การสกัดเจลาตินจากเกล็ดปลาสลิดที่เป็นชิ้นส่วนเหลือใช้หลังกระบวนการแปรรูปปลาสลิด

Extraction of gelatin from Snakeskin gourami fish scale processing wastes

ชวนพิศ จิระพงษ์
อลิษา สุนทรวัฒน์
พรพิมล กาญจนวาศ
ชัยรัตน์ เตชวุฒิพร

การวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ
ปีการศึกษา 2557

ชื่อเรื่อง	การสกัดเจลาตินจากเกล็ดปลาสลิดที่เป็นชิ้นส่วนเหลือใช้หลังกระบวนการแปรรูปปลาสลิด
ผู้วิจัย	ชวนพิศ จิระพงษ์ อลิษา สุนทรวัฒน์ พรพิมล กาญจนวาศ และชัยรัตน์ เตชวุฒิพร
สถาบัน	มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ
ปีที่พิมพ์	2563
สถานที่พิมพ์	มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ
แหล่งที่เก็บรายงานฉบับสมบูรณ์	มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ
จำนวนหน้างานวิจัย	52 หน้า
คำสำคัญ	ปลาสลิด เกล็ดปลา การสกัด เจลาติน
ลิขสิทธิ์	มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

บทคัดย่อ

การสกัดเจลาตินจากเกล็ดปลาสลิด (*Trichogaster pectoralis*) โดยใช้กระบวนการสกัดด้วยด่างความเข้มข้นต่ำ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เหมาะสมในกระบวนการผลิตเจลาติน พบว่าเจลาตินที่ผลิตได้จากเกล็ดปลามีสีเหลืองอ่อนใสและมีกลิ่นคาวปลาเล็กน้อย การใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.3 เปอร์เซ็นต์ แช่เกล็ดปลาเป็นเวลา 1 และ 3 ชั่วโมง จะให้ปริมาณผลผลิตเจลาตินเท่ากับ 9.86 เปอร์เซ็นต์ และ 9.44 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และให้ความหนืดสูงที่ 368 RVU จากเจลาตินที่สกัดได้จากเกล็ดปลาโดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.3 เปอร์เซ็นต์ ในเวลา 3 ชั่วโมง อย่างไรก็ตามการใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 เปอร์เซ็นต์ ในการสกัดจะได้เจลที่เหลวใส และใช้ระยะเวลา 13 วินาที ที่อุณหภูมิ 23 องศาเซลเซียสในการขึ้นรูปของเจลาติน ทั้งนี้สมบัติของเจลลาตินที่สกัดได้จากเกล็ดปลาสลิดมีความเหมาะสมในการนำไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร

Research Title	Extraction of gelatin from Snakeskin gourami fish scale processing wastes
Researchers	Chaunpis Jirapong, Alisa Soontornwat, Pornpimon Kanjanavas and Chairat Techavuthiporn
Institution	Huachiew Chalermprakiet University
Year of Publication	2020
Publisher	Huachiew Chalermprakiet University
Sources	Huachiew Chalermprakiet University
No. of Pages	52 p.
Keywords	Snakeskin gourami, fish scale, extraction, gelatin
Copyright	Huachiew Chalermprakiet University

ABSTRACT

Gelatin was extracted from scale of Snakeskin gourami (*Trichogaster pectoralis*) fish by low alkaline extraction process. The aim of the study was to determine the optimal conditions for preparing gelatin using different sodium hydroxide concentrations. Results showed that the fish gelatin were slight yellow-white colour, translucent, light textured in appearance and least of fishy odour. The yield of gelatin extraction from 0.3% sodium hydroxide as possessed for 1 and 3 hours soaking time were 9.86% and 9.44%, respectively. The highest viscosity value 368 RVU of gelatin was obtained from fish scale by use 0.3% sodium hydroxide soaking for 3 hours. However, in preliminary treatment that used 0.1% sodium hydroxide solution, clearly liquid gel with higher setting temperature at 23 ℃ and minimum setting time of 13 seconds was obtained.

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติที่สนับสนุนงบประมาณการวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ และนักศึกษาหลักสูตรวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการทำวิจัยนี้ให้สำเร็จด้วยดี

ชวนพิศ จิระพงษ์
อลิษา สุนทรวัฒน์
พรพิมล กาญจนวาศ
ชัยรัตน์ เตชวุฒิพร
ธันวาคม 2562

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย		ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		ข
กิตติกรรมประกาศ		ค
สารบัญ		ฆ
สารบัญตาราง		ง
สารบัญรูปภาพ		จ
บทที่ 1	บทนำ	1
	ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
	วัตถุประสงค์ของการวิจัย	1
	สมมติฐานการวิจัย	2
	ขอบเขตของการวิจัย	2
	นิยามศัพท์เฉพาะ	2
	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2	ทบทวนวรรณกรรม	4
	กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย	19
บทที่ 3	ระเบียบวิธีวิจัย	20
บทที่ 4	ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย	22
บทที่ 5	สรุปและข้อเสนอแนะ	37
บรรณานุกรม		39
ภาคผนวก	ประวัติย่อผู้วิจัย	43

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	องค์ประกอบทางเคมีของเกล็ดปลาชนิดต่าง ๆ	7
2.2	แสดงข้อมูลกระบวนการสกัดเจลาตินจากหนังปลาและเกล็ดปลา	13
4.1	แสดงลักษณะทางกายภาพของเกล็ดปลาที่แช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ เป็นระยะเวลา 1 – 5 ชั่วโมง	23
4.2	แสดงค่าความหนืดของเจลาตินที่สกัดได้จากเกล็ดปลาสลิดที่แช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ เป็นระยะเวลา 1 – 5 ชั่วโมง	27
4.3	แสดงผลโครงสร้างทางเคมีและหมู่ฟังก์ชันของเจลาตินจากเกล็ดปลาสลิด	32

CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญรูปภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ปลาสลิดและปลาสลิดแดดเดียว	5
2.2	ลักษณะเกล็ดปลาสลิด	6
2.3	ลักษณะการจัดเรียงตัวของโครงสร้างคอลลาเจน	8
2.4	การสกัดเจลาตินจากคอลลาเจน	11
2.5	ขั้นตอนกลไกการเกิดเจล	14
4.1	ค่าร้อยละของปริมาณเจลาตินที่ผลิตได้ (yield; %) จากเกล็ดปลาสลิดที่แช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ เป็นระยะเวลา 1 – 5 ชั่วโมง	26
4.2	ความขุ่นของเจลาตินที่สกัดได้จากเกล็ดปลาสลิดที่แช่ในสารละลายโซเดียม-ไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ เป็นระยะเวลา 1 – 5 ชั่วโมง	28
4.3	ระยะเวลาที่ใช้ในการขึ้นรูปของเจลาตินที่สกัดได้จากเกล็ดปลาสลิดที่แช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ เป็นระยะเวลา 1 – 5 ชั่วโมง	29
4.4	อุณหภูมิที่ใช้ในการขึ้นรูปของเจลาตินที่สกัดได้จากเกล็ดปลาสลิดที่แช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ เป็นระยะเวลา 1 – 5 ชั่วโมง	30
4.5	ค่าความกรด-ด่างของเจลาตินที่สกัดได้จากเกล็ดปลาสลิดที่แช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ เป็นระยะเวลา 1 – 5 ชั่วโมง	31
4.6	แสดงผลการวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีและหมู่ฟังก์ชันของเจลาตินที่สกัดได้จากเกล็ดปลาสลิดที่แช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 1 – 5 ชั่วโมง	33
4.7	แสดงผลการวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีและหมู่ฟังก์ชันของเจลาตินที่สกัดได้จากเกล็ดปลาสลิดที่แช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 0.2 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 1 – 5 ชั่วโมง	33
4.8	แสดงผลการวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีและหมู่ฟังก์ชันของเจลาตินที่สกัดได้จากเกล็ดปลาสลิดที่แช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 0.3 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 1 – 5 ชั่วโมง	34

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.9	แสดงผลการวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีและหมู่ฟังก์ชันของเจลาตินที่สกัดได้จากเกล็ดปลาสลิดที่แช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 0.4 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 1 – 5 ชั่วโมง	34
4.10	แสดงผลการวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีและหมู่ฟังก์ชันของเจลาตินที่สกัดได้จากเกล็ดปลาสลิดที่แช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 1 – 5 ชั่วโมง	35
4.11	แสดงผลการวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีและหมู่ฟังก์ชันของเจลาตินที่สกัดได้จากเกล็ดปลาสลิดที่แช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 0.6 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 1 – 5 ชั่วโมง	35
4.12	แสดงผลการวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีและหมู่ฟังก์ชันของเจลาตินที่สกัดได้จากเกล็ดปลาสลิดที่แช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 0.7 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 1 – 5 ชั่วโมง	36
4.13	แสดงผลการวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีและหมู่ฟังก์ชันของเจลาตินที่สกัดได้จากเกล็ดปลาสลิดที่แช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 0.8 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 1 – 5 ชั่วโมง	36

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เจลาตินถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ มากมาย โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมอาหาร เช่น ผลิตภัณฑ์นม ขนมหวาน ลูกอม และผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ เป็นต้น นอกจากนี้ยังใช้ในผลิตภัณฑ์ยาเพื่อบริโภคหรือใช้ในการผลิตฟิล์มที่บริโภคได้และย่อยสลายได้อย่างรวดเร็วตามธรรมชาติ ทั้งนี้เจลาตินที่ใช้ส่วนใหญ่นำเข้ามาจากต่างประเทศในรูปแบบแผ่นหรือผง ในอุตสาหกรรมอาหารของไทยได้มีการใช้เจลาตินอย่างแพร่หลายและมีปริมาณความต้องการการใช้เจลาตินในตลาดมีอัตราเพิ่มขึ้นทุก ๆ ปี ในปี 2005 เจลาตินมีการผลิตออกสู่ตลาดโลกสูงถึง 326,000 ตัน (สาโรจน์, 2557) ซึ่งวัตถุดิบในการผลิตเจลาตินส่วนใหญ่ คือ กระดูกหมู หนังหมู ทำให้เจลาตินเหล่านี้ไม่สามารถนำมาผลิตหรือเป็นส่วนผสมของอาหารฮาลาลได้

จังหวัดสมุทรปราการเป็นแหล่งผลิตและจำหน่ายผลิตภัณฑ์ปลาสลิดแปรรูปที่มีชื่อเสียงในประเทศไทย แต่การแปรรูปปลาถ้าเริ่มจากวัตถุดิบที่เป็นปลาทั้งตัวเมื่อทำการตัดส่วนของ หัว ครีบ เครื่องใน เกล็ดปลา ซึ่งถือว่าเป็นส่วนของวัสดุเหลือใช้จากการแปรรูปปลาถึงร้อย 30-40 (วรรณวิบูลย์, 2539) องค์ประกอบต่าง ๆ ของปลานอกจากเนื้อปลาที่นำมาบริโภคแล้ว ส่วนของเกล็ด หนังและกระดูกของปลายังประกอบไปด้วยคอลลาเจนปริมาณที่มาก สามนำมาผลิตเป็นเจลาตินเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมอาหารได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจนำเอาเกล็ดปลาที่เป็นวัสดุเหลือใช้จากการแปรรูปปลาสลิดมาผลิตเป็นเจลาติน ซึ่งเป็นเจลาตินอีกชนิดหนึ่งที่สามารถใช้ในการผลิตอาหารฮาลาลได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาวิธีการสกัดเจลาตินจากเกล็ดปลาสลิดที่เป็นวัสดุเหลือใช้จากระบวนการทำปลาสลิดแปรรูป
2. เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเจลาตินจากเกล็ดปลาสลิดที่ได้เจลาตินที่มีคุณภาพ

สมมติฐานการวิจัย

การสกัดเจลาตินในสภาวะความเข้มข้นของด่างและเวลาในการสกัดมีผลต่อคุณภาพและปริมาณของเจลาตินที่ได้จากเกล็ดปลา

ขอบเขตของการวิจัย

นำเกล็ดปลาสลิดมาทำการสกัดเจลาติน โดยผ่านกระบวนการแช่ในโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น และเวลาที่เหมาะสม กรดอะซิติก ที่ความเข้มข้น และเวลาที่เหมาะสม จากนั้นทำการสกัดต่อด้วยความร้อนและทำให้เป็นแผ่นจลาติน

นิยามศัพท์เฉพาะ

เจลาติน (Gelatin)	หมายถึง	โปรตีนชนิดหนึ่งที่ได้จากการเสียสภาพธรรมชาติและสกัดได้จากคอลลาเจน (collagen) ซึ่งเป็นโปรตีนธรรมชาติที่มีอยู่ใน กระดูก หนังสัตว์ และเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (connective tissue) ของสัตว์ เช่น ควาย หมู วัว โดยใช้ความร้อนและกรด หรือ ด่าง เพื่อย่อยหรือสลายให้โมเลกุลของคอลลาเจนเล็กลงเปลี่ยนเป็นเจลาติน
เกล็ดปลา (Fish Scale)	หมายถึง	ส่วนที่เป็นแผ่นซ้อนเหลื่อมกันเพื่อหุ้มลำตัวของปลาจะอยู่ส่วนบนของหนังปลา
ของเหลือทิ้ง (By products)	หมายถึง	ผลพลอยได้หรือสิ่งที่เหลือจากการแปรรูป เช่น การผลิตปลาสลิดแดดเดียว จะมีของเหลือทิ้งเป็นเกล็ดปลา หนังปลา หัวปลาและอวัยวะภายในของปลา

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยจะสามารถเป็นองค์ความรู้ มีวิธีการสกัดเจลลาตินจากเกล็ดปลาสลิดเพื่อให้ได้เจลาตินที่มีคุณภาพดี สามารถนำไปประยุกต์ใช้เจลาตินที่ได้จากเกล็ดปลาในการแปรรูปอาหารฮาลาลและพัฒนาเป็นบรรจุภัณฑ์รักษาสิ่งแวดล้อม

มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ HUACHIEW CHALERMPRAKIET UNIVERSITY 華僑崇聖大學

บทที่ 2
ทบทวนวรรณกรรม

ในผลิตภัณฑ์ปลาสลิดแปรรูป ส่วนใหญ่จะใช้ส่วนของเนื้อปลาเท่านั้น และตัดส่วนที่เป็นเกล็ดปลา หัว และครีบ ซึ่งเป็นของเหลือใช้จากกระบวนการแปรรูปและของเหลือใช้เหล่านี้จะขายในราคาถูกเพื่อไปทำเป็นอาหารสัตว์หรือเป็นถูกทิ้งเป็นสิ่งปฏิกูลต่อไป เกล็ดปลาเป็นส่วนหุ้มลำตัวของปลาอยู่ชั้นของหนังปลา เกล็ดของปลาจะเรียกว่า dermal scale ซึ่งเกล็ดปลาจะถูกสร้างขึ้นในบริเวณผิวหนังชั้นใน มีลักษณะแผ่นเป็นรูป cycloid ซึ่งถือว่าเป็นโครงกระดูกภายนอก (ฉลองขวัญ, 2551) ซึ่งเกล็ดปลามีส่วนประกอบของโปรตีนเป็นส่วนองค์ประกอบหลักซึ่งมีประมาณ 25-30 เปอร์เซ็นต์ โดยโปรตีนส่วนใหญ่ในเกล็ดปลาจะอยู่ในรูปของคอลลาเจน (Nagai et al., 2004) ที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การนำมาผลิตเจลาติน เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าของเศษเหลือ และช่วยลดต้นทุนในการกำจัดเศษเหลือจากอุตสาหกรรม ในปัจจุบันเจลาตินเป็นส่วนประกอบหนึ่งที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เช่น เยลลี่ ไอศกรีม คุ้กกี้ เค้ก และยังใช้ในกระบวนการเพิ่มความใสของการผลิตน้ำผลไม้เบื้องต้น สำหรับอุตสาหกรรมยาและเครื่องสำอางมีการนำเจลาติน ไปใช้ในการเคลือบเม็ดยา และผลิตเป็นแคปซูล ทั้งชนิดแคปซูลแข็งและแคปซูลนิ่ม (Karim and Bhat, 2009)

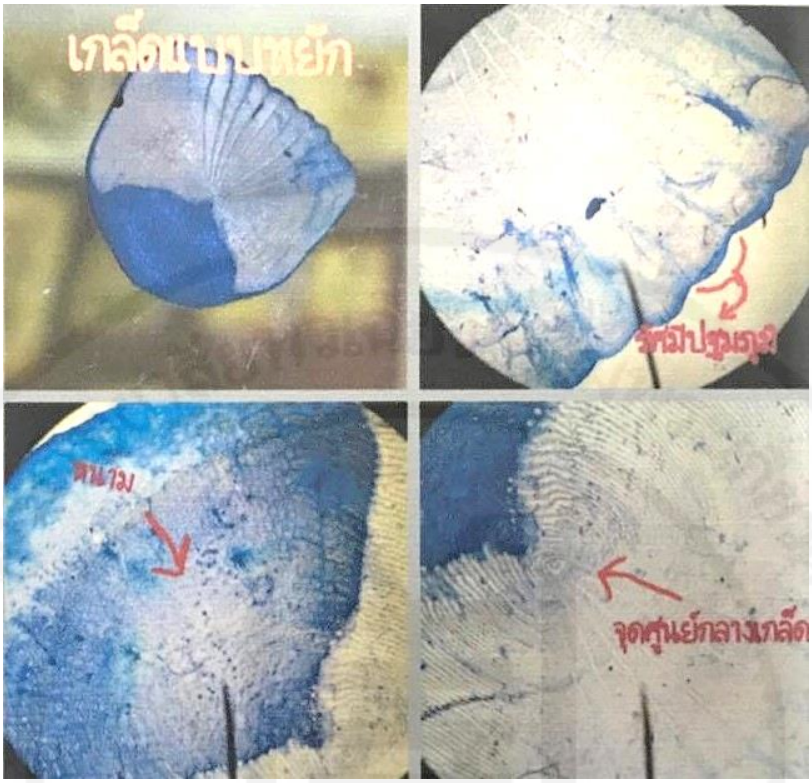
2.1 ปลาสลิด

ปลาสลิดหรือปลาใบไม้ มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Trichogaster pecteralis* เป็นปลาน้ำจืด มีลำตัวแบนหนาและยาวกว่าปลากระดี่หม้อ หัวโต ปากเล็ก ตัวมีสีเขียวมะกอกหรือสีน้ำตาลคล้ำ มีแถบยาวสีดำตามลำตัวตั้งแต่ข้างแก้มจนถึงกลางลำตัว เกล็ดบนเส้นข้างตัวประมาณ 42-47 เกล็ดขนาดความยาวโดยเฉลี่ย 20 เซนติเมตร นิยมเลี้ยงกันมากบริเวณภาคกลางตอนล่างของประเทศไทย โดยเฉพาะในจังหวัดสมุทรปราการเป็นแหล่งเพาะเลี้ยงและแปรรูปปลาสลิดที่มีชื่อเสียง “ปลาสลิดบางบ่อ” เนื่องจากมีรสชาติดี เนื้ออร่อย นิยมแปรรูปเป็นปลาแห้งหรือปลาสลิดแดดเดียว การแปรรูปปลาสลิดแดดเดียว ทำได้โดยการนำปลาสลิดสดมาตัดหัว ขอดเกล็ด ควักไส้ และล้างด้วยน้ำเกลือเจือจาง ทำการทำเค็มด้วยเกลือและตากปลาให้แห้ง

ภาพที่ 2.1 ปลาสลิดและปลาสลิดแดดเดียว
ที่มา: https://www.technologychaoban.com/fishery-technology/article_19461

2.2 เกล็ดปลา

เกล็ดปลาจำนวนมากเหลือทิ้งจากกระบวนการแปรรูปปลา ซึ่งโดยปกติเกล็ดปลามักถูกทิ้งเป็นขยะอยู่บริเวณริมถนนหรือฝังกลบเพื่อเป็นปุ๋ยหมัก การทิ้งไว้จะส่งกลิ่นเหม็นคาวและสกปรกมาก เกล็ดปลา (Fish scales) เป็นเครื่องหุ้มลำตัวของปลา จะอยู่ส่วนบนของชั้น dermis ของหนังปลา เกล็ดของปลาจะเรียกว่า dermal scale มีลักษณะเป็นแผ่นรูป cycloid โดยมี elastic fibrillary plates วางซ้อนกันทำให้มีลักษณะเหมือนเป็นเกราะที่โค้งงอได้ เกล็ดของปลาสลิดจะมีขนาดเล็ก ลักษณะเป็นแผ่นเรียงตัวตามแนวยาวจำนวนมาก โดยแต่ละเกล็ดจะจัดเรียงตัวเลื่อมซ้อนกันแบบหลวม ๆ อย่างเป็นระเบียบ เกล็ดมีลักษณะบางใสและหักงอได้ ขอบของเกล็ดเรียบ หากขยายจะเห็นเป็นรอยบนเกล็ดปรากฏเป็นวง ๆ อย่างชัดเจน วงเหล่านี้เรียกว่า circuli ถัดจากวงของเกล็ดหลาย ๆ วงจะมีวงสีเข้มของวงปี (annulus) ใช้ในการคำนวณอายุและอัตราการเจริญเติบโตของปลา บริเวณเกล็ดของปลาสลิดจะมีสาร guanine สะสมอยู่ ซึ่งทำให้เกล็ดของปลาสลิดมีประกายสีเงิน ดังแสดงในภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 ลักษณะเกล็ดปลาสลิด
ที่มา: อดิศักดิ์ (2561)

สาร guanine (2-amino-6-oxypurine) เป็นสารประกอบ organic compound อยู่ในกลุ่มของสารประเภท purine base เป็นสารที่ให้ความแวววาวของมุก จะรวมอยู่กับ collagen, calcium phosphate เกล็ดปลาประกอบด้วยน้ำเป็นองค์ประกอบถึง 50% และมีปริมาณโปรตีนซึ่งมีสารประกอบไนโตรเจนอยู่ประมาณ 25–35% (ตารางที่ 2.1) ในรูปของโปรคอลลาเจนและมีโปรตีน Ichthlipidin ซึ่งละลายได้ในน้ำร้อน (ประเสริฐ, 2524) นอกจากนี้มีรายงานถึงปริมาณโปรตีนของเกล็ดปลา พบว่าประกอบด้วย โปรตีน 51.2% ในปลา sea bream (Fahmi et al., 2004) และ 27% ในเกล็ดปลาทั่วไป โดยโปรตีนในเกล็ดปลาส่วนใหญ่ คือ คอลลาเจน (Nagai et al., 2004)

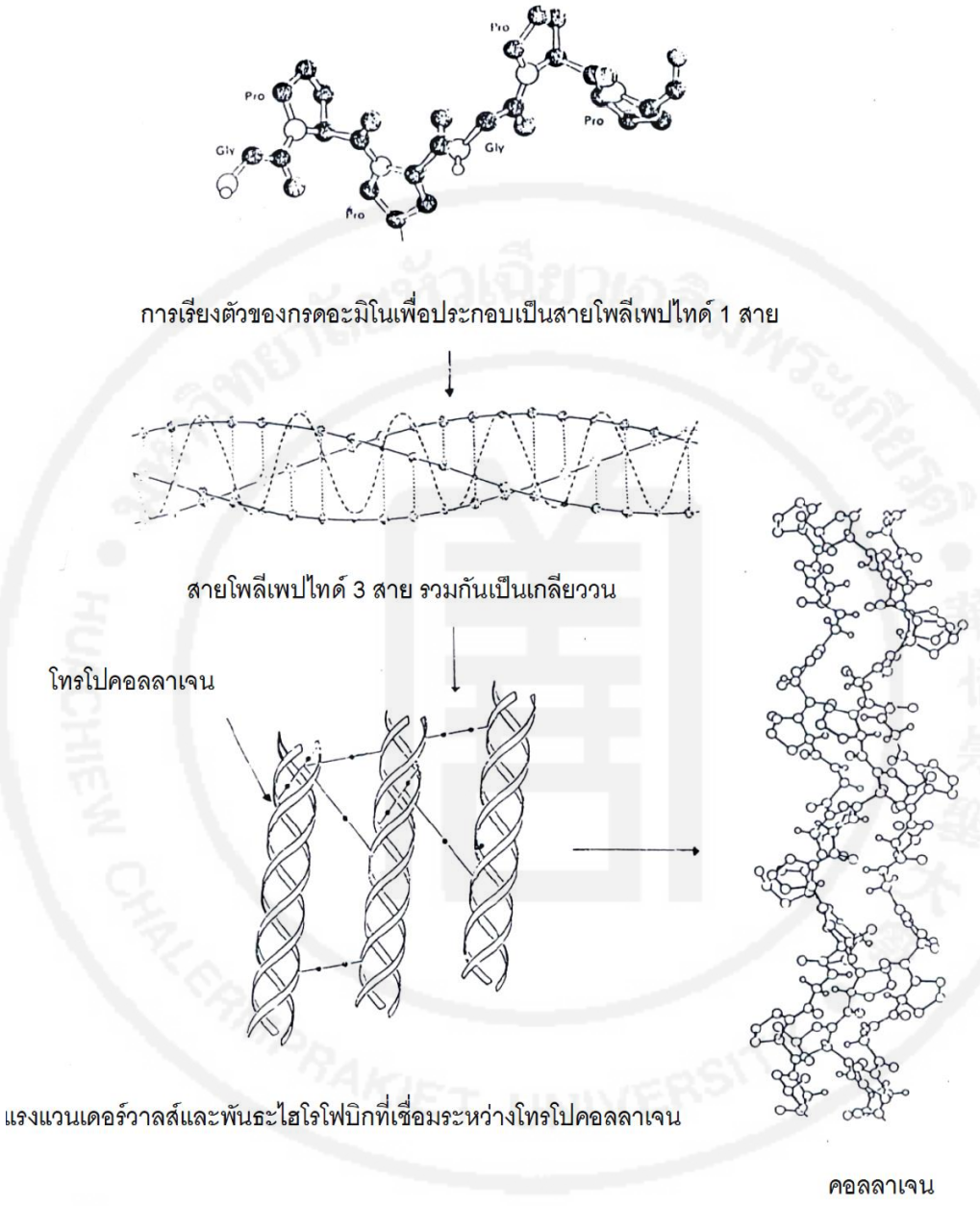
ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบทางเคมีของเกล็ดปลาชนิดต่าง ๆ

	ปริมาณ (%)				
ชนิดของปลา	น้ำ	ไขมัน	สารไนโตรเจน (N x 6.25)	เกลือแร่	ฟอสฟอรัส
Herring	51.5 – 56.0	0.5 – 1.0	26.5 – 28.5	16.5 – 18.5	0.5 – 0.6
Sardine	32.5 – 38.5	0.5 – 1.5	29.5 – 36.5	29.0 – 32.0	-
Pike-perch	51.5 – 57.5	0.1 – 0.8	19.5 – 26.5	19.5 – 23.5	4.5 – 8.0
Barb	51.0 – 54.5	0.4 – 0.5	32.0 – 34.0	14.0 – 15.5	1.2 – 2.1
Bream	54.5 – 60.5	0.1 – 0.5	25.0 – 31.0	14.0 – 15.0	1.0 – 2.0
Pike	55.5 – 57.5	0.1	24.5 – 26.5	17.0	2.3 – 3.2

ที่มา: ประเสริฐ (2524)

2.3 คอลลาเจน

คอลลาเจนเป็นโปรตีนที่ไม่ละลายน้ำ (insoluble protein) โดยจะไม่ละลายในน้ำเย็น กรดอ่อน ด่างอ่อน แต่สามารถละลายได้ในน้ำร้อน และจัดอยู่ในโปรตีนประเภทโครงสร้าง (structure protein) พบได้ทั่วไปในเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (connective tissue) ต่าง ๆ เช่น หนัง กระดูก เอ็นของสัตว์ เป็นต้น โดยคอลลาเจนมีลักษณะโครงสร้างเป็นเส้นใย (fibrous protein) ซึ่งเกิดจากการจัดเรียงตัวกันของกรดอะมิโนชนิดไกลซีน (glycine) ประมาณ 1 ใน 3 (33 %) ของกรดอะมิโนทั้งหมดที่เป็นองค์ประกอบในคอลลาเจน ลักษณะการเรียงตัวของกรดอะมิโนจนกระทั่งได้โครงสร้างที่เป็นเส้นใยของคอลลาเจน (ภาพที่ 2.3)



ภาพที่ 2.3 ลักษณะการจัดเรียงตัวของโครงสร้างคอลลาเจน

ที่มา : วรรณวิมล (2540)

2.4 เจลาติน

เจลาติน เป็นของแข็งโปร่งแสง ไม่มีสี และรสชาติ ได้มาจากโครงสร้างคอลลาเจนถูกทำลายและเปลี่ยนแปลงเป็นสารเจลาติน องค์ประกอบทางเคมีของเจลาตินแทบคล้ายกับคอลลาเจนเริ่มต้น โดยเจลาตินมีน้ำหนักโมเลกุลตั้งแต่ 15-300 กิโลดาลตัน (สาโรจน์, 2557) ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดและวิธีการผลิต (Muyonga et al., 2003) โดยวัตถุดิบในการสกัดเจลาติน คือ กระดูก เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน และลำไส้บางส่วนของสัตว์ เช่น โคกระบือ และสุกร ในแต่ละปีแนวโน้มปริมาณความต้องการการใช้เจลาตินในตลาดมีอัตราเพิ่มขึ้นทุก ๆ ปี ในปี 2005 เจลาตินมีการผลิตออกสู่ตลาดโลกสูงถึง 326,000 ตัน (สาโรจน์, 2557) ซึ่งการผลิตเจลาตินนั้นนิยมใช้วัตถุดิบจากหนังและกระดูกของสุกร (Lassoued et al., 2014) ซึ่งปริมาณการผลิตเจลาตินจากหนังสุกรประมาณร้อยละ 46 หนังสัตว์ร้อยละ 29.4 กระดูกร้อยละ 23.1 และจากวัตถุดิบอื่น ๆ อีกร้อยละ 1.5 (Karim and Bhat, 2009) สามารถแบ่งชนิดของเจลาตินตามกระบวนการผลิตและแหล่งที่มาเป็น 2 ชนิด คือ ชนิด A เป็นเจลาตินที่สกัดได้จากส่วนของกระดูกหมู โดยกรรมวิธีย่อยด้วยกรดและ ชนิด B เป็นเจลาตินที่ได้จากหนังและกระดูกวัว ลูกวัว โดยกรรมวิธีย่อยด้วยด่าง ซึ่งในปัจจุบันประเทศไทยได้ผลิตและส่งออกสินค้าผลิตภัณฑ์อาหารฮาลาลเพิ่มมากขึ้น เจลาตินเป็นส่วนประกอบของอาหารอีกชนิดหนึ่งที่ต้องระวังสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารฮาลาล ดังนั้นจึงเห็นความสำคัญของเกล็ดปลาที่เป็นวัสดุเหลือจากกระบวนการแปรรูปปลาสลิด จัดเป็นวัตถุดิบทางเลือกในการใช้สำหรับการผลิตเจลาติน นอกจากนี้วัตถุดิบจากปลาจะลดความเสี่ยงเรื่องโรคร้ายจากสัตว์ที่อาจจะถูกส่งผ่านมายังคนได้อีกด้วย

2.5 เจลาตินจากปลา

แจลาตินจากปลา เป็นเจลาตินชนิด A (type A gelatin) ไม่มีกลิ่นและรส มีความแข็งเจล 100-275 Bloom ความหนืด 20 - 50 mps ขนาด 8-60 mesh มีอีกชื่อหนึ่งเรียกว่า “เจลลาตินฮาลาน” เจลาตินที่ผลิตจากปลาจะมีปริมาณคอลลาเจนสูง มีจุดหลอมเหลวต่ำทำให้ละลายได้เร็วในช่องปาก มีปริมาณกรดอะมิโนไกลซีนและโพรลีนสูงกว่าเจลลาตินที่ได้จากสุกรและวัว แต่อาจมีกลิ่นคาวตกค้างมากกว่าเจลลาตินที่ผลิตได้จากสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม

2.6 การสกัดเจลาติน

การผลิตเจลาตินจะต้องการควบคุมการย่อยสลายของคอลลาเจน ซึ่งอยู่ในรูปที่ไม่ละลายน้ำให้สามารถละลายน้ำได้ นอกจากนี้สภาวะที่ใช้ในการสกัดเจลาติน ได้แก่ อุณหภูมิ เวลาและค่าความเป็นกรด-ด่าง จะมีอิทธิพลต่อความยาวของสายโพลิเปปไทด์และสมบัติเชิงหน้าที่ของเจลาติน รวมถึงสมบัติของวัตถุดิบและการเตรียมวัตถุดิบก็มีผลต่อเจลาตินที่จะสกัดได้เช่นกัน แม้ว่าการสกัดเจลาตินจะสามารถเลือกใช้กระบวนการได้หลากหลายวิธี แต่ทุกวิธีก็มักจะใช้สภาวะที่ไม่รุนแรง การใช้สารเคมีที่ระดับความเข้มข้นต่ำหรือกระบวนการสกัดที่อุณหภูมิปานกลางเพื่อรักษาสมบัติเชิงหน้าที่ของเจลาตินไว้ ในตารางที่ 2.2 แสดงข้อมูลกระบวนการสกัดเจลาตินจากหนังปลาและเกล็ดปลา

2.6.1 การเตรียมวัตถุดิบ

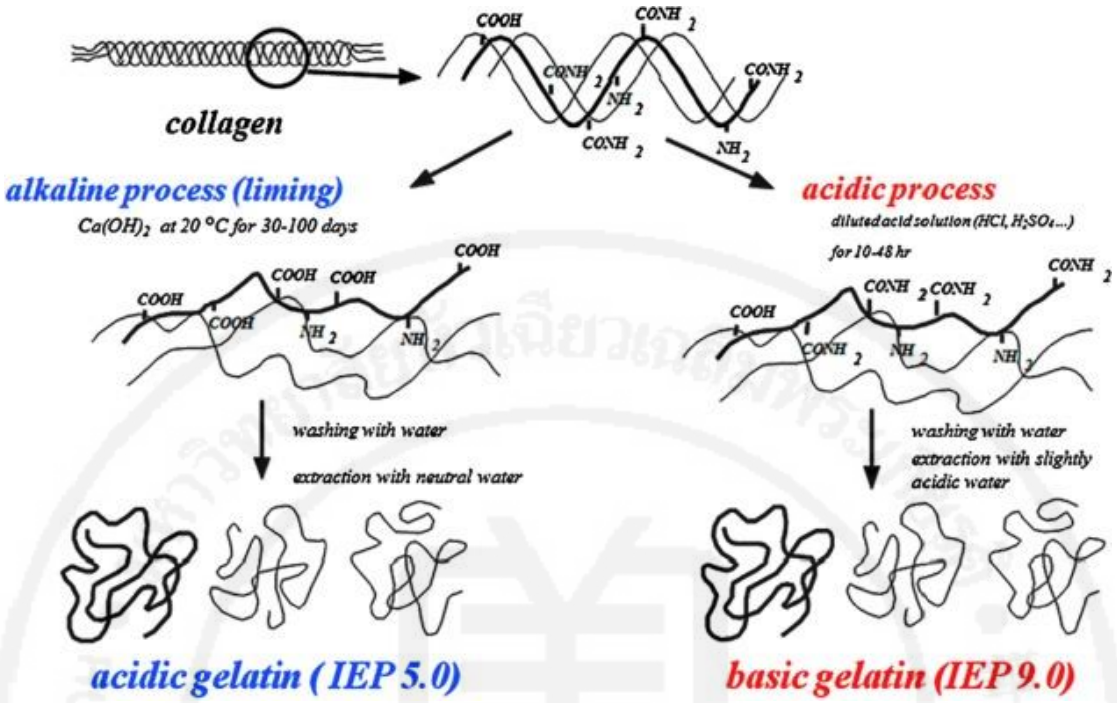
เป็นการล้างทำความสะอาดวัตถุดิบ ลดขนาดให้เจลาตินสกัดได้ง่ายขึ้นและกำจัดไขมันออกด้วยน้ำหรือตัวทำละลาย วิธีกำจัดแร่ธาตุมี 2 วิธี ได้แก่

1. กระบวนการที่ใช้กรด (acid process)

เป็นการเตรียมวัตถุดิบโดยแช่วัตถุดิบในกรดอินทรีย์และกรดอนินทรีย์ ได้แก่ กรดไฮโดรคลอริก (HCl) กรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) กรดฟอสฟอริก (H_3PO_4) และกรดแอซีติก (CH_3COOH)

2. กระบวนการที่ใช้ด่าง (alkali process)

เป็นการเตรียมวัตถุดิบ โดยการแช่วัตถุดิบในด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ เจลาตินที่ได้เรียกชนิดบี (gelatin type-B)



ภาพที่ 2.4 การสกัดเจลาตินจากคอลลาเจน
ด้านซ้าย : เจลาตินชนิดเอ (gelatin type-A; cationic)
ด้านขวา : เจลาตินชนิดบี (gelatin type-B; anionic)
ที่มา : Hosseinkhani et al. (2015)

2.6.2 การสกัด

การเปลี่ยนคอลลาเจนให้เป็นเจลาตินโดยการใช้ความร้อน เพื่อทำให้เกิดการเปลี่ยนสภาพของสารละลายคอลลาเจน ดังนั้นการเกิดการเสียสภาพของคอลลาเจนเพื่อเปลี่ยนไปเป็นเจลาตินนั้นจะเกิด 2 ขั้นตอนดังนี้

1. การใช้ความร้อนในระดับต่ำ ๆ จะทำให้เกิดการทำลายพันธะไฮโดรเจนและพันธะไฮโดรโฟบิก

2. การใช้ความร้อนที่สูงกว่าขั้นแรก จะทำให้เกิดการทำลายออกของพันธะโควาเลนต์และเกรวมตัวกับโมเลกุลของน้ำ แสดงดังสมการ

$$C_{102}H_{149}O_{38}N_{31} + H_2O \longrightarrow C_{102}H_{151}O_{39}N_{31}$$

2.6.3 การทำให้บริสุทธิ์

การทำให้สารละลายเจลาตินบริสุทธิ์จะมีการเติมสาร diatomaceous earth หรือ activated carbon ซึ่งจะช่วยทำให้สารละลายเจลาตินใสยิ่งขึ้น และการนำสารละลายเจลาตินไปทำการกรองเพื่อให้ได้สารละลายเจลาตินที่บริสุทธิ์

2.6.4 การทำแห้งเจลาติน

เพื่อให้การทำแห้งทำได้ง่ายและเร็วขึ้น โดยการระเหยน้ำออกได้หลายวิธี การระเหยน้ำออกโดยใช้เครื่องระเหยน้ำ (evaporator) เมื่อสารละลายเจลาตินมีความเข้มข้นขึ้น จะนำไปทำแห้งโดยใช้เครื่องมือชนิดต่าง ๆ เช่น เครื่องทำแห้งแบบระเหิด (freeze dryer), เครื่องทำแห้งแบบอุโมงค์ (drying tunnels), เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง (drum dryer), เครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศ (vacuum oven) และเครื่องอบไฟฟ้าแบบควบคุมอุณหภูมิได้ (hot air oven) เป็นต้น การเลือกใช้เครื่องควรต้องมีการควบคุมอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ให้เหมาะสม (Mann, 1962)

ตารางที่ 2.2 แสดงข้อมูลกระบวนการสกัดเจลาตินจากหนังปลาและเกล็ดปลา

ตัวอย่างปลา	การเตรียมวัตถุดิบ	การสกัด	อ้างอิง
Megrim (lepidorhombusbosciix)	NaCl และสารละลายเจือจาง NaoH แล้วบวมหนังด้วย 0.05 M กรดอะซิติก	น้ำอุ่นที่ 45 องศาเซลเซียส	Montero and Gomez-Guillen (2000)
Nile perch (latesniloticus) skins were pretreated by acidulation	0.01 M H_2SO_4 (pH 2.5 -3.0) สำหรับกระดูก กำจัดแร่ธาตุด้วย 3% HCl	น้ำอุ่นที่ 60 องศาเซลเซียส	Muyonga et al. (2004)
Grass carp	0.1-0.3% HCl เป็นเวลา 7 ชั่วโมงก่อนล้างด้วยกรด	น้ำร้อนที่ 40-80 องศาเซลเซียส พร้อมกับการเขย่าด้วยความเร็ว 180 rpm ในอ่างควบคุมอุณหภูมิ	Kasankala et al. (2007)
Channel catfish (lctaluruspunctatus)	50 M lactic acid ในอัตราส่วน 1:8 เป็นเวลา 18 ชั่วโมง ก่อนล้างและปรับ pH 3.5 -4.0	น้ำอุ่นที่ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 ชั่วโมง	Liu et al. (2008)
White snapper scales	1.0% NaOH นาน 2.5 ชั่วโมง และ 0.8% acetic acid นาน 2.5 ชั่วโมง	น้ำร้อนที่ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง	นัฏฐา (2547)

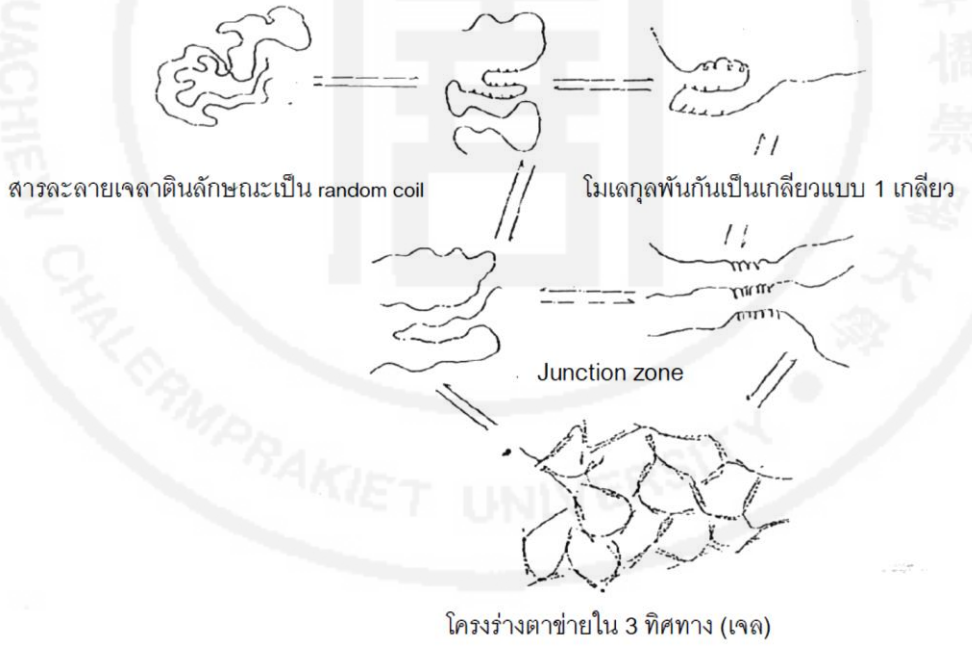
ที่มา : นัฏฐา (2547)

2.7 สมบัติของเจลาติน

เจลาตินมีคุณสมบัติโดยทั่วไปคือ เป็นของแข็งลักษณะโปร่งใส ไม่มีกลิ่น ไม่มีรสชาติ มีความหนาแน่น 1.3-1.4 กิโลกรัมต่อลิตร เจลาตินไม่ละลายในน้ำเย็นแต่จะดูดน้ำแล้วเกิดการพองตัวและละลายได้ในน้ำร้อน

2.7.1 การเกิดเจล

เป็นสมบัติที่มีความสำคัญมากในการทำหน้าที่ของเจลาตินคือ สมบัติในการเกิดเจล คำว่า “เจล” มาจากภาษาละติน gelare แปลว่าแช่แข็ง การเกิดโครงร่างแบบตาข่ายบริเวณ junction zone ซึ่งความแข็งแรงของเจลจะขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของส่วนที่จับตัวกัน (Whistler and Daniel, 1990)



ภาพที่ 2.5 ขั้นตอนกลไกการเกิดเจล
ที่มา : วรรณวิมล (2540)

2.7.2 ความแข็งแรงของเจล (gel strength) และจุดหลอมเหลวของเจล (gel melting point)

ความแข็งแรงของเจลขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของกรดอะมิโนและอัตราส่วนระหว่างสายโซ่แอลฟา (α) และเบตา (β) ในเจลาติน โดยจะจำเพาะต่อสายพันธุ์

ความสามารถในการละลายในน้ำและเจลที่สามารถคืนสภาพได้หลังจากผ่านความร้อน (thermoreversible) โดยเจลจะเริ่มหลอมเมื่ออุณหภูมิถึงจุดหลอมเหลว ซึ่งโดยทั่วไปจะต่ำกว่าอุณหภูมิร่างกายมนุษย์ เรียกว่า 'ละลายในปาก' (melt-in-the-mouth)

2.7.3 สมบัติการเป็นสารอิมัลซิไฟเออร์และการเกิดโฟม (emulsifying and foaming properties)

เจลาตินมี ความสามารถในการเป็นสารทำให้เกิดโฟม (foaming agent), สารทำให้เกิดอิมัลชัน (emulsifying agent) และสารทำให้เปียก (wetting agent) เนื่องจากผิวหน้าของโมเลกุลเจลาตินมีส่วนที่ไม่ชอบน้ำเป็นองค์ประกอบ (Olijve et al., 2001; Surh et al., 2005)

2.8 การทดสอบคุณภาพของเจลาติน

- ความแข็งแรงของเจล เป็นการวัดความแข็งหรือความแน่นของเจล โดยทำการวัดความต้านทานต่อแรงกด เครื่องมือที่ใช้ในการวัด เรียกว่า Bloom Gelometer ซึ่งเป็นวิธีมาตรฐานที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไป (Marh and Stewart, 1957)

- ความหนืด (viscosity) เป็นคุณสมบัติทางกายภาพที่สำคัญรองลงมาจากความแข็งแรงของเจล สิ่งสำคัญที่จะต้องมีการควบคุมในระหว่างการวัดคืออุณหภูมิเนื่องจากถ้าอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงจะทำให้ค่าความหนืดเปลี่ยนด้วย

- สี สีของเจลาตินเกรดสูงๆ ในสารละลายเจือจาง ควรจะไม่มีสี ใสหรือสีเหลือง ความขุ่นของเจลาตินมักเกิดเนื่องจากใช้กระบวนการผลิตไม่ดี หรือมีวัตถุเจือปนอื่น ๆ ผสมอยู่ด้วยในรูปของ emulsion หรือ dispersion นอกจากนี้เจลาตินจะต้องไม่มีกลิ่นแปลกปลอม (odourless) และไม่มีรสชาติ (tasteless) (Brody, 1965)

- ปริมาณแบคทีเรีย ตามมาตรฐานอนุญาตให้มีปริมาณแบคทีเรียไม่เกิน 3×10^3 CFU/กรัม และจะต้องไม่พบ *Salmonella sp.* และ *Escherichia coli.*

- การทดสอบทางเคมี เช่น ความชื้น เถ้า ความเป็นกรด-ด่าง โดยทั่วไปเจลาตินมีความชื้นประมาณ 10-12 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณความชื้นนี้สามารถเปลี่ยนแปลงขึ้นลงอยู่ในช่วง 7-15 เปอร์เซ็นต์ ได้ขึ้นกับระยะเวลากรอบแห้ง ระยะเวลาการเก็บรักษา ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ของห้องที่เก็บภาชนะบรรจุที่ใช้มีการให้อากาศผ่านเข้าออกทำให้ความชื้นเพิ่มขึ้นได้ (The Committee on Textbooks of the American Meat Institute, 1985) ปริมาณเถ้ากำหนด 2 - 0.5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณเถ้านี้จะขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบที่นำมาทำการสกัดด้วย ถ้าจะทำให้ได้เจลาตินที่มีคุณภาพดี ระดับเถ้าต่ำ จะต้องนำ เจลาตินมาผ่าน ion-exchange เพื่อกำจัดพวกแร่ธาตุต่าง ๆ (demineralizing) ออก ค่าความเป็นกรด-ด่าง จะอยู่ในช่วง 4 -7 (Harris, 1990)

2.9 คุณค่าอาหารและการใช้ประโยชน์ของเจลาตินในอาหาร

เจลาตินถือเป็น incomeplete protein เนื่องจากในส่วนประกอบเจลาตินจะขาดกรดอะมิโนที่จำเป็นตัวหนึ่งคือ ทริปโตเฟน (tryptrophan) แต่เจลาตินจะมีปริมาณของไลซีน (lysine) และเมไทโอนีน (methionine) อยู่ในปริมาณสูง (Ockerman,1988) การรับประทานอาหารที่มีเจลาตินเป็นส่วนประกอบร่วมกับโปรตีนชนิดอื่น จะช่วยเพิ่มค่า biological value ให้สูงขึ้น (Brody,1965) นอกจากนี้เมื่อนำ เจลาตินไปผสมกับส่วนผสมอื่นๆ เช่นน้ำตาล กลายเป็น gelatin dessert จะทำให้ได้อาหารลดความอ้วนที่ดี เนื่องจากเมื่อรับประทานเจลาตินเข้าไปร่างกายจะต้องใช้พลังงานในการย่อยมากว่าพลังงานที่ได้รับ โดยเจลาตินจะให้พลังงาน 3.5 กิโลแคลอรีต่อกรัมและในบางครั้งจะมีการใช้เจลาตินเป็นยารักษาโรค เช่นโรคเกี่ยวกับระบบย่อยอาหาร แผลเป็นหนองกล้ามเนื้อไม่ทำตามคำสั่ง (Ockerman,1988)

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วรรณวิมล คล้ายประดิษฐ์ (2540) ได้ศึกษาการผลิตเจลาตินจากหนังปลากระพงแดง โดยทำการแช่หนังปลาในสารละลายด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.4 เปอร์เซ็นต์ นาน 4 ชั่วโมง และแช่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริก 0.4 เปอร์เซ็นต์ นาน 4 ชั่วโมง ทำการสกัดในช่วงความเป็นกรด-ด่างที่เป็นกลางอุณหภูมิการสกัดที่ 70 องศาเซลเซียส นาน 1.5 ชั่วโมง อบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 18 ชั่วโมง พบว่า เจลาตินที่ได้จากหนังปลามีค่าความแข็งแรงของเจลและมีความหนืดสูงกว่าเจลาตินทางการค้า มีความใส กลิ่นรส ยังไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค กลิ่นและเนื้อสัมผัสมีการยอมรับอยู่ในเกณฑ์ดี

นิติพงศ์ จิตรีโชน์ (2543) ได้ทำการศึกษาการผลิตแคลเซียมและเจลาตินจากเศษเหลือปลาทรายแดงจากโรงงานซูริมิ โดยสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตคือ แช่เศษเหลือปลาทรายแดงในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.8 เปอร์เซ็นต์ นาน 1.5 ชั่วโมง หลังจากนั้นสกัดแคลเซียมและเจลาตินในสภาวะที่ตัวอย่างมีค่าความเป็นกรด-ด่าง เป็นกลาง อุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ในการสกัดคือ 70 องศาเซลเซียส นาน 2.5 ชั่วโมง อบแห้งเจลาตินที่ 50 องศาเซลเซียส นาน 20 ชั่วโมง วิธีการอบแห้งแคลเซียมจากเศษเหลือปลาทรายแดงที่เหมาะสม คือ การอบแห้งโดยการตากแดด 2 วันและอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 30 ชั่วโมง จะให้แคลเซียมที่มีลักษณะที่ดีเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

วริศรา สุวรรณ (2545) ได้ศึกษาการผลิตเจลาตินจากกระดูกปลากะพงแดง พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมตัวอย่างคือ แช่กระดูกปลาในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ความเข้มข้น 0.8 เปอร์เซ็นต์ นาน 2 ชั่วโมง และแช่กระดูกปลาในสารละลายกรดแอซีติก 0.8 เปอร์เซ็นต์ นาน 2 ชั่วโมง สกัดด้วยน้ำที่อุณหูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง ได้เจลาติน 2.8 เปอร์เซ็นต์ ของวัตถุดิบที่ใช้ นำเจลาตินที่ได้มาผลิตเป็นเยลลี่ผู้บริโภคให้การยอมรับด้านเนื้อสัมผัส แต่ไม่ให้การยอมรับด้านกลิ่น ความใส และกลิ่นรส

สินีนาถ สุขไกว (2555) ได้ศึกษาการผลิตเจลาตินและเจลาตินไฮโดรไลเสทจากหนังปลาสำหรับการพัฒนาเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ จากการศึกษาสภาวะในการสกัดเจลาตินจากหนังปลาตาหวานพันธุ์หนังหนาที่ผ่านการแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.025 นอร์มาล เป็นเวลา 2 ชั่วโมงและกรดอะซิติกเข้มข้น 0.02 โมลาร์ เป็นเวลา 2 ชั่วโมงก่อนนำไปสกัดที่อุณหภูมิ 80, 90, 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1, 2, 3 ชั่วโมง และที่อุณหภูมิ 110, 120, 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที พบว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 120, 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาทีและที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมงให้ปริมาณผลผลิตสูงสุด เมื่อเปรียบเทียบเจลาตินสกัดจากหนังปลา 3 ชนิด ได้แก่ ปลาตาหวานพันธุ์หนังหนา ปลาทรายแดงและปลาปากคม สกัดด้วยอุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที พบว่าหนังปลาตาหวานพันธุ์หนังหนาให้ปริมาณผลผลิตสูงสุดและมีคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นมากสุด โดยเจลาตินดังกล่าวเมื่อผ่านการอบแห้งจะประกอบด้วยโปรตีน ร้อยละ 90.92 ความชื้น ร้อยละ 4.65 เถ้า ร้อยละ 1.47 และไขมัน ร้อยละ 0.05 และเมื่อนำไปทดสอบสมบัติเชิงหน้าพบว่าความสามารถในการละลายสูงกว่าร้อยละ 85 ในช่วงพีเอช 1-10 และมีค่าความแข็งแรงของเจล 62.6 กรัม โดยความสามารถในการเกิดโฟมเพิ่มขึ้น ขณะที่ความสามารถในการเป็นสารอิมัลซิไฟเออร์ลดลงเมื่อระดับความเข้มข้นของเจลาตินเพิ่มขึ้น

Ekowati (2000) ได้ศึกษากระบวนการสกัดเจลาตินจากหนังปลาฉลามแห้งโดยการใช้กรดหนังปลาฉลามเป็นของเหลือทิ้งที่ได้จากโรงงานอุตสาหกรรมการผลิตหูฉลาม จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพื่อให้ได้เจลาตินที่มีคุณภาพดี ได้ทดลองใช้กรดซิตริก และกรดอะซิติกแช่หนังปลาทิ้งไว้ 24 และ 36 ชั่วโมง และใช้อุณหภูมิในการสกัด 60 องศาเซลเซียส และ 80 องศาเซลเซียส ผลของเจลาตินในการสกัด ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส มีผลผลิต 14.1 เปอร์เซ็นต์ และเจลาตินที่ได้มีลักษณะขาวใส มีกลิ่นเล็กน้อยมีค่าความเป็นกรด-ด่างที่ 5.88 เกลือ 0.1 เปอร์เซ็นต์ ความชื้น 7.23 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 1.74 เปอร์เซ็นต์ ความหนืด 8 centipoise ค่าความแข็งแรงของเจลวัดได้ 455.06 $g.cm^{-2}$ และอุณหภูมิในการขึ้นรูปที่ 11 องศาเซลเซียส

Yoshimura et .al. (2000) ได้ทำการศึกษาสมบัติของเจลาตินที่ได้จากปลาฉลามเปรียบเทียบกับเจลาตินจากสุกร พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติของความเข้มข้นและค่าความเป็นกรดด่าง ซึ่งจะส่งผลต่อค่าความแข็งแรงของเจล ความหนืดและความใสของเจลาติน จากการเปลี่ยนจากโซลเป็นเจลหรือเปลี่ยนเจลเป็นโซล ความคงตัวของเจลาตินก็มีความแตกต่างกัน สรุปว่าเจลาตินที่ผลิตได้จากปลาฉลามจะมีคุณสมบัติที่แตกต่างจากเจลาตินจากสุกรไม่เพียงแต่สำหรับการเกิดเจลแต่ยังรวมถึงคุณสมบัติขณะที่เป็นสารละลายด้วย

Janmilah and Harvinder (2002) ได้สกัดเจลาตินจากหนังของปลานิลดำและปลานิลแดง โดยในขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ จะใช้ล้างด้วย สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.2 เปอร์เซ็นต์ สารละลายกรดซัลฟิวริก 0.2 เปอร์เซ็นต์ และ สารละลายกรดซิตริก 0.1 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นนำไปสกัดด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง พบว่าเจลาตินที่สกัดได้จากหนังของปลานิลดำ จะมีกลิ่นคาวปลามากกว่าเจลาตินที่สกัดได้จากหนังของปลานิลแดง

Fernández-Díaz, Montero and Gómez-Guillén (2003) ศึกษาการเตรียมเจลาตินจากหนังปลาสดเปรียบเทียบกับหนังปลาที่ผ่านการแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -12 องศาเซลเซียส และ -20 องศาเซลเซียส ของหนังปลา flounder fish (ปลาตาเดียว,ปลาลิ้นหมา) พบว่า ลักษณะโมเลกุลของเจลาตินที่สกัดได้จากหนังปลาสด ที่ศึกษาโดย SDS-PAGE จะมีปริมาณของโมเลกุลที่มีขนาดใหญ่กว่าเจลาตินที่สกัดได้จากหนังปลาที่ผ่านการแช่เยือกแข็งทั้ง 2 อุณหภูมิ ปริมาณของ α-chains , β-chains และ γ-componentes ค่าความแข็งแรงของเจลของเจลาตินที่สกัดได้จากหนังปลาที่ผ่านการแช่เยือกแข็งจะมีค่าความแข็งแรงของเจลต่ำกว่าเจลาตินที่สกัดได้จากหนังปลาสด

Muyonga, Cole and Duodu (2004) ศึกษาการสกัดเจลาตินจากเศษเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมการแปรรูปปลาไนเพิร์ช ทำได้โดยการเตรียมวัตถุดิบหนังและกระดูกปลา (ปลาอายุน้อยและปลาโตเต็มวัย) ด้วยวิธีการแช่ในสารละลายกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 0.01 โมลาร์ แล้วนำมาล้างด้วยน้ำ จากนั้นจึงนำไปสกัดเจลาติน ที่อุณหภูมิ 50 60 70 และ 95 องศาเซลเซียส ปริมาณผลผลิตของเจลาตินที่สกัดได้จากหนังปลาที่อายุน้อย 12.3+2.10 เปอร์เซ็นต์ หนังปลาที่โตเต็มวัย 16.0+0.3 เปอร์เซ็นต์ จากกระดูกปลาอายุน้อย 1.3+1.0 เปอร์เซ็นต์ และกระดูกปลาที่โตเต็มวัย 2.4+0.7 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิที่เหมาะสมในการสกัด คือ 50 องศาเซลเซียส และหนังของปลาไนเพิร์ชที่มีอายุโตเต็มวัย จะใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเจลาตินที่ให้ปริมาณผลผลิตสูงสุดและมีลักษณะทางกายภาพที่ดี คุณสมบัติของเจลาตินที่ได้จากปลาไนเพิร์ชมีลักษณะใกล้เคียงกับเจลาตินที่ผลิตได้ทั่วไปจึงสามารถนำมาใช้ทดแทนเจลาตินที่ผลิตจากแหล่งวัตถุดิบชนิดอื่น ๆ ได้

กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

ในแปรรูปปลาสลิดมีของเหลือใช้จากกระบวนการ คือ หัวปลาและเกล็ดจำนวนมาก เพื่อลดปริมาณของเหลือใช้จากกระบวนการแปรรูปปลาสลิด ช่วยลดต้นทุนในการกำจัดเศษเหลือจากการแปรรูป และเพื่อเพิ่มมูลค่าของเหลือใช้จากกระบวนการแปรรูป งานวิจัยนี้จึงสนใจนำเกล็ดมาเพิ่มมูลค่าโดยการผลิตเป็นเจลาติน

บทที่ 3
ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 การสกัดเจลาตินจากเกล็ดปลาสลิด โดยศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดด้วยการใช้ด่างร่วมกับกรด

โดยทำการสกัดเกล็ดปลาสลิดด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นช่วงระหว่าง 0.1- 0.8 เปอร์เซ็นต์ นานเป็นระยะเวลา 1-5 ชั่วโมง จากนั้นล้างน้ำและทำการแช่ด้วยกรดอะซิกติกที่ความเข้มข้นและระยะเวลาที่เหมาะสม โดยสังเกตจากความเข้มข้นของระยะเวลาในการแช่สารโซเดียมไฮดรอกไซด์ จากนั้นล้างในสะอาดและนำไปสกัดเจลาตินโดยใช้ความร้อน จากนั้นกรองและนำเจลาตินที่ได้มากำจัดกลิ่นและสี และนำเจลาตินที่ได้ไปวิเคราะห์คุณภาพ

3.2 การวิเคราะห์คุณภาพของเจลาตินจากเกล็ดปลาสลิด

3.2.1. ลักษณะปรากฏทางกายภาพของเกล็ดปลาหลังจากถูกย่อย

โดยสังเกตลักษณะการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของเกล็ดปลาระหว่างทำการย่อย

3.2.2. วัดหาค่าร้อยละของประมาณเจลาตินที่ผลิตได้ (yield; %)

คำนวณจาก

$$\text{Yield (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักเจลาตินที่ได้หลังจากสกัด}}{\text{น้ำหนักของเกล็ดปลาเริ่มต้น}} \times 100$$

3.2.3. ความหนืดของเจลาตินด้วยเครื่อง Bostwick Consistometer

วิเคราะห์ความหนืดด้วยเครื่อง Rapid visco analyser (RVA) รุ่น RVA-Tecmaster บริษัท Perten Instruments ประเทศสวีเดน โดยชั่งตัวอย่าง 1 กรัม ใส่น้ำ 25 มิลลิลิตร จากนั้นนำตัวอย่างใส่แคนและใส่ตัวใบพัด กดมอเตอร์ลงให้เครื่อง RVA ทำงาน จากนั้นบันทึกผลโดยบันทึกค่า Final viscosity คือค่าความหนืดสุดท้ายที่บ่งบอกถึงคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์

3.2.4. ความขุ่นใสของเจลาติน

เตรียมตัวอย่างเจลาตินเหลววัดความขุ่นใสด้วยเครื่อง Spectophotometer ที่ 610 nm.

3.2.5. การเซตตัวเป็นเจลของเจลาติน

เตรียมเจลาตินความเข้มข้น 10% ใส่ในหลอดทดลองจากนั้นนำไปใส่ใน water bath ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียล และทำให้เย็นตัวลงด้วย ice bath ที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียล ใช้เทอร์โมมิเตอร์จุ่มลงในเจลาติน 15 วินาที บันทึกอุณหภูมิและระยะเวลาในการเซตตัวของเจลาตินเมื่อสังเกตเห็นเจลาตินติดที่ปลายเทอร์โมมิเตอร์

3.2.6. ตรวจสอบวิเคราะห์ตัวโครงสร้างของสารภายในเจลาติน (FT-IR Spectometer)

การวิเคราะห์โครงสร้างของแผ่นเจลาตินด้วยเครื่อง FT-IR Spectometer เลือกช่วง wave number 4000-650 cm^{-1}

บทที่ 4
ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการศึกษาวิธีการสกัดเจลาตินจากเกล็ดปลาสลิดที่เป็นวัสดุเหลือใช้จากกระบวนการทำปลาสลิดแปรรูป

4.1 ลักษณะปรากฏทางกายภาพของเกล็ดปลาหลังจากถูกย่อย

จากการศึกษาหาวิธีการสกัดเจลาตินจากเกล็ดปลาสลิด ซึ่งจะศึกษาอยู่ 2 ปัจจัยคือ ระดับความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการแช่เพื่อสกัดเจลาตินจากเกล็ดปลาสลิด และระยะเวลาในการแช่เกล็ดปลาสลิดที่เหมาะสมที่จะทำให้คอลลาเจนในเกล็ดปลามีการพองตัวอย่างสมบรูณ์ โดยจาการทดลองจะทำการแช่เกล็ดปลาสลิดในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 และ 0.8 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 1-5 ชั่วโมง ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.1 พบว่า ลักษณะทางกายภาพของเกล็ดปลาสลิดที่แช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มีลักษณะโดยรวมคล้ายกันคือ เกล็ดปลามีลักษณะพองตัวและใส มีความอ่อนนุ่มลื่นและเหนียว เมื่อทำการแช่เกล็ดปลาสลิดในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นสูง จะทำให้เกล็ดปลามีลักษณะพองและงอตัวขึ้น แต่ถ้าหากแช่เกล็ดปลาสลิดเป็นระยะเวลานานมากกว่า 4 ชั่วโมง ที่ความเข้นข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.7 และ 0.8 เปอร์เซ็นต์ จะให้ให้เกล็ดปลาสลิดมีลักษณะการงอตัวที่เร็ว มีความเหนียวมากขึ้นและไม่สามารถฉีกขาดได้ ซึ่งเป็นลักษณะทางกายภาพของเกล็ดปลาที่ไม่ดี ไม่เหมาะที่จะนำไปสกัดเป็นเจลาติน เนื่องจากไปมีผลให้เกิดการทำลายโครงสร้างของคอลลาเจนของหนังปลาและเกล็ดปลาที่มากเกินไป ทำให้เกิดการเสียสภาพของโครงสร้าง

ตารางที่ 4.1 แสดงลักษณะทางกายภาพของเกล็ดปลาที่แช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ เป็นระยะเวลา 1 – 5 ชั่วโมง

ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (เปอร์เซ็นต์)		**ลักษณะทางกายภาพของเกล็ดปลา**
0.1	ที่ 1 ชั่วโมง	เกล็ดปลามีลักษณะใส ลื่นขึ้น แต่เกล็ดปลายังมีความแข็งอยู่
	ที่ 2 ชั่วโมง	เกล็ดปลามีลักษณะพองตัวขึ้น สามารถฉีกขาดได้เล็กน้อย และมีความเหนียว
	ที่ 3 ชั่วโมง	ลักษณะของบริเวณขอบของเกล็ดปลาเริ่มงอได้เล็กน้อย
	ที่ 4 ชั่วโมง	เกล็ดปลามีลักษณะพองตัวมากขึ้น
	ที่ 5 ชั่วโมง	เกล็ดปลามีความใสขึ้นและมีความเหนียวขึ้น
0.2	ที่ 1 ชั่วโมง	เกล็ดปลามีลักษณะใส ลื่นขึ้น แต่เกล็ดปลายังมีความแข็งอยู่
	ที่ 2 ชั่วโมง	เกล็ดปลามีลักษณะพองตัวขึ้น และมีความเหนียว
	ที่ 3 ชั่วโมง	เกล็ดปลามีความเหนียวขึ้น
	ที่ 4 ชั่วโมง	เกล็ดปลาใสขึ้นกว่าเดิม เกล็ดปลาเริ่มงอได้เล็กน้อย บริเวณขอบ
	ที่ 5 ชั่วโมง	เกล็ดปลานิ่มลงและ มีความเหนียวมากขึ้น
0.3	ที่ 1 ชั่วโมง	เกล็ดปลามีลักษณะใส ลื่นขึ้น แต่เกล็ดปลายังมีความแข็งอยู่
	ที่ 2 ชั่วโมง	เกล็ดปลามีลักษณะพองตัว งอได้เล็กน้อย
	ที่ 3 ชั่วโมง	เกล็ดปลานิ่มลง และมีความเหนียวขึ้น
	ที่ 4 ชั่วโมง	เกล็ดปลาเริ่มงอได้มากขึ้น
	ที่ 5 ชั่วโมง	เกล็ดปลามีความเหนียวมากขึ้น และสามารถฉีกขาดได้เล็กน้อย

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

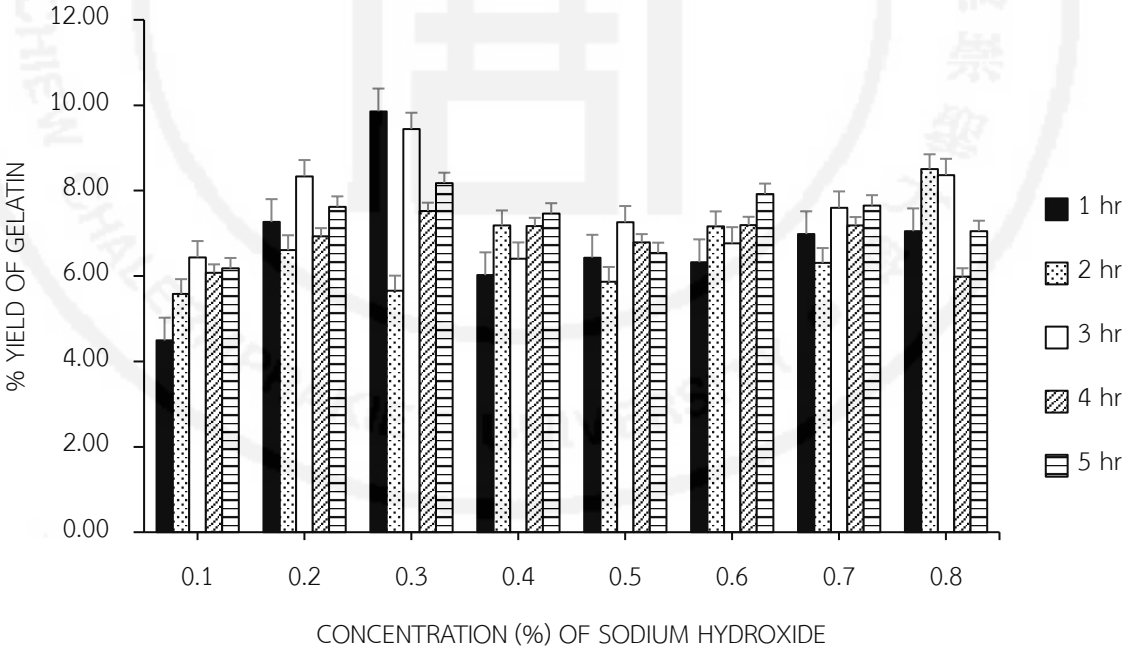
ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (เปอร์เซ็นต์)		ลักษณะทางกายภาพของเกล็ดปลา
0.4	ที่ 1 ชั่วโมง	เกล็ดปลามีลักษณะใส ลื่นขึ้น แต่เกล็ดปลายังมีความแข็งอยู่
	ที่ 2 ชั่วโมง	เกล็ดปลามีลักษณะพองตัว งอได้เล็กน้อย
	ที่ 3 ชั่วโมง	เกล็ดปลานิ่มลง และมีความเหนียวขึ้น
	ที่ 4 ชั่วโมง	เกล็ดปลาเริ่มงอได้มากขึ้น
	ที่ 5 ชั่วโมง	เกล็ดปลามีความเหนียวมากขึ้น และสามารถฉีกขาดได้เล็กน้อย
0.5	ที่ 1 ชั่วโมง	เกล็ดปลามีลักษณะใส ลื่นขึ้น แต่เกล็ดปลายังมีความแข็งอยู่
	ที่ 2 ชั่วโมง	เกล็ดปลามีลักษณะพองตัว งอได้เล็กน้อย
	ที่ 3 ชั่วโมง	เกล็ดปลานิ่มลง และมีความเหนียวขึ้น
	ที่ 4 ชั่วโมง	เกล็ดปลาเริ่มงอได้มากขึ้น
	ที่ 5 ชั่วโมง	เกล็ดปลามีความเหนียวมากขึ้น และสามารถฉีกขาดได้เล็กน้อย
0.6	ที่ 1 ชั่วโมง	เกล็ดปลามีลักษณะใส ลื่นขึ้น น้ำแช่เกล็ดปลามีสีเหลืองอ่อน
	ที่ 2 ชั่วโมง	เกล็ดปลามีลักษณะพองตัวและมีความเหนียว
	ที่ 3 ชั่วโมง	เกล็ดปลาเริ่มมีลักษณะใสจนเห็นเป็นวงเกล็ดปลาและเริ่มงอได้มากขึ้น
	ที่ 4 ชั่วโมง	เกล็ดปลามีความเหนียวและพองตัวมากขึ้น
	ที่ 5 ชั่วโมง	เกล็ดปลาไม่สามารถฉีกขาดจากกันได้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (เปอร์เซ็นต์)		ลักษณะทางกายภาพของเกล็ดปลา
0.7	ที่ 1 ชั่วโมง	เกล็ดปลามีลักษณะใส ลื่นขึ้น น้ำแช่เกล็ดปลามีสีเหลืองอ่อน
	ที่ 2 ชั่วโมง	เกล็ดปลามีลักษณะใสขึ้น มีความพองตัว มีความเหนียว และเริ่มงอได้เพียงเล็กน้อย
	ที่ 3 ชั่วโมง	เกล็ดปลาใสขึ้นจนเห็นเป็นวงเกล็ดปลา และมีความเหนียวขึ้น
	ที่ 4 ชั่วโมง	เกล็ดปลางอได้มากขึ้น
	ที่ 5 ชั่วโมง	เกล็ดปลามีความพองตัวมากขึ้นแต่ไม่สามารถฉีกขาดได้
0.8	ที่ 1 ชั่วโมง	เกล็ดปลามีลักษณะใส ลื่นขึ้น น้ำแช่เกล็ดปลามีสีเหลืองอ่อน
	ที่ 2 ชั่วโมง	เกล็ดปลามีลักษณะพองตัวขึ้นและเริ่มงอเพียงเล็กน้อย
	ที่ 3 ชั่วโมง	เกล็ดมีลักษะใสขึ้น สามารถฉีกขาดได้เล็กน้อย
	ที่ 4 ชั่วโมง	เกล็ดปลามีลักษณะงอมากขึ้นและพองตัวมากขึ้น
	ที่ 5 ชั่วโมง	เกล็ดปลามีความเหนียวมากขึ้น แต่ไม่สามารถฉีกขาดได้

4.2 ค่าร้อยละของประมาณเจลาตินที่ผลิตได้ (yield; %)

ผลของวิธีการสลัดเจลาตินจากเกล็ดปลาสลิด เมื่อคำนวณออกมาเป็นปริมาณที่สามารถสลัดเจลาตินที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่า มีปริมาณมากกว่า 4 เปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับน้ำหนักของเกล็ดปลาสลิดเริ่มต้น (FW) และจะให้ปริมาณเจลาตินมากเมื่อทำการสลัดโดยการแช่เกล็ดปลาสลิดในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.3 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 1 และ 3 ชั่วโมง โดยมีค่า 9.86 เปอร์เซ็นต์ และ 9.44 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และปริมาณเจลาตินที่ได้มีมากกว่าสองเท่าของการสกัดเจลาตินจากเกล็ดปลาสลิดโดยการแช่เกล็ดปลาสลิดเป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมงในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ ดังภาพที่ 4.2 ซึ่งจากผลการทดลองอาจเป็นไปได้ว่าความเข้มข้นของสารละลายโซเดียม-ไฮดรอกไซด์และระยะเวลาในการแช่เกล็ดปลาสลิดเพื่อทำให้เกิดการพองตัวของเกล็ดปลาอาจส่งผลต่อปริมาณเจลาตินที่สกัดได้



ภาพที่ 4.1 ค่าร้อยละของปริมาณเจลาตินที่ผลิตได้ (yield; %) จากเกล็ดปลาสลิดที่แช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ เป็นระยะเวลา 1 – 5 ชั่วโมง

4.2 ความหนืดของเจลาติน

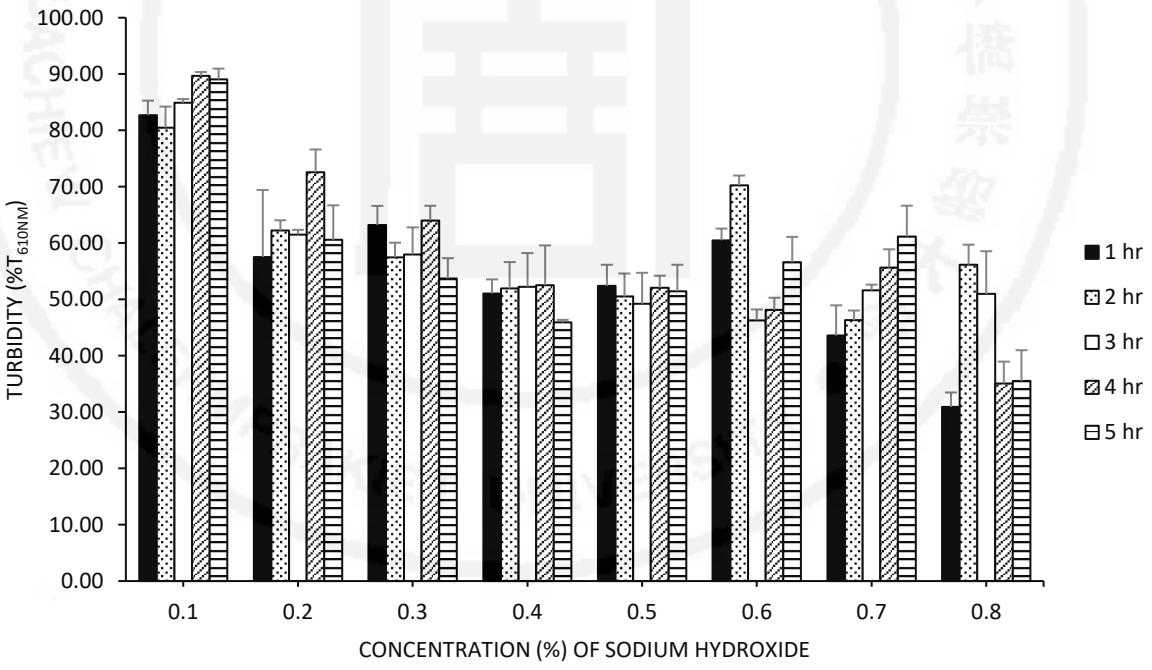
ความหนืดของเจลาตินที่สกัดได้จากเกล็ดปลาสลิด โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.3 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 3 ชั่วโมง โดยมีค่าความหนืด 368 RVU ซึ่งเป็นความหนืดสูงที่สุด ในขณะที่การใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ ให้ความหนืดของเจลอยู่ในช่วง 73.50 – 108.00 RVU และการใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.8 เปอร์เซ็นต์ ให้ความหนืดของเจลที่ต่ำเช่นเดียวกัน ดังจะเห็นได้ในตารางที่ 4.2 ปริมาณความเข้นข้นของสารละลายที่สูงหรือต่ำจนเกินไปมีผลทำให้ความหนืดของเจลาตินที่สกัดได้มีความหนืดต่ำ ทั้งนี้ยังขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการแช่สารละลายด้วย การใช้สารละลายความเข้มข้นน้อยสามารถชดเชยได้โดยการใช้ระยะเวลาในการแช่นานยิ่งขึ้น จะส่งผลให้เจลาตินที่สกัดได้จากเกล็ดปลาสลิดมีความหนืดเพิ่มสูงขึ้น แต่ความหนืดของเจลาตินที่ความหนืดต่าง ๆ นิยมนำไปใช้กับผลิตภัณฑ์ได้อย่างเหมาะสม เช่น เจลาตินที่มีความหนืดต่ำนำไปใช้ผสมในขนม ลูกกวาด เจลลี่ ในขณะที่เจลาตินที่มีความหนืดสูงนำไปใช้ผลิตเป็นแผ่นฟิล์มหรือถุงย่อยสลายได้ เป็นต้น

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าความหนืดของเจลาตินที่สกัดได้จากเกล็ดปลาสลิดที่แช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ เป็นระยะเวลา 1 – 5 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียล

ความเข้มข้น	**ระยะเวลาในการแช่สารละลาย (RVU)**				
ของ NaOH (%)	**1 ชั่วโมง**	**2 ชั่วโมง**	**3 ชั่วโมง**	**4 ชั่วโมง**	**5 ชั่วโมง**
0.1	73.50	111.00	84.00	82.00	108.00
0.2	151.00	198.50	245.67	311.50	192.33
0.3	187.00	295.00	368.00	260.50	140.00
0.4	141.50	154.00	116.00	151.50	102.00
0.5	197.50	214.00	299.00	253.00	298.50
0.6	149.00	212.50	130.00	150.00	213.00
0.7	107.00	285.50	130.50	307.00	259.50
0.8	144.00	153.00	147.50	96.50	119.50

4.4 ความขุ่นเจลาติน

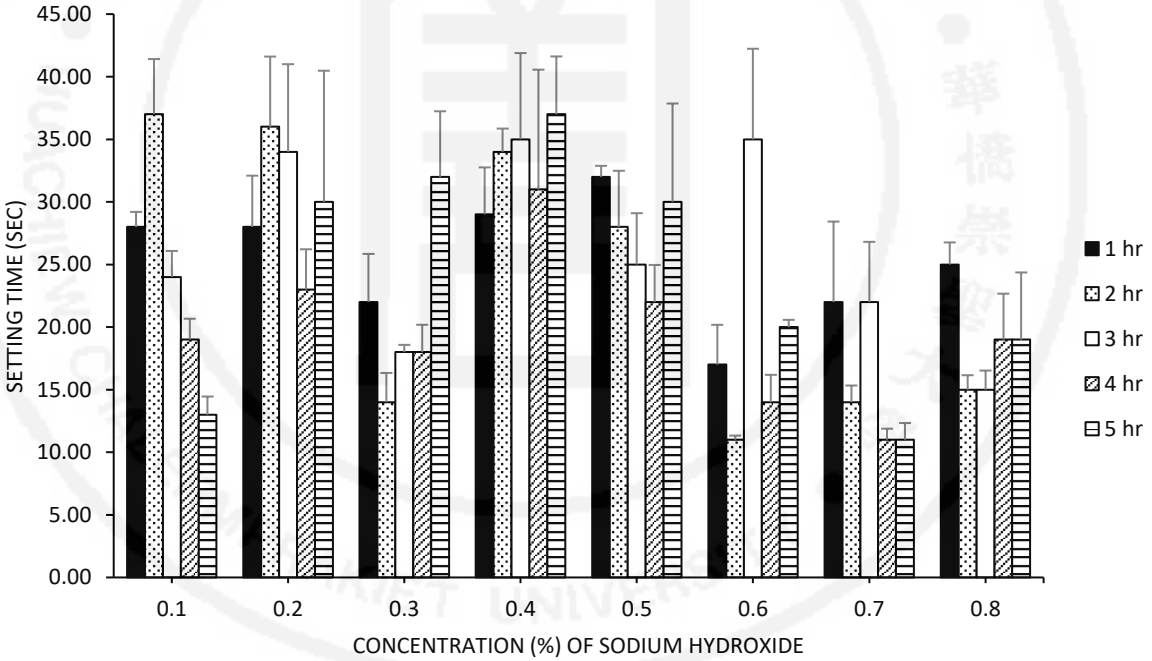
ลักษณะความขุ่นใสของเจลาตินที่ผ่านการสกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ทำการตรวจวัดโดยใช้ความสามารถของแสงในการส่องผ่านเจลาตินด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 610 nm ซึ่งจากการทดลองพบว่าความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการสกัดมีผลต่อความขุ่นใสของเจลาตินจากเกล็ดปลาสลิดที่สกัดได้ โดยที่ความเข้นข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 เปอร์เซ็นต์ เจลาตินที่สกัดได้มีลักษณะใส แสงสามารถทะลุผ่านได้มากประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เจลาตินที่สกัดได้จากเกล็ดปลาสลิดจะมีความขุ่นมากเมื่อแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 0.8 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าความสามารถของแสงที่ทะลุผ่านได้ประมาณ 38 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ระยะเวลาในการแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มีผลต่อความขุ่นใสที่ความเข้มข้น 0.6 0.7 และ 0.8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 ความขุ่นของเจลาตินที่สกัดได้จากเกล็ดปลาสลิดที่แช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ เป็นระยะเวลา 1 – 5 ชั่วโมง

4.5 ระยะเวลาที่ใช้ในการขึ้นรูปของเจลาติน

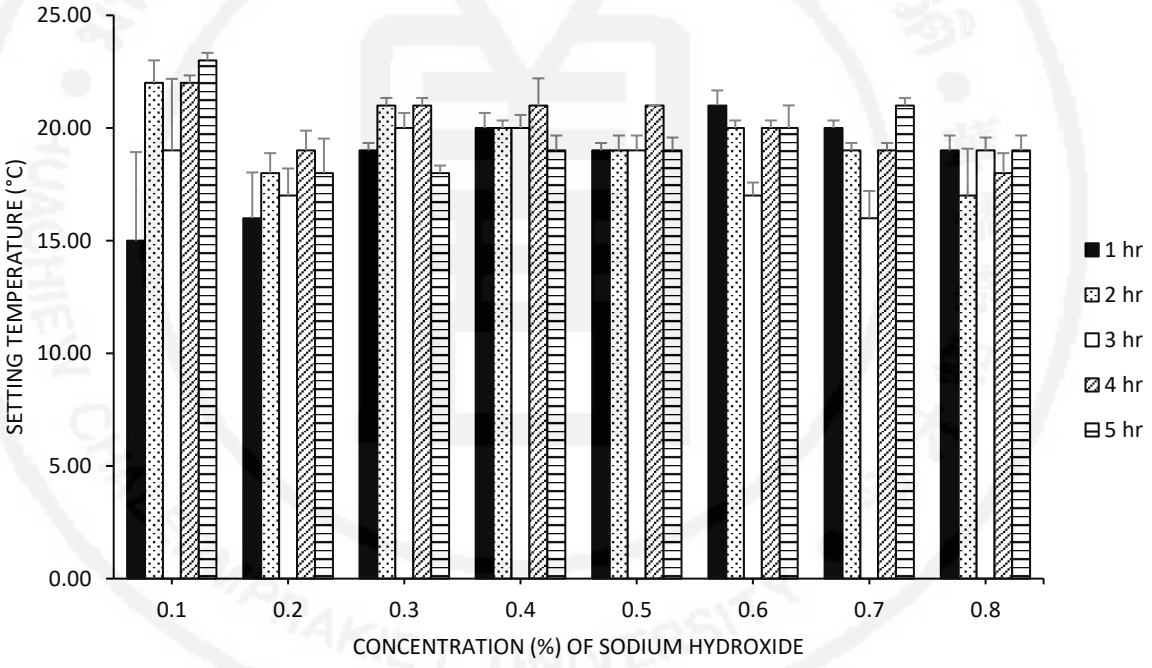
การขึ้นรูปหรือการเซตตัวของเจลาตินที่สกัดได้จากเกล็ดปลาสลิดมีความแตกต่างกัน เมื่อแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นและระยะเวลาในการแช่เกล็ดปลาสลิดในสารละลายแตกต่างกัน ซึ่งความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ 0.6 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลา 2 ชั่วโมง และ ซึ่งความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ 0.7 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลา 4 และ 5 ชั่วโมง ใช้เวลาในการขึ้นรูปของเจล 11 วินาที ในขณะที่การใช้ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ 0.4 เปอร์เซ็นต์แช่เกล็ดปลาสลิด จะได้เจลที่ใช้ระยะเวลาในการขึ้นรูปมากกว่า 30 วินาที ดังภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.3 ระยะเวลาที่ใช้ในการขึ้นรูปของเจลาตินที่สกัดได้จากเกล็ดปลาสลิดที่แช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ เป็นระยะเวลา 1 – 5 ชั่วโมง

4.6 อุณหภูมิที่ใช้ในการขึ้นรูปของเจลาติน

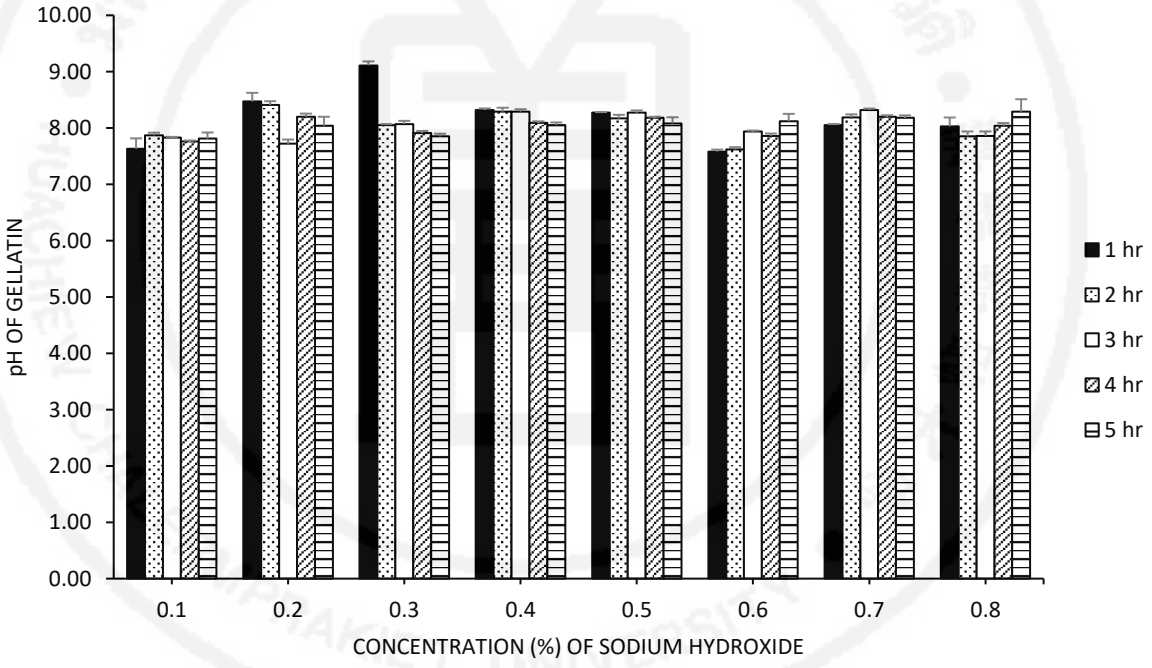
จากผลการทดลองภาพที่ 4.4 แสดงให้เห็นว่าการแช่เกล็ดปลาสลิดในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ ใช้อุณหภูมิในการขึ้นรูปเจล 22 องศาเซลเซียส ยกเว้นการแช่เกล็ดปลาสลิดเป็นระยะเวลานาน 1 ชั่วโมง ซึ่งจะต้องใช้อุณหภูมิต่ำที่ 15 องศาเซลเซียส ในขณะที่อุณหภูมิที่ใช้ในการขึ้นรูปเจลของเจลาตินที่ได้จากการแช่สารละลายโซเดียมไฮดรอกที่ความเข้มข้นอื่น ๆ มีค่าใกล้เคียงกัน โดยอุณหภูมิในการขึ้นรูปเจลอยู่ระหว่าง 18 ถึง 20 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 4.4 อุณหภูมิที่ใช้ในการขึ้นรูปของเจลาตินที่สกัดได้จากเกล็ดปลาสลิดที่แช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ เป็นระยะเวลา 1 – 5 ชั่วโมง

4.7 ค่าความกรด-ด่างของเจลาติน

เจลที่สกัดได้จากเกล็ดปลาสลิดโดยการแช่ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นต่างกัน พบค่าความเป็นกรด-ด่าง มากกว่า pH 7 (ภาพที่ 4.5) ซึ่งเจลที่ผลิตได้จะมีความเป็นด่างที่ประมาณ pH 8 และไม่แตกต่างกันเมื่อใช้ระยะเวลาในการแช่สารสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ต่างกัน ยกเว้นการใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้นข้น 0.3 เปอร์เซ็นต์ ระเวลา 1 ชั่งโมง จะได้เจลที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงที่ค่า pH เท่ากับ 9



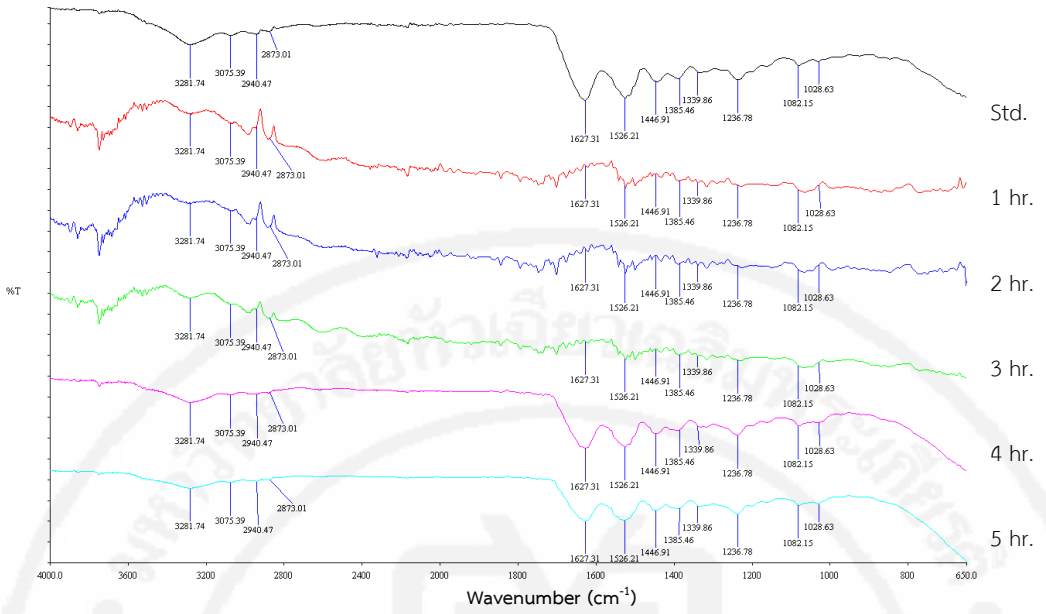
ภาพที่ 4.5 ค่าความกรด-ด่างของเจลาตินที่สกัดได้จากเกล็ดปลาสลิดที่แช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ เป็นระยะเวลา 1 – 5 ชั่วโมง

4.8 การวิเคราะห์โครงสร้างของแผ่นเจลาติน

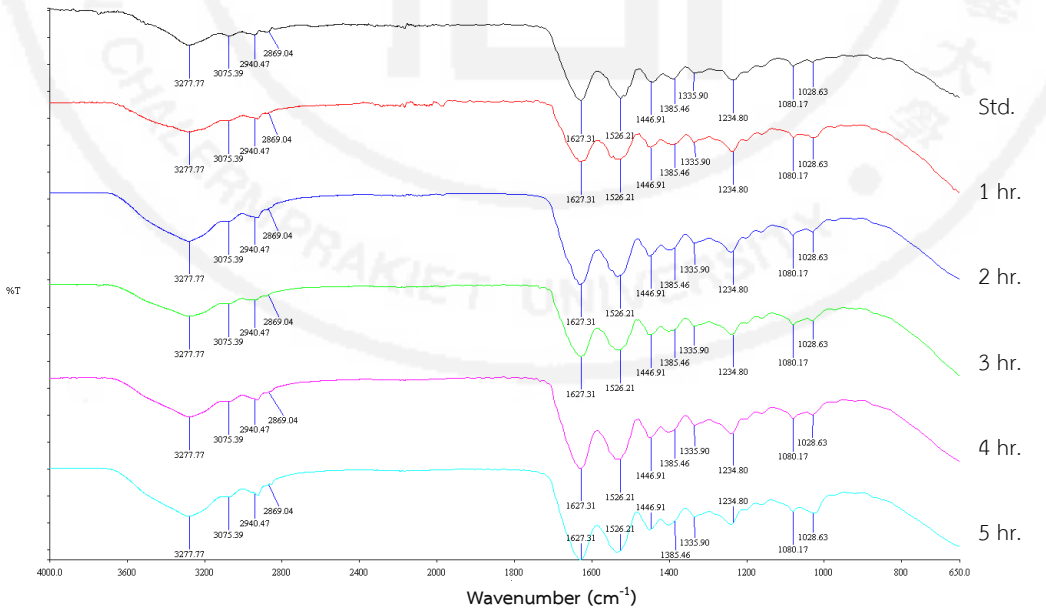
จากการวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีและหมู่ฟังก์ชันของเจลาตินที่สกัดได้จากเกล็ดปลาสลิดที่แช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 0.1-0.8 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 1 – 5 ชั่วโมง จะเห็นได้ว่าแผ่นเจลลาตินจากเกล็ดปลาสลิดแสดงการส่งผ่านในเลขคลื่นเดียวกัน โดยมีโครงสร้างตามสูตรโมเลกุล $C_{102}H_{151}O_{39}N_{51}$ ดังแสดงในตารางที่ 4.3 จะเห็นได้ว่าเจลาตินที่ใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 1 – 5 ชั่วโมง ให้ความเข้มข้นของการส่งผ่านแสงน้อย (ภาพที่ 4.6) เนื่องจากความถี่ของรังสีที่ถูกดูดกลืนตรงกับความถี่ของการสั่นของพันธะที่ยึดเกาะกันอย่างหนาแน่น ซึ่งจะสัมพันธ์กับค่าความหนืดที่น้อยกว่าเจลลาตินที่ใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นอื่น ๆ ในการสกัดจากเกล็ดปลาสลิด

ตารางที่ 4.3 แสดงผลโครงสร้างทางเคมีและหมู่ฟังก์ชันของเจลาตินจากเกล็ดปลาสลิด

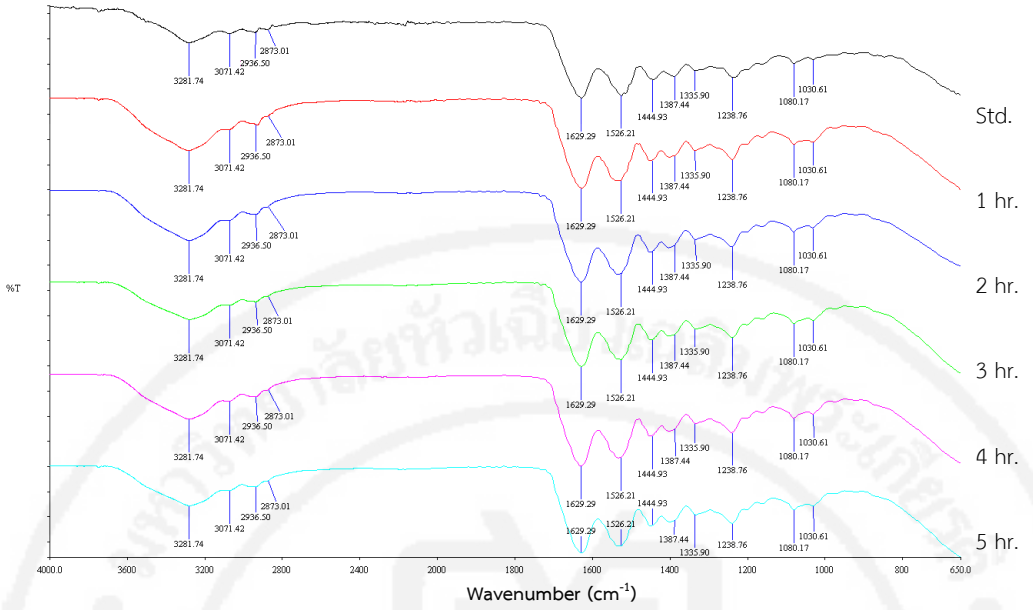
หมู่ฟังก์ชัน	โครงสร้างทางเคมี	เลขคลื่น (wave number; cm^{-1})
Amide A	N-H stretching vibration	3277.77
Amide III	C-N stretching vibration	1236.78
Amide II	N-H bending vibration	1526.21
Amide I	C=O stretching vibration	1627.31
alkane	C-H stretching vibration	3075.39
		2940.47
		2869.04
alkane	C-H bending vibration	1440.96
		1387.44
		1335.90
ether	C-O stretching vibration	1082.15
		1028.63



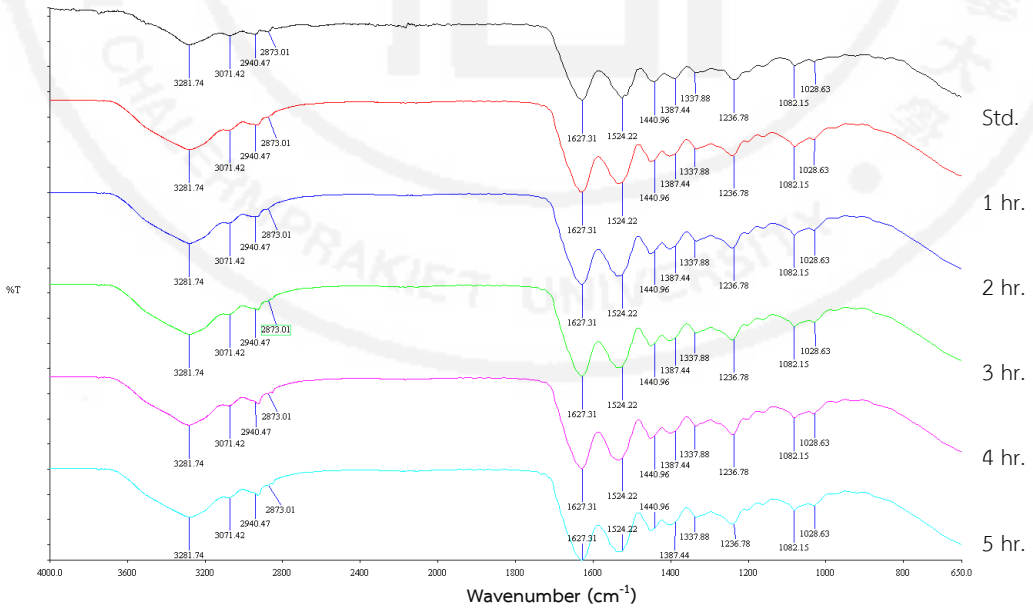
ภาพที่ 4.6 แสดงผลการวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีและหมู่ฟังก์ชันของเจลาตินที่สกัดได้จากเกล็ดปลาสลิดที่แช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 1 – 5 ชั่วโมง



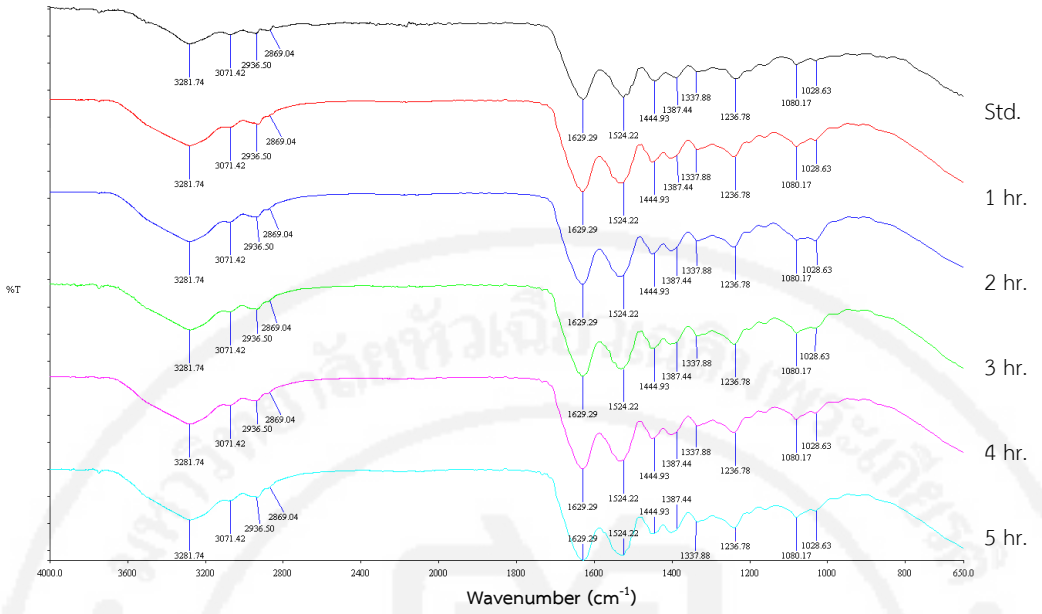
ภาพที่ 4.7 แสดงผลการวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีและหมู่ฟังก์ชันของเจลาตินที่สกัดได้จากเกล็ดปลาสลิดที่แช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 0.2 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 1 – 5 ชั่วโมง



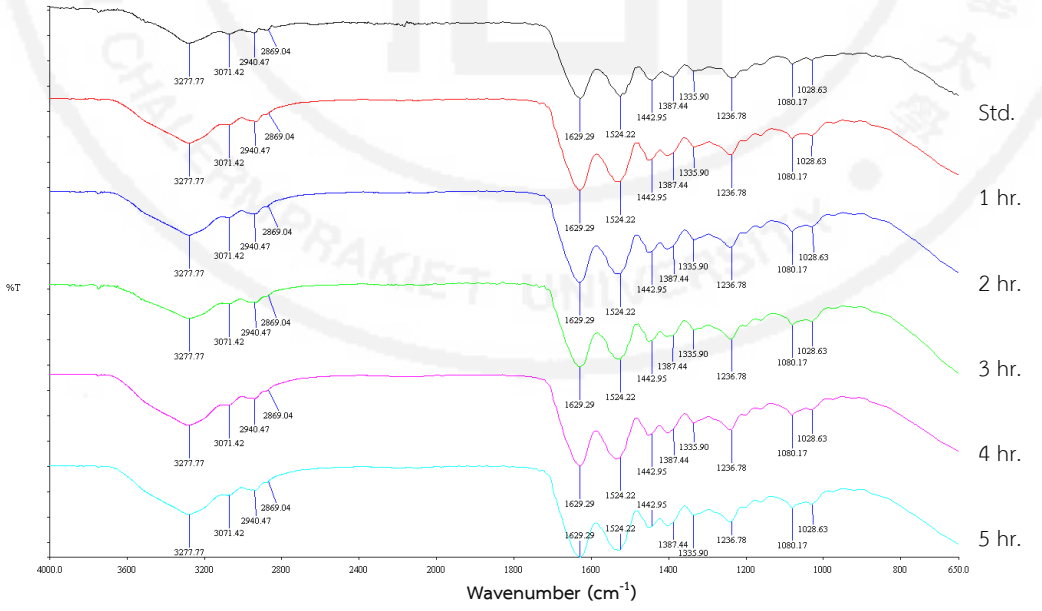
ภาพที่ 4.8 แสดงผลการวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีและหมู่ฟังก์ชันของเจลาตินที่สกัดได้จากเกล็ดปลาสลิดที่แช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 0.3 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 1 – 5 ชั่วโมง



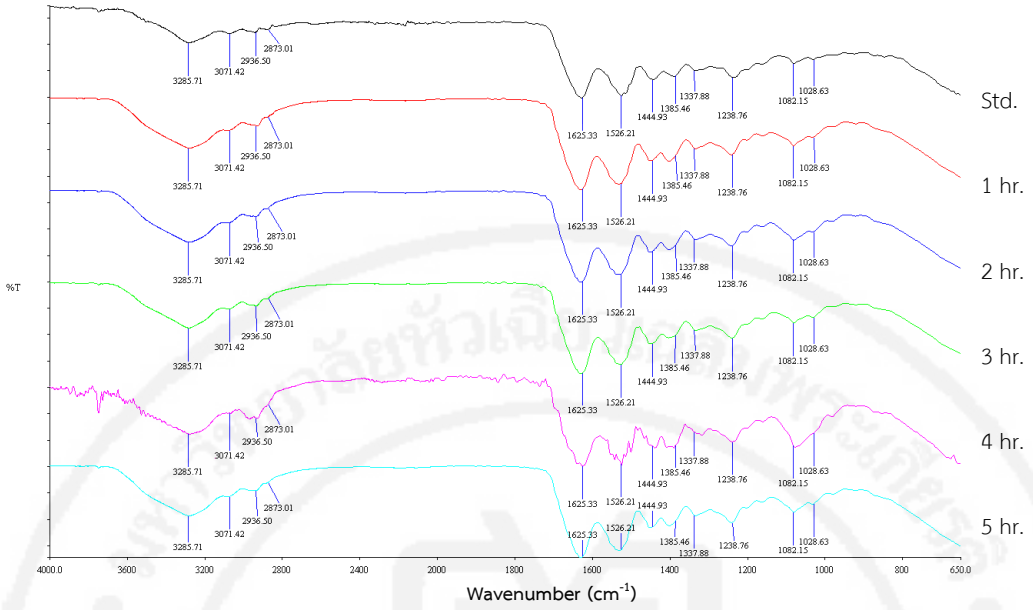
ภาพที่ 4.9 แสดงผลการวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีและหมู่ฟังก์ชันของเจลาตินที่สกัดได้จากเกล็ดปลาสลิดที่แช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 0.4 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 1 – 5 ชั่วโมง



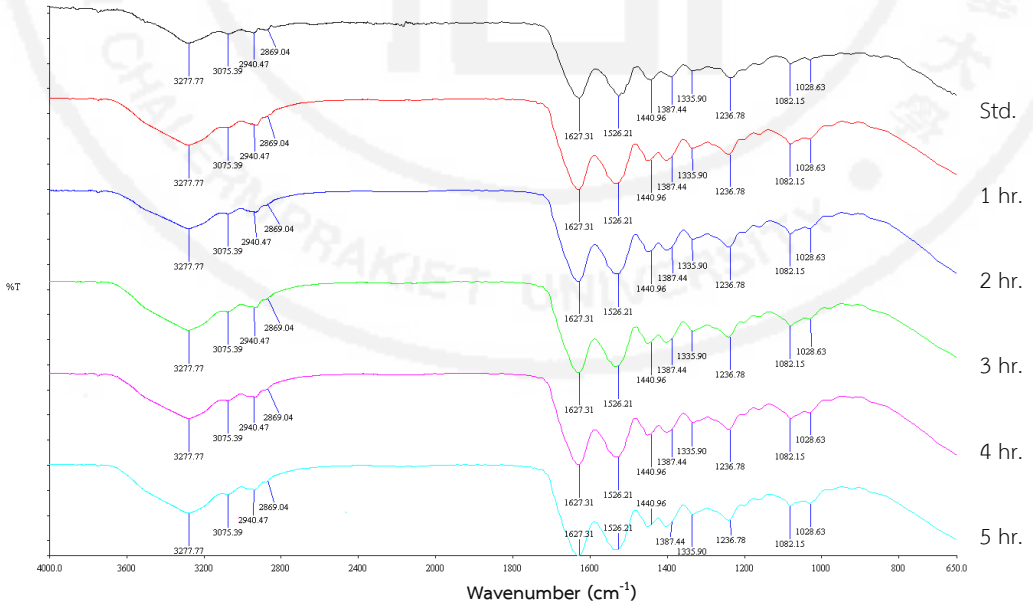
ภาพที่ 4.10 แสดงผลการวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีและหมู่ฟังก์ชันของเจลาตินที่สกัดได้จากเกล็ดปลาสลิดที่แช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 1 – 5 ชั่วโมง



ภาพที่ 4.11 แสดงผลการวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีและหมู่ฟังก์ชันของเจลาตินที่สกัดได้จากเกล็ดปลาสลิดที่แช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 0.6 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 1 – 5 ชั่วโมง



ภาพที่ 4.12 แสดงผลการวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีและหมู่ฟังก์ชันของเจลาตินที่สกัดได้จากเกล็ดปลาสลิดที่แช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 0.7 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 1 – 5 ชั่วโมง



ภาพที่ 4.13 แสดงผลการวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีและหมู่ฟังก์ชันของเจลาตินที่สกัดได้จากเกล็ดปลาสลิดที่แช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 0.8 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 1 – 5 ชั่วโมง

บทที่ 5
สรุป และข้อเสนอแนะ

การสกัดเจลาตินจากเกล็ดปลาสลิด โดยศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดด้วยการใช้ด่างร่วมกับกรด พบว่า การใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นช่วงระหว่าง 0.1- 0.8 เปอร์เซ็นต์ นานเป็นระยะเวลา 1-5 ชั่วโมง จากนั้นล้างน้ำและทำการแช่ด้วยกรดอะซิกติกที่ความเข้มข้นและระยะเวลาที่เหมาะสม เป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุดในการสกัดเจลาตินจากเกล็ดปลาสลิด ทั้งนี้การใช้ โซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.3 เปอร์เซ็นต์ นานเป็นเวลา 3 ชั่วโมง ให้เจลาตินที่มีความหนืดสูง 368 RVU ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียล และมีปริมาณมากถึง 9.44 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักเกล็ดปลาสลิดสด และมีโครงสร้างตามสูตรโมเลกุล $C_{102}H_{151}O_{39}N_{51}$ อย่างไรก็ตามเจลาตินที่ใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ ในการสกัด จะให้เจลที่ใส ใช้ระยะเวลาเพียง 13 วินาที ที่อุณหภูมิ 23 องศาเซลเซียสในการขึ้นรูปของเจลาติน

ข้อเสนอแนะ

1. เกล็ดปลาสลิด ต้องใช้เวลาในการทำความสะอาดนานและหลายครั้ง จึงควรจะมีการจัดการวัตถุดิบตั้งแต่เบื้องต้น
2. ควรหาวิธีในกำจัดกลิ่นของปลาสลิด เนื่องจากปลาสลิดมีกลิ่นเฉพาะตัวที่เป็นเอกลักษณ์ทำให้ยังมีกลิ่นที่ติดในส่วนของเจลที่สกัดได้
3. เนื่องจากเกล็ดและหนังของปลาสลิดมีสีน้ำตาลออกดำ จึงควรหาวิธีในการกำจัดสีหลังจากการสกัด เพื่อให้ได้แผ่นเจลาตินที่มีสีเหลืองใสสะอาด

บรรณานุกรม

ฉลองขวัญ พิพัฒน์เจริญวงศ์. 2551. คอลลาเจนจากเกล็ดปลา: การสกัดและคุณสมบัติบางประการ. วิทยานิพนธ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นัฏฐา คเชนทร์ภักดี. 2547. การผลิตเจลาตินจากเกล็ดปลากะพงขาว. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย. หน้า 468-480.

นิติพงศ์ จิตรีโภชน์. 2543. การผลิตแคลเซียมและเจลาตินจากเศษเหลือของโรงงานซูริมิ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต คณะบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ประเสริฐ สายสิทธิ์. 2524. ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสัตว์น้ำ. สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร, กรุงเทพฯ.

วริศรา สุวรรณ. 2545. การผลิตเจลาตินจากกระดูกปลากระพงแดง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต คณะบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วรรณวิบูลย์ กาญจนกุญชร. 2529. เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์ประมง.คณะอุตสาหกรรมเกษตร. กรุงเทพฯ. 177 หน้า.

วรรณวิมล คล้ายประดิษฐ์. 2540. การผลิตเจลาตินจากหนังปลากระพงแดง. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต คณะบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สินีนาถ สุขไกว. 2555. การผลิตเจลาตินและเจลาตินไฮโดรไลเสทจากหนังปลาสำหรับการพัฒนาเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สาโรจน์ รอดคืน. 2557. เจลาติน: การสกัดและแนวทางการนำไปใช้ประโยชน์. online: www.mfu.ac.th/school/agro2012/events/482.

อดิศักดิ์ วงศ์ษา. 2561. การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร:เยลลี่ต้านอนุมูลอิสระ. โครงงานพิเศษ. มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ.

Ahmad, M. and Benjakul, S. 2010. Extraction and characterisation of pepsinsolubilised collagen from the skin of unicorn leatherjacket (*Aluterus monoceros*). Food Chem. 120: 817–824.

Annon. 1996. A natural material with many applications. Food Ingradients and Analysis International. 18(2): 26-27.

บรรณานุกรม (ต่อ)

Brody, J. 1965. Fishery by products technology. Westport: The Avi-Publishing Company, Inc.

Creighton, T.E. 1993. Protein: structure and Molecular properties. New York: W.H. Freeman and Company.

Ekowati, C. 2000. Acid extraction of gelatin from dried shark skin. Indonesian Food and Nutrition Progress. 7(1):6-12.

Fahmi A., Morimura, S., Guo, H.C., Shigematsu, T., Kida, K. and Uemura, Y. 2004. Production of angiotensin I converting enzyme inhibitory peptides from sea bream scales. Process Biochem. 39: 1195–1200.

Fernández-Díaz, M.D., Montero, P. and Gómez-Guillén, M. C. 2003. Effect of freezing fish skins on molecular and rheological properties of extracted gelatin. Food Hydrocolloids. 17(3): 281-286

Giese, J. 1994. Protein as ingredients: types, functions, applications. Food Technology. 48(10): 49-60.

Gilsenan, P. M., and Ross-Murphy, S. B. 2000. Rheological characterisation of gelatins from mammalian and marine sources. Food Hydrocolloid. 14: 191–195.

Harris, P. 1990. Food Gels: Gelatin. London: Elsevier Applied Science.

Holzer, D. 1996. Gelatin production. Patent, US 5,484,888.

Hosseinkhani, H., Abedini, F., Ou, K.L. and Domb, A.J. 2015. Polymers in gene therapy technology Polym. Adv. Technol., 26: 198-211.

Jamilah, B. and Harvinder, K.G. 2002. Properties of gelatins from skins of fish—black tilapia (*Oreochromis mossambicus*) and red tilapia (*Oreochromis nilotica*). Food Chemistry. 77: 81–84.

Karim, A.A. and Bhat, R. 2009. Fish gelatin: properties, challenges, and prospects as an alternative to mammalian gelatins. Food Hydrocolloid. 23: 563-576.

Kruyt, H.R. 1969. Colloid Science. New York: Elsevier publishing Company.

บรรณานุกรม (ต่อ)

Kuijpers, A. J., Engbers, G. H. M., Feijen, J., De Smedt, S. C., Meyvis, T. K. L., Demeester, J., Krijgeveld, J., Zaat, S. A. and Dankert, J. 1999. Characterization of the network structure of carbodiimide cross-linked gelatin gels. Macromolecule. 32: 3325-3333.

Lassoued I., Jridi M., Nasri R., Dammak A., Hajji M., Nasri M., Barkia A. 2014. Characteristics and functional properties of gelatin from thornback ray skin obtained by pepsin-aided process in comparison with commercial halal bovine gelatin. Food Hydrocolloids. 41: 309-318.

Leuenberger, B. H. 1991. Investigation of viscosity and gelation properties of different mammalian and fish gelatins. Food Hydrocolloid. 5: 353–361.

Mackie, A. R., Gunning, A. P., Ridout, M. J., and Morris, V. J. 1998. Gelation of gelatin, observation in the bulk and at the air–water interface. Biopolymers. 46: 245–252.

Mann, I. 1962. Animal by-products: processing and utilization. Food and agriculture organization of the United Nations.

Marh, E.M. and Stewart, G.F. 1957. Advanced in food research Vol.VII. Publishers: Academic Press Inc.

Michell, J. R. 1986. Froming and emulsifying properties of proteins. Pp. 291-338. In B.J.F. Hudson (eds). Development in food protein-4. London: Elsevier Applied Science Publishers.

Muyonga J.H., Cole C.G.B. and Duodu K.G., 2004, Extraction and physico-chemical characterisation of Nile perch (*Lates niloticus*) skin and bone gelatin. Food Hydrocolloids. 18: 581–592.

Nagai, T., Izumi, M. and Ishii, M. 2004. Fish scale collagen. Preparation and partial characterization. Food Science and Technology. 39: 239–244.

Ockerman, H.W. 1988. Animal by product processing. Ellis Horwood International Publishers In Science and Technology.

บรรณานุกรม (ต่อ)

Olijve, J., Mori, F., and Toda, Y. 2001. Influence of molecular-weight distribution of gelatin on emulsion stability. J. Colloid Interf. Sci. 243: 476–482.

Rother, J. 1994. Edible gelatin types, properties, use and application in the food industry. Food Technology Europe. 1(5): 32-42.

Surh, J., Gu, Y. S., Decker, E. A., and McClements, D. J. 2005. Influence of environmental stresses on stability of o/w emulsions containing cationic droplets stabilized by SDSfish gelatin membranes. J. Agric. Food Chem. 53: 4236–4244.

The Committee on textbook of the American meat institute. 1985. By-products of the meat packing industry. Chicago: Institute of meat packing university of Chicago.

Whisyler, R. and Daniel, J.R. 1990. Function of polysaccharides in food, pp 395-423. In A.L. Branen, P.M. Davidson and S. Salinen (eds). Food Additives. New York: Marcel Dekker.

Yoshimura, K., Tershima, M., Hozan, D., Ebato, T., Nomura, Y. Ishii, Y. and Shirai, K. 2000. Physical properties of shark compared with pig gelatin. J. Agric and Food Chem. 48(6): 2023-2027.

ประวัติย่อผู้วิจัย

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการวิจัย

ชื่อ-นามสกุล นางสาวชวนพิศ จิระพงษ์

ประวัติการศึกษา ปร.ด. (เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว)
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

สถานที่ติดต่อ หลักสูตรวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

โทรศัพท์ 02-312-6300 ต่อ 1488

ผู้ร่วมวิจัย

ชื่อ-นามสกุล นางสาวอลิษา สุนทรวัฒน์

ประวัติการศึกษา วท.ม. (เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว)
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

สถานที่ติดต่อ หลักสูตรวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

โทรศัพท์ 02-312-6300 ต่อ 1488

ผู้ร่วมวิจัย

ชื่อ-นามสกุล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรพิมล กาญจนวาศ

ประวัติการศึกษา ปร.ด. (อณูชีววิทยา) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สถานที่ติดต่อ หลักสูตรวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

โทรศัพท์ 02-312-6300 ต่อ 1488

ประวัติย่อผู้วิจัย (ต่อ)

ผู้ร่วมวิจัย

ชื่อ-นามสกุล	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชัยรัตน์ เตชวุฒิพร
ประวัติการศึกษา	Ph.D. (Agricultural Science) Gifu University
สถานที่ติดต่อ	หลักสูตรวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ
โทรศัพท์	02-312-6300 ต่อ 1488