันและน้ำมัน ลดลงร้อยละ 40.31 24.42 88.42 66.08 65.86 55.54 55.38 และ 57.89 ตามลำดับ

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการใช้ระบบอากาศอัดด้วยตะกอนลอย (dissolved air floatation: DAF) ร่วมกับการเก็บเกี่ยวเศษเหลือจากน้ำล้างซูริมิ โดยใช้วิธีปรับพีเอช เพื่อเพิ่มความสะดวกในการแยกเศษเหลือ
2. ควรมีการรวบรวมน้ำล้างซูริมิที่ใช้เป็นวัตถุดิบเริ่มต้นก่อน เพื่อควบคุมพีเอชเริ่มต้นและอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บเกี่ยวเศษเหลือจากน้ำล้างซูริมิ
3. ควรมีการศึกษาพีเอชที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยวเศษเหลือจากน้ำล้างซูริมิของแต่ละโรงงาน เพื่อความเหมาะสมในการใช้สารเคมี
4. ควรมีการศึกษาการใช้ประโยชน์ของเศษเหลือที่เก็บเกี่ยวได้จากน้ำล้างซูริมิเพิ่มเติม เช่น การผสมลงในซูริมิ การนำมาเป็นส่วนผสมเพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ ฯลฯ

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรรณิการ์ สุวรรณสิงห์. 2544. **เคมีของน้ำ น้ำโสโครกและการวิเคราะห์**. ครั้งที่ 3.

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏจันทรเกษม, กรุงเทพฯ.

เกษม จันทรแก้ว. 2530. **วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม**. อักษรการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

จักรี ทองเรือง. 2544. **ซูริมิ**. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ฉัตรชัย รัตนไชย. 2539. **การจัดการคุณภาพน้ำ**. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

เถวียน บัวต้อม. 2546. **ฟิล์มไบโพลีไดจากโปรตีนที่ละลายน้ำได้ในน้ำล้างซูริมิ**.

วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นิพนธ์ ตั้งคณานุรักษ์ และ คณิตา ตั้งคณานุรักษ์. 2550. **หลักการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมี**. สำนักพิมพ์แห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พัฒนา มุลพุกษ์. 2539. **อนามัยสิ่งแวดล้อม**. หจก. เอ็นเอสแอล พรินติ้ง, กรุงเทพฯ.

บุญยืน สาริกะภูมิ. 2522. **โปรตีน**. ภาควิชาชีวเคมี คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ปราณี อ่านเปรื่อง. 2547. **หลักการวิเคราะห์อาหารด้วยประสาทสัมผัส**. โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

มันสิน ตันทุลเวศน์. 2538. **คู่มือวิเคราะห์คุณภาพน้ำ**. คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

มนูญ เลิศวิจิตรพันธุ์. 2548. การบำบัดน้ำทิ้งในอุตสาหกรรมผลิตเนื้อปลาสด (ซูริมิ) ด้วยระบบ
อากาศอิ่มตัวยกตะกอนลอย (Dissolved Air Floatation: DAF). **วารสารวิทยาศาสตร์
ประยุกต์** 4 (1): 106-114.

ลัดดาวัลย์ ปัญจวิโรจน์. 2541. การศึกษาคุณภาพน้ำในบ่อบำบัดน้ำเสียแบบกึ่งไร้อากาศ
จังหวัดเพชรบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วรรณวิบูลย์ กาญจนกุญชร. 2533. ชูริมิผลิตภัณฑ์ที่น่าจับตามอง. วารสารอุตสาหกรรมเกษตร
1 (1): 20-26.

สมาคมผู้ผลิตปลาป่นไทย. 2551. ราคาปลาป่น. จดหมายข่าว สมาคมผู้ผลิตปลาป่นไทย. 27 (1).

สมาคมอาหารแช่เยือกแข็งไทย. 2551. เนื้อปลาสดแช่เย็นแช่แข็ง และเนื้อปลาซูริมิ. สถิติการ
นำเข้า/ส่งออกอาหารแช่เยือกแข็ง. แหล่งที่มา: http://thai-frozen.or.th/th/facts_fig/stat.asp,
7 เมษายน 2551.

สิทธิชัย ดันธนะสฤษฎี. 2538. การใช้ดินตะกอนภาคพื้นสมุทรในสภาพน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช
เป็นต้นแบบในการบำบัดน้ำเสียชุมชน. วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

_____. 2549. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับคุณภาพน้ำ. ภาควิชาอนุรักษวิทยา คณะวนศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____. 2541. มลพิษสิ่งแวดล้อม. โครงการสหวิทยาการบัณฑิต ภาควิชาอนุรักษวิทยา
คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุกัญญา สารณาคมน์กุล. 2548. การศึกษาคุณสมบัติบางประการของน้ำเสียชุมชนเทศบาล
เมืองเพชรบุรีและประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียชุมชนของพุทธรักษา ธรรมรักษา และ
ชิงแดงในสภาพน้ำขังสลับแห้งของดินร่วมกับพืช. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุทธวัฒน์ เบญจกุล. 2549. ซูริมิ: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเนื้อปลาสด. โอเดียนสโตร์,
กรุงเทพฯ.

สุภรัตน์ ชวนะ. 2549. ซูริมิกับอาหารทะเลเทียม. วารสารอาหาร 16 (2): 76-84.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2533. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเนื้อปลาบด (ซูริมิ) เยือกแข็ง**. มอก. 935-2533.

เสริมพล รัตสุข และ ไชยยุทธ์ กลิ่นสุคนธ์. 2524. **การกำจัดน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและแหล่งชุมชน**. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.

อานวย โชติญาณวงษ์. 2524. **การวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ประมง**. ภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อนันต์ชัย เชื้ออนรรรม. 2542. **วิธีการทางสถิติและการวิเคราะห์ข้อมูล**. เท็กซ์ แอนด์ เจอร์นัล พับลิเคชั่น, กรุงเทพฯ.

อรุณี สมมณี และ มั่นสิน ตันทุลเวศน์. 2524. **น้ำ และปัญหาน้ำเสียในประเทศไทย (2)**. วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม 1 (4): 20-27.

ฤทัยรัตน์ หวานน้ำ. 2547. **การผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซตผงแห้งจากเศษเหลือของโรงงานผลิตซูริมิ: การผลิตในระดับนำร่อง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Adu, G.A., J.K. Babbit and D.L. Crawford. 1983. Effect of washing on the nutritional and quality characteristics of dried mince rockfish flesh. **J. Food Sci** 48: 1053.

AFDF. 1987. **Surimi Its America Now**. Project Summary 1982-1987. Alaska Fisheries Development Foundation Inc., Anchorage, Ak.

Association of Official Analytical Chemist (A.O.A.C). 2000. **Official Methods of the Association of Official Analytical Chemists**. 14th ed. Association Official Analytical Chemists, Washington D.C.

Babbit, J.K. 1985. Suitability of seafood species as raw materials. **Food Technol** 40 (3); 97.

- Barroso, M., M. Careche, L. Barrios and J. Borderias. 1998. Frozen Hake Fillets Quality as Related to Texture and Viscosity by Mechanical Methods. **J. Food Sci** 63 (5): 793-796.
- Bastian, R.K. 1992. Overview of federal regulations pertaining to aquaculture waste management and effluents. pp. 220-226. . *Cited* Blake, J., Donald, J. Magette, W.,eds. **National Livestock Poultry and Aquaculture Waste Management**. American Society of Agriculture Engineers, St. Joseph, MI.
- Bergheim, A., R. Kristiasen and L. Kelly. 1993. **Treatment and utilization of sludge from landbased farms for salmon**. American Socieity of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI.
- Chen, S., D.E. Coffin and R.F. Malone. 1997. Sludge production and management for recirculating aquaculture systems. **World Aquacult. Soc** 28: 303-315.
- Chen, W.L., C.J. Chow and Y. Ochiai. 1996. Effects of washing media and storage condition on the color of milkfish meat paste. **J. Food. Sci** 62 (6): 938-944.
- Ewart, J.W., J.A. Hankins, D. Bullock. 1995. **State Policies for Aquaculture Effluents and Solid Waste in the Northeast Region**. Northeastern Regional Aquaculture Center. University of Massachusetts, Dartmouth, North Dartmouth. MA.
- Food and Agriculture Org. /World Health Org. (FAO/WHO). 1990. **Protein quality evaluation**. Report of a joint FAO/WHO expert consultation; Bethesda, Md.; 4-8 Dec. 1989. FAO/WHO: Rome.
- Fryer, P.J., S.M. Gotham, W.R. Paterson and N.K.H. Slater. 1989. A systematic approach to study and modeling of food fouling. Ch.8. *In* R.W. Field and J.A. Howell, eds. **Process Engineering in the Food Industry Developments and Opportunities**. Elsevier Science Publishing Co., New York.

- Hasting, R. J. and M.H. Tavendale. 1992. The effect of particle size of mince, and mesh size of dewatering cloth, on the properties of washed whiting (*Merlangius merlangus*) mince. **Inter. J. of Food Science and Technology** 27: 643-653.
- Hennigar, C.J., E.M. Buck, H.O. Hultin, M. Peleg and K. Varelziz. 1988. Effect of washing and sodium chloride on mechanical properties of fish muscle gels. **J. Food Sci** 53: 963-964
- Hsu, S. Y. 1990. Effect of frozen storage and other processing factors on the quality of surimi. **J. Food Sci** 55: 661-664.
- Idaho DEQ. 1998. **Waste Management Guidelines for Aquaculture Operation**. Idaho Department of Health and Welfare, Division of Environmental Quality, Twin Falls, ID.
- Kinsella, J.E. 1976. Functional properties of protein in foods : A survey. Critical Review. **Food Sci. and Nutri.** 7: 219-280.
- Konstantinos, P., E. Claire and D. Michel. 2002. A comparative study of commercial liquid chromatographic detectors for the analysis of underivatized amino acids. **Journal of Chromatography A** 961 (1): 9-21.
- Kudo, G., M. Okada and D. Miyauchi. 1973. Gel-forming capacity of washed and unwashed flesh of some pacific coast species of fish. **Mar. Fish. Rev** 32: 10.
- Lanier, T.C. and C.M. Lee. 1992. **Surimi technology**. Marcle Dekker Inc, New York.
- Lee, C.M. 1984. **Surimi Processing from lean fish**. Blackie Academic and Professional, Glasgow.
- _____. 1984. Surimi process technology. **Food Technol** 38 (11): 69-80.

- _____. 1986. Surimi Manufacturing and fabrication of surimi-based product. **Food Technol** 40 (3): 115-124.
- _____. 1994. Surimi Processing from lean fish. pp. 263-287. *In* F. Shahidi and J.K. Botta, eds. **Seafood: Chemistry Processing Technology and Quality**. Blackie Academic and Professional, Glasgow.
- Lin, T.M. and J.W. Park. 1996. Extraction of proteins from Pacific whiting mince at various washing condition. **J. Food Sci** 61: 432-438.
- _____, _____. 1997. Effective washing condition reduce water usage for surimi processing. **J. Aqua. Food Product Technol.** 6 (2): 65-79.
- _____, _____ and M.T. Morrissey. 1995. Recovery proteins and reconditioned water from surimi processing waste. **J. Food Sci** 60 (1): 4-9.
- Martinez, I. 1989. Water retention properties and solubility of the myofibrillar protein: interrelationships and possible value as indicators of the gel strength in cod surimi by a multivariate data analysis. **J. Sci. food Agric** 48: 469-479.
- Miyata, Y. 1984. Concentration of protein from the wash water of red meat fish by ultrafiltration membrane. **Nippon Suisan Gakkaishi** 50: 659-663.
- Netteton, J. 1985. **Seafood Nutrition**. Osprey Books, Huntington, New York.
- Niki, H., T. Kato, E. Deya and S. Igarashi. 1985. Recovery of protein from effluent of fish meat in producing surimi and utilization of recovered protein. **Nippon Suisan Gakkaishi** 51: 959-964.

- Nimomiya, K., T. Ookawa, T. Tsuchiya. and J. Matsumoto. 1985. Recovery of water soluble proteins in waste wash water of fish processing plants of ultrafiltration. **Nippon Suisan Gakkaishi** 16: 1133-1138.
- Nishioka, F. and Y. Shimizu. 1983. Recovery of proteins from washings of minced fish meat by pH-shifting method. **Nippon Suisan Gakkaishi** 49 (5): 795-800.
- Niwa, E., E.S. Chen and S. Kanoh. 1990. Fluorometry on the surface of surimi. **Nippon Suisan Gakkaishi** 54 (8): 1371-1374.
- _____, S. Kanoh, Y. Osaka and T. Nakayama. 1989. Changes in surface hydrophobicity of fish actomyosins induced by urea. **Nippon Suisan Gakkaishi** 55 (1): 143-146.
- Okada, M. 1981. **Ashi and its reinforcement**. Yokozeki Koseisha-Koseikaku Co., Tokyo.
- Pacheco-Aguilar, R., D.L. Crawford and L.E. Lampila. 1989. Procedures for the efficient washing of minced Whiting (*Merluccius productus*) flesh for surimi production. **J. Food Sci** 54: 248.
- Park, J.W. 2005. **Surimi and surimi seafood**, 2nd. Taylor & Francis, New York.
- _____, T.C. Lanier and D.P. Green. 1988. Cryoprotective Effects of Sugar, Polyols and/or Phosphate on Alaska Pollock Surimi. **J. Food Sci** 53: 1-4.
- Saiphanch, S. 1975. **Application of anaerobic filter for treatment of tapioca strach waste**. M.S. Thesis. Chulalongkorn University.
- Sathivel, S., P.J. Bachtel, S. Smiley, C. Crapo, K.D. Reppond and W. Prinyawiwatkul. 2003. Biochemical and functional properties of herring (*Clupea harengus*) by-product hydrolysates. **J. Food Sci** 68: 2196-2200.

- Shaban, O., Y. Ochiai, S. Watabe and K. Hashimoto. 1985. Quality changes in Alaska Pollack meat paste (surimi) during frozen storage. **Nippon Suisan Gakkaishi** 51: 1853-1858.
- Shimizu, M. and T. Fujita. 1985. Stability of unwashed and washed fish mince during frozen storage. **Bull. Jap. Soc. Sci. Fish** 51: 1187-1194.
- Siah, W.M., S.Y. Yu, A.R. Russly and M.H. Dzulkifly. 1998. Effect of washing on the storage stability of *Selaroides leptolepis* and *Aristichthys nobilis*. **Asian Fish. Sci** 11:19-29.
- Su, H., T.S. Lin and T.C. Lanier. 1981. Contribution to retained organ tissues to the alkaline protease content of Mechanically separated Atlantic croaker (*Jicropogon undulates*). **J. Food Sci** 46: 1650-1653.
- Sumner, A.K., M.A. Nielsen and C.G. Youngs. 1981. Production and evaluation of pea protein isolate. **J. Food Sci.** 46: 364-372.
- Tokunaka, T. and F. Nishioka. 1989. **The improvement of technology for surimi production from fatty Japanese sardines**. Washington DC.
- Westers, H. 1991. Operational waste management in aquacultural effluents. pp.231-238. In C.B. Cowey and C.Y. Cho, eds. **Nutritional Strategies and Aquaculture Waste. Proceedings of the First International Symposium on Nutritional Strategies in Management of Aquaculture Waste**. University of Guelph, Guelph, Ontario, Canada.
- Yean, Y.S. 1993. The quality of surimi made from threadfin bream stored on ice for different periods. **Inter. J. Food Sci. and Tropic** 28: 343-346.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
วิธีวิเคราะห์ทางเคมี

1. การวิเคราะห์ปริมาณความชื้นในอาหาร (A.O.A.C., 2000)

การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น มีหลักการคือ การทำให้องค์ประกอบที่เป็นของเหลวระเหยออกไป แล้วชั่งน้ำหนักส่วนที่เหลือ ก็จะทราบน้ำหนักของส่วนที่หายไป น้ำหนักของส่วนที่หายไปนั้นก็คือ ปริมาณความชื้นของตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์ (อำนาจ, 2524)

1.1 อุปกรณ์

- ถ้วยหาความชื้น
- ตู้อบลมร้อน (Hot air oven) Ohaus 6010H
- โถดูดความชื้น (desicator)

1.2 วิธีการวิเคราะห์

อบจานอะลูมิเนียมพร้อมด้วยฝาปิดในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง นำมาใส่ในเดซิเคเตอร์ (desiccator) ทิ้งไว้ให้เย็น จากนั้นนำไปชั่งหาน้ำหนักที่แน่นอน ชั่งตัวอย่างที่จะวิเคราะห์ใส่ในจานอะลูมิเนียมให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 2-5 กรัม แล้วนำเข้าอบที่ตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง นำมาใส่ในโถดูดความชื้นทิ้งไว้ให้เย็น นำมาชั่งน้ำหนักแล้วนำตัวอย่างไปอบซ้ำอีกจนได้น้ำหนักที่คงที่

1.3 วิธีการคำนวณ

$$\text{ร้อยละของปริมาณความชื้น} = \frac{(W_2 - W_3) \times 100}{(W_2 - W_1)}$$

เมื่อ W_1 คือ น้ำหนักของจานอะลูมิเนียม หน่วยเป็นกรัม

W_2 คือ น้ำหนักของจานอะลูมิเนียมและตัวอย่างก่อนอบ หน่วยเป็นกรัม

W_3 คือ น้ำหนักของจานอะลูมิเนียมและตัวอย่างหลังอบ หน่วยเป็นกรัม

2. การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในอาหาร (A.O.A.C., 2000)

การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน มีหลักการคือ ย่อยตัวอย่างด้วยกรดกำมะถันเข้มข้นที่อุณหภูมิสูงๆ เพื่อให้โปรตีนหรือไนโตรเจนในตัวอย่างเปลี่ยนมาอยู่ในรูปของเกลือแอมโมเนียมซัลเฟต แล้วใช้สารละลายเบสเป็นตัวไปทำปฏิกิริยากับเกลือดังกล่าว จะเกิดก๊าซแอมโมเนีย จับก๊าซที่เกิดขึ้นโดยใช้กรดบอริก นำไปไตเตรตกับกรดโดยมีอินดิเคเตอร์เป็นตัวบ่งชี้จุดยุติ แล้วนำไปคำนวณปริมาณโปรตีน (อำนาจ, 2524)

2.1 อุปกรณ์

- ชุดเครื่องมือวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน Buchi 3213

2.2 สารเคมีที่ใช้

- กรดซัลฟูริกความเข้มข้นร้อยละ 96
- สารเร่งปฏิกิริยา selenium reagent mixture
- สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 32 เตรียมโดยละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 32 กรัมในน้ำกลั่นปริมาตร 100 มิลลิลิตร
- สารละลายกรดบอริกความเข้มข้นร้อยละ 2 เตรียมโดยละลายกรดบอริก 20 กรัม ในน้ำกลั่นปริมาตร 1000 มิลลิลิตร
- สารละลายกรดซัลฟูริกมาตรฐานความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล เตรียมโดยปิเปตสารละลายกรดซัลฟูริกความเข้มข้นร้อยละ 96 ปริมาตร 2.78 มิลลิลิตร แล้วเจือจางด้วยน้ำกลั่นปรับปริมาตรให้เป็น 1000 มิลลิลิตร
- สารละลายอินดิเคเตอร์

2.3 วิธีการวิเคราะห์

ชั่งตัวอย่างประมาณ 0.5-1.0 กรัม (ทราบน้ำหนักที่แน่นอน) ใส่ลงในหลอดย่อยและเติมสารเร่งปฏิกิริยา เม็ดลูกแก้วกันเดือด (glass bead) 2 เม็ด และสารละลายกรดซัลฟูริกความเข้มข้นร้อยละ 96 ปริมาตร 20-25 มิลลิลิตร จากนั้นนำหลอดย่อยต่อเข้ากับชุดเครื่องย่อย ทำการย่อยจนได้สารละลายสีเขียวใส ทิ้งไว้ให้เย็น นำหลอดย่อยต่อเข้ากับชุดเครื่องกลั่น แล้วนำขวดรูปชมพู่

ซึ่งบรรจุสารละลายกรดบอริกความเข้มข้นร้อยละ 2 ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ไปรองรับสารที่กลั่นได้ ทำการกลั่นโดยเติมน้ำกลั่น 60-75 มิลลิลิตร (เดิมเป็น 3 เท่าของกรด) แล้วเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 32 เดิมเป็น 3 เท่าของกรด หลังเติมต่างสารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล กลั่นจนกระทั่งได้สารที่กลั่นปริมาตร 150 มิลลิลิตร นำสารที่กลั่นได้นี้ไปหยดสารละลายอินดิเคเตอร์ 2-3 หยด แล้วไทเทรตกับสารละลายกรดซัลฟูริกมาตรฐาน 0.1 นอร์มัล จนกระทั่งถึงจุดยุติ

2.4 วิธีการคำนวณ

$$\text{ร้อยละปริมาณไนโตรเจน} = \frac{0.0014 \times A \times (B-C) \times 100}{0.1 \times D}$$

$$\text{ร้อยละปริมาณโปรตีน} = \text{ร้อยละปริมาณไนโตรเจน} \times 6.25$$

เมื่อ A = 1 ml 0.1 N กรดซัลฟูริกทำปฏิกิริยาพอดีกับไนโตรเจน 0.0014 กรัม (นอร์มอล)

B = ปริมาตรสารละลายกรดซัลฟูริกมาตรฐานที่ใช้ติเทรตกับตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

C = ปริมาตรสารละลายกรดซัลฟูริกมาตรฐานที่ใช้ติเทรตกับ blank (มิลลิลิตร)

D = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

3. การวิเคราะห์ปริมาณไขมันในอาหาร (A.O.A.C., 2000)

การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน มีหลักการคือ ใช้ตัวทำละลายละลายไขมันแล้วระเหยตัวทำละลายออกไป โดยตัวทำละลายจะถูกความร้อนจะระเหยเป็นไอ พอกระทบกับความเย็นของเครื่องควบแน่นจะกลั่นตัวเป็นของเหลวหยดลงสู่ตัวอย่าง แล้วทำหน้าที่สกัดไขมันจากตัวอย่าง จากนั้นตัวทำละลายจะถูกแยกออกจากตัวอย่างโดยการระเหย โดยตัวทำละลายจะต้องมีคุณสมบัติคือ สามารถละลายไขมันได้ดีและมีจุดเดือดต่ำ (อานวย, 2524)

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

- ชุดเครื่องมือวิเคราะห์ปริมาณไขมัน Soxhlet system HT 1043

3.2 สารเคมี

- ตัวทำละลายปิโตรเลียมอีเทอร์ (petroleum ether)

3.3 วิธีการวิเคราะห์

ชั่งตัวอย่างใส่ thimble ประมาณ 5 กรัม นำ thimble ดังกล่าวไปใส่ในเครื่อง extraction unit จากนั้นชั่งน้ำหนักของ extraction cup เติมตัวทำละลายปิโตรเลียมอีเทอร์ลงใน extraction cup ปริมาตร 50 มิลลิลิตร แล้วนำไปใส่ในเครื่อง extraction unit ทำการสกัด (boiling) นาน 20 นาที และทำการชะล้าง (rinsing) นาน 45 นาที แล้วนำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที เพื่อระเหยตัวทำละลายออกไป จากนั้นนำไปเก็บในโถดูดความชื้น ทิ้งไว้ให้เย็นและนำมาชั่งน้ำหนัก

3.4 วิธีการคำนวณ

$$\text{ร้อยละของปริมาณไขมัน} = \frac{(W_3 - W_2) \times 100}{W_1}$$

เมื่อ W_1 คือ น้ำหนักตัวอย่างที่จะวิเคราะห์ หน่วยเป็นกรัม

W_2 คือ น้ำหนัก extraction cup หน่วยเป็นกรัม

W_3 คือ น้ำหนัก extraction cup และไขมันที่ได้จากการสกัด หน่วยเป็นกรัม

4. การวิเคราะห์ปริมาณเถ้าในอาหาร (A.O.A.C., 2000)

การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า มีหลักการคือ การหาค่าประกอบที่เป็นสารอนินทรีย์ในตัวอย่าง โดยการเผาตัวอย่างที่อุณหภูมิสูงเพื่อให้องค์ประกอบส่วนที่เป็นสารอินทรีย์ไหม้หมดไปส่วนที่เหลือก็คือสารอนินทรีย์ สารอนินทรีย์คือ เกลือต่างๆ ที่มีอยู่ในตัวอย่าง มีหลายชนิด บางชนิดมีอยู่ในปริมาณค่อนข้างมาก เช่น แคลเซียม ฟอสฟอรัส เป็นต้น บางชนิดมีอยู่ในปริมาณน้อยมากแต่เป็นสิ่งจำเป็น เช่น อลูมิเนียม ทองแดง สังกะสี ไอโอดีน ฯลฯ (อำนาจ, 2524)

4.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

- เตาเผาอุณหภูมิสูง (Muffle furnace) Phoenix fumaces BETA 5

4.2 วิธีการวิเคราะห์

นำตัวอย่างวิเคราะห์เข้ามาอบและชั่งน้ำหนักให้ได้น้ำหนักแน่นอน แล้วชั่งตัวอย่างประมาณ 2 กรัม ใส่ในถ้วยวิเคราะห์แล้วนำไปเผาด้วยไฟอ่อนๆ จนหมดควัน แล้วนำมาเผาในเตาเผาอุณหภูมิสูง 550 องศาเซลเซียส นาน 2-3 ชั่วโมง จนกระทั่งได้เถ้าสีขาว นำออกมาใส่ในโถดูดความชื้นทิ้งไว้ให้เย็น แล้วนำมาชั่ง จากนั้นนำมาเผาต่อจนได้น้ำหนักต่างกันไม่เกิน 12 มิลลิกรัมจดน้ำหนักที่น้อยที่สุด ถือเป็นน้ำหนักของจานกระเบื้องเคลือบและตัวอย่างเผาจนได้น้ำหนักคงที่

4.3 วิธีการคำนวณ

$$\text{ร้อยละของปริมาณเถ้า} = \frac{(W2 - W3) \times 100}{(W2 - W1)}$$

เมื่อ W1 คือ น้ำหนักของถ้วยวิเคราะห์เถ้าหลังจากอบจนได้น้ำหนักคงที่ หน่วยเป็นกรัม

W2 คือ น้ำหนักของถ้วยวิเคราะห์เถ้าหลังจากอบจนได้น้ำหนักคงที่และตัวอย่างก่อนอบ หน่วยเป็นกรัม

W3 คือ น้ำหนักของถ้วยวิเคราะห์เถ้าหลังจากเผาจนได้น้ำหนักคงที่และตัวอย่างหลังอบ หน่วยเป็นกรัม

5. การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำ (นิพนธ์ และ คณิตา, 2550)

การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมด มีหลักการคือ ปริมาณของแข็งที่เหลืออยู่ในภาชนะหลังจากระเหยน้ำออกจากตัวอย่างน้ำจนหมด แล้วนำไปอบที่ 103-105 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นจากเริ่มต้นคือปริมาณของแข็งทั้งหมด

5.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

- ถ้วยกระเบื้อง
- อ่างควบคุมอุณหภูมิ (Water bath) Memmert WB 14
- ตู้อบลมร้อน (Hot air oven) Ohaus 6010H
- โถดูดความชื้น (desiccator)

5.2 วิธีการวิเคราะห์

อบถ้วยกระเบื้องในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น (desiccator) ชั่งน้ำหนักที่แน่นอน นำน้ำตัวอย่างที่จะวิเคราะห์ใส่ในถ้วยกระเบื้องปริมาตร 10 มิลลิลิตร นำไประเหยจนแห้ง แล้วนำเข้าอบที่ตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น (desiccator) นำมาชั่งน้ำหนักแล้วนำตัวอย่างไปอบซ้ำอีกจนได้น้ำหนักที่คงที่

5.3 วิธีการคำนวณ

$$\text{ปริมาณของแข็งทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อลิตร)} = \frac{(B-A) \times 10^6}{C}$$

เมื่อ A = น้ำหนักถ้วยกระเบื้องอย่างเดียว หน่วยเป็นกรัม

B = น้ำหนักถ้วยกระเบื้องและของแข็ง หน่วยเป็นกรัม

C = ปริมาตรน้ำตัวอย่าง หน่วยเป็นมิลลิลิตร

6. การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งละลายในน้ำ (นิพนธ์ และ คณิตา, 2550)

การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งละลาย มีหลักการคือ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และสามารถไหลผ่านกระดาษกรองใยแก้ว เมื่อนำไประเหยน้ำออกจากตัวอย่างน้ำจนหมด แล้วนำไปอบที่ 103-105 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นจากเริ่มต้นคือปริมาณของแข็งละลาย

6.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

- ถ้วยกระเบื้อง
- กระดาษกรองใยแก้ว (“Whatman” GF/C)
- ชุดกรองพร้อมเครื่องดูดแบบสูญญากาศ
- อ่างควบคุมอุณหภูมิ (water bath) Memmert WB 14
- ตู้อบลมร้อน (hot air oven) Ohaus 6010H
- โถดูดความชื้น (desiccator)

6.2 วิธีการวิเคราะห์

อบถ้วยกระเบื้องในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น (desiccator) ชั่งน้ำหนักที่แน่นอน นำน้ำตัวอย่างที่จะวิเคราะห์กรองผ่านกระดาษกรองใยแก้วปริมาตร 10 มิลลิลิตร นำส่วนน้ำใส่ในถ้วยกระเบื้องไประเหยจนแห้ง แล้วอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น (desiccator) นำมาชั่งน้ำหนักแล้วนำตัวอย่างไปอบซ้ำอีกจนได้น้ำหนักที่คงที่

6.3 วิธีการคำนวณ

$$\text{ปริมาณของแข็งละลาย (มิลลิกรัมต่อลิตร)} = \frac{(B-A) \times 10^6}{C}$$

เมื่อ A = น้ำหนักถ้วยกระเบื้องอย่างเดียว หน่วยเป็นกรัม

B = น้ำหนักถ้วยกระเบื้องและของแข็ง หน่วยเป็นกรัม

C = ปริมาตรน้ำตัวอย่าง หน่วยเป็นมิลลิลิตร

7. การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำ (นิพนธ์ และ คณิตา, 2550)

การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งแขวนลอย มีหลักการคือ กรองน้ำตัวอย่างผ่านกระดาษกรองใยแก้วที่ทราบน้ำหนัก ตะกอนที่ติดอยู่บนกระดาษกรอง จะนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นจากเริ่มต้นคือปริมาณของแข็งแขวนลอย

7.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

- ถ้วยกระเบื้อง
- กระดาษกรองใยแก้ว (“Whatman” GF/C)
- ชุดกรองพร้อมเครื่องดูดแบบสุญญากาศ
- อ่างควบคุมอุณหภูมิ (water bath) Memmert WB 14
- ตู้อบลมร้อน (hot air oven) Ohaus 6010H
- โถดูดความชื้น (desiccator)

7.2 วิธีการวิเคราะห์

อบถ้วยกระเบื้องในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น (desiccator) ชั่งน้ำหนักที่แน่นอน นำน้ำตัวอย่างที่จะวิเคราะห์กรองผ่านกระดาษกรองใยแก้วปริมาตร 10 มิลลิลิตร นำกระดาษกรองอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น (desiccator) นำมาชั่งน้ำหนักแล้วนำตัวอย่างไปอบซ้ำอีกจนได้น้ำหนักที่คงที่

7.3 วิธีการคำนวณ

$$\text{ปริมาณของแข็งแขวนลอย (มิลลิกรัมต่อลิตร)} = \frac{(B-A) \times 10^6}{C}$$

เมื่อ A = น้ำหนักถ้วยกระเบื้องอย่างเดียวน หน่วยเป็นกรัม

B = น้ำหนักถ้วยกระเบื้องและของแข็ง หน่วยเป็นกรัม

C = ปริมาตรน้ำตัวอย่าง หน่วยเป็นมิลลิลิตร

8. การวิเคราะห์ปริมาณบีโอดีในน้ำ (นิพนธ์ และ คณิตา, 2550)

การวิเคราะห์ปริมาณบีโอดี มีหลักการคือ สารอินทรีย์มีผลทำให้ออกซิเจนในน้ำลดลง ดังนั้นจะทำการหาปริมาณออกซิเจนที่ต้องการออกซิไดซ์กับสารอินทรีย์ในน้ำ บ่งบอกถึงปริมาณสารอินทรีย์ที่ปะปนอยู่ในน้ำ

8.1 อุปกรณ์

- ขวดวิเคราะห์บีโอดี
- ตู้บ่มอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส
- อุปกรณ์วัดค่า DO

8.2 สารเคมีที่ใช้

- กรดซัลฟูริกความเข้มข้นร้อยละ 96

8.3 วิธีการวิเคราะห์

- เจือจางน้ำตัวอย่างด้วยน้ำที่เติมออกซิเจนจนอิ่มตัวลงในขวดบีโอดี 2 ขวด
- นำขวดบีโอดีขวดที่ 1 มาหาค่า DO ของจุดเริ่มต้น (DO_0) ส่วนขวดบีโอดี
- นำขวดบีโอดีขวดที่ 2 ไปบ่มที่ตู้บ่มบีโอดี อุณหภูมิ 20 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน แล้วนำมาหาค่า DO ของวันที่ 5 (DO_5)

8.4 วิธีการคำนวณ

$$BOD_5 \text{ (มิลลิกรัมต่อลิตร)} = \frac{(DO_0 - DO_5) - (B_0 - B_5)}{P}$$

เมื่อ DO_0 = ปริมาณออกซิเจนละลายของตัวอย่างเริ่มต้น (ชุดที่ 1)

DO_5 = ปริมาณออกซิเจนละลายของตัวอย่างหลังจากบ่มเป็นเวลา 5 วัน (ชุดที่ 2)

P = ค่าสัดส่วนการเจือจาง

B_0 = ปริมาณออกซิเจนละลายของแบลงค์เริ่มต้น

B_5 = ปริมาณออกซิเจนละลายของแบลงค์หลังจากบ่มไว้เป็นเวลา 5 วัน

9. การวิเคราะห์ปริมาณซีโอดีในน้ำ (นิพนธ์ และ คณิตา, 2550)

การวิเคราะห์ปริมาณซีโอดี มีหลักการคือ คาร์บอนในสารละลายอินทรีย์จะถูกออกซิไดซ์เป็น CO_2 ส่วน Cr^{6+} ใน $Cr_2O_7^{2-}$ ไอออน ถูกรีดิวซ์เป็น Cr^{3+} หลังจากสารละลาย $K_2Cr_2O_7$ ไปออกซิไดส์สารอินทรีย์แล้ว ปริมาณสารละลาย $K_2Cr_2O_7$ ที่เหลือจะนำมาไตเตรตกับตัวรีดิวซ์ คือ เฟอรัสแอมโมเนียม ซัลเฟต (ferrous ammonium sulfate, FAS) มีเฟอโรอินเป็นอินดิเคเตอร์ ที่จุดยุติจะมีการเปลี่ยนจากสีเขียวอมฟ้า เป็นสีน้ำตาลแดง

9.1 อุปกรณ์

- ชุดเครื่องมือวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน Buchi 321

9.2 สารเคมีที่ใช้

- สารละลายโพแทสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$) เข้มข้น 0.0167 mol/l โดยละลายโพแทสเซียมไดโครเมต ซึ่งผ่านการอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จำนวน 12.259 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่นจนมีปริมาตร 1 ลิตร

- สารละลายกรดซัลฟิวริก-ซิลเวอร์ซัลเฟต โดยละลายผลึกหรือผงซิลเวอร์ซัลเฟต (Ag_2SO_4) 1.375 กรัม ลงในกรดซัลฟิวริกเข้มข้น ปริมาตร 2.5 ลิตร ตั้งทิ้งไว้ 1-2 วันก่อนนำมาใช้

- สารละลายเฟอรัส แอมโมเนียม ซัลเฟต (FAS) เข้มข้น 0.25 mol/l โดยละลาย $Fe(NH_4)_2(SO_4) \cdot 6H_2O$ จำนวน 98 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วเติกรดซัลฟิวริกเข้มข้น ปริมาตร 20 ลูกบาศก์เซนติเมตร ตั้งให้เย็น แล้วเจือจางให้มีปริมาตร 1 ลิตร สารละลายนี้ต้องนำมาเทียบหาความเข้มข้นที่แน่นอนกับสารละลายปฐมภูมิ $K_2Cr_2O_7$ ทุกครั้ง

- สารละลายเฟอโรอินเป็นอินดิเคเตอร์ (ferroin indicator solution) โดยละลาย 1,10-phenanthroline monohydrate ($C_{12}H_8N_2H_2O$) 1.485 กรัม และ ferrous sulfate heptahydrate ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$) 695 มิลลิกรัมในน้ำกลั่น แล้วเจือจางเป็น 100 ml

- ผงซิลเวอร์ซัลเฟต (Ag_2SO_4)

- ผงเมอร์คิวริกซัลเฟต ($HgSO_4$)

9.3 วิธีการวิเคราะห์

- นำตัวอย่างมา 2.5 ml ใส่ในหลอดทดสอบ ส่วน blank ใส่ น้ำกลั่น 2.5 ml ในหลอดทดสอบ เติมสารละลายมาตรฐาน KHP 0.050 ml

- เติมสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมต 0.0167 M ปริมาตร 1.5 ml

- เติมสารละลายผสม Sulfuric Acid - Silver Sulfate ปริมาตร 3.5 ml โดยค่อย ๆ ใส่ให้กรดไหลลงตามข้างหลอดไปอยู่ด้านล่างน้ำตัวอย่างและสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมต ปิดฝาหลอดให้สนิท แล้วผสมให้เข้ากันดี

- นำหลอดทดสอบที่เตรียมได้ใส่ในเตาอบที่มีอุณหภูมิคงที่เท่ากับ 150 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดทำให้เย็นเท่ากับอุณหภูมิห้อง

- เติมสารละลาย Ferroin Indicator 1-2 หยด แล้วนำไปไตเตรตด้วยสารละลายมาตรฐาน FAS เมื่อถึงจุดยุติสารละลายเปลี่ยนจากสีเขียวอมฟ้าไปเป็นสีน้ำตาลแดง

9.4 วิธีการคำนวณ

$$\text{COD (มิลลิกรัมต่อลิตร)} = \frac{(A - B) \cdot M \cdot 8,000}{\text{ปริมาตรของตัวอย่าง}}$$

เมื่อ A = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐาน FAS ที่ใช้สำหรับ Blank (มิลลิลิตร)

B = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐาน FAS ที่ใช้สำหรับ ตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

M = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน FAS ที่คำนวณได้จากการ Standardize

10. การวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในน้ำ (มันลิน, 2538)

การวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด มีหลักการคือ สารอินทรีย์ไนโตรเจนจะถูกย่อยสลายด้วยกรดกำมะถันเข้มข้นที่อุณหภูมิสูงๆ ทำให้ไนโตรเจนในตัวอย่างเปลี่ยนมาอยู่ในรูปของเกลือแอมโมเนียมซัลเฟต แล้วใช้สารละลายเบสเป็นตัวไปทำปฏิกิริยากับเกลื่อดังกล่าว จะเกิดก๊าซแอมโมเนีย จับก๊าซที่เกิดขึ้นโดยใช้กรดบอริก นำไปไตเตรตกับสารละลายกรดแก่มาตรฐาน

10.1 อุปกรณ์

- ชุดเครื่องมือวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน Buchi 3213

10.2 สารเคมีที่ใช้

- น้ำยาย่อย เตรียมโดย นำโพแทสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4) 134 กรัม ในน้ำ 650 ml เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น ปริมาตร 200 ml และปรอทซัลเฟต 25 ml (HgO 8 กรัม+ปรับปริมาตรเป็น 100 ml ด้วย 6N, H_2SO_4) ปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น
- กรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล

10.3 วิธีการวิเคราะห์

- นำตัวอย่าง 25 ml ใส่ลงในหลอดย่อยตัวอย่าง ใส่น้ำยาย่อยตัวอย่าง 50 ml
- ย่อยตัวอย่างจนใส แล้วย่อยต่อไปอีก 20-30 นาที ทิ้งให้เย็น
- นำเข้าเครื่องกลั่น โดยใส่น้ำกลั่น 300 ml และโซเดียมไฮดรอกไซด์ 50 ml และนำขวดรูปชมพู่ซึ่งบรรจุสารละลายกรดบอริกความเข้มข้นร้อยละ 2 ปริมาตร 60 มิลลิลิตร และหยดสารละลายอินดิเคเตอร์ 2-3 หยด ไปรองรับสารที่กลั่นได้
- นำสารที่กลั่นได้นี้ไปไตเตรตกับสารละลายกรดซัลฟูริกมาตรฐาน 0.1 นอร์มอล จนกระทั่งถึงจุดยุติ

10.4 วิธีการคำนวณ

$$\text{ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อลิตร)} = \frac{0.0014 \times A \times (B-C) \times 10^3}{0.1 \times D}$$

เมื่อ A = 1 ml 0.1 N กรดซัลฟูริกทำปฏิกิริยาพอดีกับไนโตรเจน 0.0014 กรัม

B = ปริมาตรสารละลายกรดซัลฟูริกมาตรฐานที่ใช้ติเตรตกับตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

C = ปริมาตรสารละลายกรดซัลฟูริกมาตรฐานที่ใช้ติเตรตกับ blank (มิลลิลิตร)

D = ปริมาตรน้ำตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

11. การวิเคราะห์ปริมาณไขมันและน้ำมันในน้ำ (มันสิน, 2538)

การวิเคราะห์ปริมาณไขมันและน้ำมัน มีหลักการคือ ปรับสภาพตัวอย่างให้อยู่ในสภาวะกรด (พีเอชน้อยกว่า 2) แยกไขมันจากน้ำโดยการกรอง นำมาสกัดไขมันโดยใช้ปิโตรเลียมอีเทอร์เป็นตัวทำละลาย

11.1 อุปกรณ์

- ชุดเครื่องมือวิเคราะห์ปริมาณไขมัน Soxhlet system HT 1043
- ชุดกรองโดยมี diatomaceous ความเข้มข้น 10 กรัม ต่อน้ำ 1 ลิตร

11.2 สารเคมีที่ใช้

- ตัวทำละลายปิโตรเลียมอีเทอร์ (petroleum ether)

11.3 วิธีการวิเคราะห์

- นำตัวอย่างน้ำ 1 ลิตร มาปรับพีเอชด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น ให้พีเอชน้อยกว่า 2
- เติมน้ำ diatomaceous ความเข้มข้น 10 กรัม ต่อน้ำ 1 ลิตร ปริมาตร 100 มล. ผ่านแผ่นกรองบนกรวยบุคเนอร์
- เติมน้ำตัวอย่างที่ปรับพีเอชแล้วผ่านแผ่นกรองที่มี diatomaceous

- นำแผ่นกรองที่ผ่านการกรองแล้วไปวิเคราะห์ปริมาณไขมันโดยใช้ ปิโตรเลียมอีเทอร์ (petroleum ether) เป็นตัวทำละลาย

11.4 วิธีการคำนวณ

$$\text{ปริมาณไขมันและน้ำมัน (มิลลิกรัมต่อลิตร)} = \frac{(W_3 - W_2) \times 10^6}{W_1}$$

เมื่อ W_1 คือ ปริมาตรน้ำตัวอย่างที่จะวิเคราะห์ หน่วยเป็นลิตร

W_2 คือ น้ำหนัก extraction cup หน่วยเป็นกรัม

W_3 คือ น้ำหนัก extraction cup และไขมันที่ได้จากการสกัด หน่วยเป็นกรัม

ภาคผนวก ข
วิธีวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา

1. วิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด (A.O.A.C., 2000)

1.1 ชั่งน้ำหนักอาหาร 25 กรัมโดยวิธี aseptic technique ใส่ในถุงพลาสติกที่ปราศจากเชื้อ แล้วเติมสารละลาย normal saline (0.85% NaCl) ลงไป 225 มิลลิลิตร

1.2 นำไปตีปั่นโดยใช้เครื่องตีปั่น (stomacher) นาน 2 นาที

1.3 นำมาเจือจางลงครั้งละ 10 เท่า โดยใช้ normal saline จนได้ความเจือจางที่เหมาะสม ปิเปตสารละลายตัวอย่างอาหารที่มีความเจือจางต่างๆ กันปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงในจานเพาะเลี้ยงเชื้อ ทำความเจือจางละ 2 ซ้ำ

1.4 เทอาหารเลี้ยงเชื้อ plate count agar (standard method agar) ที่หกลอมละลายและมีอุณหภูมิประมาณ 45 องศาเซลเซียส ลงในจานเพาะเชื้อ จานละ 15-20 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ให้แข็งตัว กลับจานเพาะเชื้อแล้วนำไปบ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง

1.5 นับจำนวนโคโลนีในจานเพาะเชื้อ บันทึกผลค่าเฉลี่ยแล้วคูณด้วย dilution factor ของความเจือจางที่นับจำนวนได้ แล้วคำนวณเป็นจำนวนโคโลนีต่อกรัมของตัวอย่าง

2. การวิเคราะห์ปริมาณยีสต์และรา (A.O.A.C., 2000)

2.1 ชั่งน้ำหนักอาหาร 25 กรัมโดยวิธี aseptic technique ใส่ในถุงพลาสติกที่ปราศจากเชื้อ แล้วเติมสารละลาย butterfield's phosphate buffered ลงไป 225 มิลลิลิตร

2.2 นำไปตีปั่นโดยใช้เครื่องตีปั่น (stomacher) นาน 2 นาที

2.3 นำมาเจือจางลงครั้งละ 10 เท่า โดยใช้ butterfield's phosphate buffered จนได้ความเจือจางที่เหมาะสม ปิเปตสารละลายตัวอย่างอาหารที่มีความเจือจางต่างๆ กันปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงในจานเพาะเลี้ยงเชื้อ ทำความเจือจางละ 2 ซ้ำ

2.4 เทอาหารเลี้ยงเชื้อ potato dextrose ที่หลอมละลายและมีอุณหภูมิประมาณ 45 องศาเซลเซียส ลงในจานเพาะเชื้อ จานละ 15-20 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ให้แข็งตัว ไม่กลับจานเพาะเชื้อแล้วนำไปบ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 22-25 องศาเซลเซียส นาน 5 วัน

2.5 นับจำนวนโคโลนีในจานเพาะเชื้อ บันทึกผลค่าเฉลี่ยแล้วคูณด้วย dilution factor ของความเจือจางที่นับจำนวนได้ แล้วคำนวณเป็นจำนวนโคโลนีต่อกรัมของตัวอย่าง

ภาคผนวก ค

การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส

1. ส่วนผสมของเค้กต้นแบบ

แป้ง	ปริมาณ	300 กรัม
น้ำตาลทราย	ปริมาณ	250 กรัม
ผงฟู	ปริมาณ	18 กรัม
หางนม	ปริมาณ	34 กรัม
เนยสด	ปริมาณ	240 กรัม
E.C.	ปริมาณ	18 กรัม
ไข่ไก่	ปริมาณ	180 กรัม
น้ำ	ปริมาณ	125 กรัม

แบบทดสอบ Hedonic Scale Test

ชื่อผู้ทดสอบ.....

ชื่อตัวอย่าง.....

วันที่.....

คำชี้แจง

1. ให้ทดสอบตัวอย่างซึ่งมีรหัสกำกับไว้เป็นลำดับ ในการทดลองนี้ผู้ทดสอบสามารถทดสอบซ้ำได้ โดยประเมินระดับความชอบในแต่ละคุณลักษณะ
2. ใส่คะแนนให้สอดคล้องกับระดับความชอบที่ประเมินได้ โดยใช้ระดับคะแนน 9 แต้ม ดังนี้

9 = ชอบมากที่สุด

4 = ไม่ชอบเล็กน้อย

8 = ชอบมาก

3 = ไม่ชอบปานกลาง

7 = ชอบปานกลาง

2 = ไม่ชอบมาก

6 = ชอบเล็กน้อย

1 = ไม่ชอบมากที่สุด

5 = เฉยๆ

คุณลักษณะที่ประเมิน	หมายเลขตัวอย่าง			ข้อเสนอแนะ
สี				
กลิ่น				
รสชาติ				
เนื้อสัมผัส				
ความชอบรวม				

ภาคผนวก ง
การวิเคราะห์ทางสถิติ

ตารางผนวกที่ ๑1 การวิเคราะห์ทางสถิติค่าปริมาณโปรตีนที่เก็บเกี่ยวได้จากน้ำเลี้ยงจุลินทรีย์ที่พีเอช 3.0 3.5 4.0 4.5 5.0 และ 5.5

Source	df	SS	MS	F
Trt	5	6.924	1.385	92.333*
Error	12	0.182	0.015	
Total	17	7.106		

หมายเหตุ * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางผนวกที่ ๑2 การวิเคราะห์ทางสถิติค่าปริมาณเศษเหลือที่เก็บเกี่ยวได้จากน้ำเลี้ยงจุลินทรีย์ พีเอช 5.0 ที่อุณหภูมิ 10 20 และ 30 องศาเซลเซียส

Source	df	SS	MS	F
Trt	2	0.305	0.153	30.6*
Error	6	0.028	0.005	
Total	8	0.333		

หมายเหตุ * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางผนวกที่ ๑3 การวิเคราะห์ทางสถิติค่าปริมาณเศษเหลือที่เก็บเกี่ยวได้จากน้ำเลี้ยงจุลินทรีย์ พีเอช 4.0 ที่อุณหภูมิ 10 20 และ 30 องศาเซลเซียส

Source	df	SS	MS	F
Trt	2	0.275	0.138	13.8*
Error	6	0.059	0.01	
Total	8	0.334		

หมายเหตุ * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางผนวกที่ ๔ การวิเคราะห์ทางสถิติค่าปริมาณเศษเหลือที่เก็บเกี่ยวได้จากน้ำล้างซูริมิ พีเอช 3.0 ที่อุณหภูมิ 10 20 และ 30 องศาเซลเซียส

Source	df	SS	MS	F
Trt	2	0.728	0.364	19.158*
Error	6	0.114	0.019	
Total	8	0.842		

หมายเหตุ * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางผนวกที่ ๕ การวิเคราะห์ทางสถิติค่าปริมาณเศษเหลือที่เก็บเกี่ยวได้จากน้ำล้างซูริมิ พีเอช 5.0 โดยใช้เวลาในการเก็บเกี่ยวเศษเหลือนาน 20 30 และ 40 นาที

Source	df	SS	MS	F
Trt	2	0.003	0.002	0.333 ^{ns}
Error	6	0.038	0.006	
Total	8	0.041		

หมายเหตุ ^{ns} มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางผนวกที่ ๖ การวิเคราะห์ทางสถิติค่าปริมาณเศษเหลือที่เก็บเกี่ยวได้จากน้ำล้างซูริมิ พีเอช 4.0 โดยใช้เวลาในการเก็บเกี่ยวเศษเหลือนาน 20 30 และ 40 นาที

Source	df	SS	MS	F
Trt	2	0.01	0.005	2.5 ^{ns}
Error	6	0.014	0.002	
Total	8	0.024		

หมายเหตุ ^{ns} มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางผนวกที่ ๗ การวิเคราะห์ทางสถิติค่าปริมาณเศษเหลือที่เก็บเกี่ยวได้จากน้ำล้างซูริมิ พีเอช 3.0 โดยใช้เวลาในการเก็บเกี่ยวเศษเหลือนาน 20 30 และ 40 นาที

Source	df	SS	MS	F
Trt	2	0.06	0.03	1.765 ^{ns}
Error	6	0.104	0.017	
Total	8	0.164		

หมายเหตุ ^{ns} มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางผนวกที่ ๘ การวิเคราะห์ทางสถิติค่าปริมาณความชื้นของโปรตีนผง ภายหลังการเก็บรักษาในระยะเวลา 0 2 4 6 และ 8 สัปดาห์

Source	df	SS	MS	F
Trt	4	0.133	0.033	0.767 ^{ns}
Error	10	0.434	0.043	
Total	14	0.567		

หมายเหตุ ^{ns} มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางผนวกที่ ๙ การวิเคราะห์ทางสถิติค่าปริมาณโปรตีนของโปรตีนผง ภายหลังการเก็บรักษาในระยะเวลา 0 2 4 6 และ 8 สัปดาห์

Source	df	SS	MS	F
Trt	4	13.098	3.275	4.528*
Error	10	7.231	0.7231	
Total	14	20.329		

หมายเหตุ * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางผนวกที่ 10 การวิเคราะห์ทางสถิติค่าปริมาณไขมันของโปรตีนผง ภายหลังการเก็บรักษาใน
ระยะเวลา 0 2 4 6 และ 8 สัปดาห์

Source	df	SS	MS	F
Trt	4	0.072	0.018	0.084 ^{ns}
Error	10	2.154	0.215	
Total	14	2.226		

หมายเหตุ ^{ns} มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางผนวกที่ 11 การวิเคราะห์ทางสถิติค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำเลี้ยงชูริมิ ภายหลังการ
เก็บเกี่ยวเศษเหลือที่พีเอช 3.0 4.0 และ 5.0

Source	df	SS	MS	F
Trt	2	9.391	4.696	126.919*
Error	6	0.223	0.037	
Total	8	9.614		

หมายเหตุ * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางผนวกที่ 12 การวิเคราะห์ทางสถิติค่าปริมาณของแข็งละลายของน้ำเลี้ยงชูริมิ ภายหลังการ
เก็บเกี่ยวเศษเหลือที่พีเอช 3.0 4.0 และ 5.0

Source	df	SS	MS	F
Trt	2	10.202	5.101	130.795*
Error	6	0.234	0.039	
Total	8	10.436		

หมายเหตุ * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางผนวกที่ 13 การวิเคราะห์ทางสถิติค่าปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำล้างซูริมิ ภายหลังการเก็บเกี่ยวเศษเหลือที่พีเอช 3.0 4.0 และ 5.0

Source	df	SS	MS	F
Trt	2	0.0176	0.0088	11*
Error	6	0.0046	0.0008	
Total	8	0.0222		

หมายเหตุ * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางผนวกที่ 14 การวิเคราะห์ทางสถิติค่าปริมาณบีโอดีของน้ำล้างซูริมิ ภายหลังการเก็บเกี่ยวเศษเหลือที่พีเอช 3.0 4.0 และ 5.0

Source	df	SS	MS	F
Trt	2	0.383	0.191	47.838*
Error	6	0.024	0.004	
Total	8	0.407		

หมายเหตุ * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางผนวกที่ 15 การวิเคราะห์ทางสถิติค่าปริมาณซีไออดีของน้ำล้างซูริมิ ภายหลังการเก็บเกี่ยวเศษเหลือที่พีเอช 3.0 4.0 และ 5.0

Source	df	SS	MS	F
Trt	2	0.12	0.06	1.911 ^{ns}
Error	6	0.188	0.031	
Total	8	0.308		

หมายเหตุ ^{ns} มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางผนวกที่ 16 การวิเคราะห์ทางสถิติค่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของน้ำลำชูริมิ ภายหลังการเก็บเกี่ยวเศษเหลือที่พีเอช 3.0 4.0 และ 5.0

Source	df	SS	MS	F
Trt	2	0.0298	0.0149	24.833*
Error	6	0.0036	0.0006	
Total	8	0.0334		

หมายเหตุ * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางผนวกที่ 17 การวิเคราะห์ทางสถิติค่าปริมาณไขมันและน้ำมันของน้ำลำชูริมิ ภายหลังการเก็บเกี่ยวเศษเหลือที่พีเอช 3.0 4.0 และ 5.0

Source	df	SS	MS	F
Trt	2	0.0003	15×10^{-5}	8.983*
Error	6	0.0001	1.67×10^{-5}	
Total	8			

หมายเหตุ * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางผนวกที่ 18 การวิเคราะห์ทางสถิติค่าปริมาณความชื้นของเค้กเนยสดต้นแบบ เค้กเนยสดเสริมโปรตีนจากเนื้อปลาและเค้กเนยสดเสริมโปรตีนจากโปรตีนผง

Source	df	SS	MS	F
Trt	2	24.16	12.08	6.656*
Error	6	10.89	1.815	
Total	8	35.05		

หมายเหตุ * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางผนวกที่ 19 การวิเคราะห์ทางสถิติค่าปริมาณโปรตีนของเค้กเนยสดต้นแบบ เค้กเนยสดเสริมโปรตีนจากเนื้อปลาและเค้กเนยสดเสริมโปรตีนจากโปรตีนผง

Source	df	SS	MS	F
Trt	2	8.27	4.135	1378.333*
Error	6	0.02	0.003	
Total	8	8.29		

หมายเหตุ * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางผนวกที่ 20 การวิเคราะห์ทางสถิติค่าปริมาณไขมันของเค้กเนยสดต้นแบบ เค้กเนยสดเสริมโปรตีนจากเนื้อปลาและเค้กเนยสดเสริมโปรตีนจากโปรตีนผง

Source	df	SS	MS	F
Trt	2	0.28	0.14	2.333 ^{ns}
Error	6	0.36	0.06	
Total	8	0.64		

หมายเหตุ ^{ns} มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางผนวกที่ 21 การวิเคราะห์ทางสถิติค่าปริมาณเถ้าของเค้กเนยสดต้นแบบ เค้กเนยสดเสริมโปรตีนจากเนื้อปลาและเค้กเนยสดเสริมโปรตีนจากโปรตีนผง

Source	df	SS	MS	F
Trt	2	0.12	0.06	6*
Error	6	0.06	0.01	
Total	8	0.18		

หมายเหตุ * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางผนวกที่ 22 การวิเคราะห์ทางสถิติคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านสี ของ
 เกล็ดเนยสดเสริมโปรตีนจากเนื้อปลาเปรียบเทียบกับเกล็ดเนยสดเสริมโปรตีนจาก
 โปรตีนผง

Source	df	SS	MS	F
Trt	1	0.167	0.167	0.266 ^{ns}
Error	22	13.833	0.629	
Total	23	14		

หมายเหตุ ^{ns} มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางผนวกที่ 23 การวิเคราะห์ทางสถิติคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่น ของ
 เกล็ดเนยสดเสริมโปรตีนจากเนื้อปลาเปรียบเทียบกับเกล็ดเนยสดเสริมโปรตีนจาก
 โปรตีนผง

Source	df	SS	MS	F
Trt	1	3.375	3.375	5.47*
Error	22	13.583	0.617	
Total	23	16.958		

หมายเหตุ * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางผนวกที่ 24 การวิเคราะห์ทางสถิติคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติ ของ
 เล็กเนยสดเสริมโปรตีนจากเนือปลาเปรียบเทียบกับเล็กเนยสดเสริมโปรตีนจาก
 โปรตีนผง

Source	df	SS	MS	F
Trt	1	0.666	0.666	1.69 ^{ns}
Error	22	8.667	0.394	
Total	23	9.333		

หมายเหตุ ^{ns} มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางผนวกที่ 25 การวิเคราะห์ทางสถิติคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัส
 ของเล็กเนยสดเสริมโปรตีนจากเนือปลาเปรียบเทียบกับเล็กเนยสดเสริมโปรตีน
 จากโปรตีนผง

Source	df	SS	MS	F
Trt	1	0.042	0.042	0.087 ^{ns}
Error	22	10.583	0.481	
Total	23	10.625		

หมายเหตุ ^{ns} มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางผนวกที่ 26 การวิเคราะห์ทางสถิติคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านความชอบรวม
ของเค้กเนยสดเสริมโปรตีนจากเนือปลาเปรียบเทียบกับเค้กเนยสดเสริมโปรตีน
จากโปรตีนผง

Source	df	SS	MS	F
Trt	1	0.166	0.166	0.509 ^{ns}
Error	22	7.167	0.326	
Total	23	7.333		

หมายเหตุ ^{ns} มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล

นายสิทธิชัย วัฒนวิภัทรเจริญ

วัน เดือน ปี ที่เกิด

14 พฤษภาคม 2526

สถานที่เกิด

อำเภอบางน้ำเปรี้ยว จังหวัดฉะเชิงเทรา

ประวัติการศึกษา

วท.บ. (ประมง) ภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง คณะประมง
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ปีการศึกษา 2548