ผลของการปรับสภาพวัตถุดิบด้วยสารละลายด่างและกรดที่มีต่อการสกัดเจลาตินจากแมงกะพรุน

Effects of Alkaline and Acid Pretreatments on Jellyfish (*Lobonema smithii*) Gelatin Extraction

ดลฤดี พิชัยรัตน์ [1*] และ นพรัตน์ มะเห [1]

Donrudee Pichairat [1*] and Nopparat Mahae [1]

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของการปรับสภาพวัตถุดิบด้วยสารละลายด่างและกรดที่มีต่อการสกัดเจลาตินจากแมงกะพรุนสายพันธุ์ลอดช่อง (*Lobonema smithii*) เพื่อหาชนิดของสารละลายกรด ความเข้มข้นของสารละลายด่างและกรดที่เหมาะสมต่อการปรับสภาพแมงกะพรุนก่อนการสกัดเจลาติน ผลจากการศึกษาพบว่าชนิดของสารละลายกรด ความเข้มข้นของสารละลายด่างและกรดที่ใช้ในการปรับสภาพแมงกะพรุนก่อนการสกัดเจลาติน มีผลต่อปริมาณและคุณภาพของเจลาตินที่สกัดได้ ($P \leq 0.05$) โดยชนิดของสารละลายกรดที่เหมาะต่อการนำมาใช้ปรับสภาพแมงกะพรุนก่อนการสกัดเจลาติน คือ กรดซัลฟูริก ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และสารละลายกรดซัลฟูริกที่เหมาะสมต่อการปรับสภาพแมงกะพรุน คือ 0.1 โมลาร์และ 0.05 โมลาร์ ตามลำดับ การปรับสภาพแมงกะพรุนด้วยการแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ นาน 30 นาที แล้วแช่ต่อในสารละลายกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.05 โมลาร์ นาน 30 นาที ก่อนการสกัด จะให้ปริมาณเจลาตินที่สกัดได้ร้อยละ 5.18 โดยน้ำหนัก เจลาตินที่สกัดได้มีค่าความแข็งแรงของเจลเท่ากับ 107.03 กรัม มีค่าความใสซึ่งวัดจากค่าการส่องผ่านของแสง (% Transmittance) ที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร มีค่าเท่ากับ 65.30 เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพของเจลาตินจากแมงกะพรุนที่ผลิตได้กับเจลาตินจากกระดูกวัวที่จำหน่ายในทางการค้า พบว่าเจลาตินจากแมงกะพรุนมีค่าความแข็งแรงของเจลเจลาตินและค่าความใสต่ำกว่าเจลาตินทางการค้า แต่จะมีข้อดีกว่าเจลาตินทางการค้าในด้านความปลอดภัยต่อการบริโภคอันเกิดจากโรคติดต่อที่มาจากสัตว์ที่นำมาใช้ในการผลิตเจลาติน และยังเป็นทางเลือกในการบริโภคสำหรับผู้ที่มีข้อจำกัดทางศาสนาเกี่ยวกับการบริโภคเจลาตินจากวัวหรือสุกรที่จำหน่ายทางการค้า โดยเจลาตินจาก

[1] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง 92150

[1] Faculty of Science and Fisheries Technology, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Sikao, Trang 92150, Thailand.

[*] ผู้นิพนธ์ประสานงาน ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e–mail): donrudee_oun@hotmail.com

แมงกะพรุนเหมาะกับการนำไปใช้เพื่อเพิ่มความข้นหนืดของผลิตภัณฑ์มากกว่าการใช้กับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความแข็งแรงของเจลสูง

คำสำคัญ: การปรับสภาพวัตถุดิบ, การสกัด, แมงกะพรุน, เจลาติน

ABSTRACT

Effects of alkaline and acid pretreatments on jellyfish (*Lobonema smithii*) gelatin extraction was investigated. The objective of this study was to find the suitable acid solution and the suitable base and acid concentration for jellyfish pretreatments before gelatin extraction. The result showed that type of acid solution and concentration of base and acid affected the quality and quantity of gelatin ($P \leq 0.05$). Sulfuric was suitable for acid pretreatment of jellyfish before gelatin extraction process. The suitable concentration of sodium hydroxide and sulfuric acid for pretreatment of jellyfish were 0.1 M and 0.05 M, respectively. Pretreatment of jellyfish with 0.1 M sodium hydroxide for 30 minutes and 0.05 M sulfuric acid for 30 minutes before gelatin extraction gave 5.18% gelatin (w/w). Gel strength of gelatin was 107.03 grams. The clarity was analyzed by measuring % Transmittance which was administered at 620 nm. The clarity was 65.30. Gel strength and clarity of jellyfish gelatin from this study were lower than the commercial gelatin from bovine. However jellyfish gelatin was safer for consumption than commercial gelatin becauseof disease contamination of animal that produced gelatin. Moreover jellyfish gelatin was an alternative additive for the religious restrictions consumer about the consumption commercial gelatin from pig and bovine. Then gelatin from jellyfish was suitable for using as a thickening agent in the product more than using in the product that needs high gel strength.

Key words: pre-treatment, extraction, Jellyfish, gelatin

บทนำ

เจลาติน (Gelatin) เป็นโปรตีนที่ละลายน้ำที่ได้จากการย่อยสลายบางส่วนของคอลลาเจนด้วยความร้อน ซึ่งในปัจจุบันได้ถูกนำมาใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางในหลายอุตสาหกรรม ทั้งอุตสาหกรรมอาหาร ยา เครื่องสำอางและภาพถ่าย (Karim and Bhat, 2009; Ahmad and Benjakul, 2011; Nikoo *et al*., 2014) ในอุตสาหกรรมอาหารเจลาตินถูกนำมาใช้เป็นส่วนผสมในอาหารเพื่อเป็นสารก่อให้เกิดเจล สารที่ช่วยให้เกิดฟอง สารให้ความข้นหนืด สารให้ความคงตัวและสารอิมัลซิไฟเออร์ เพื่อช่วยปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสและความคงตัวของอาหาร (Shakila *et al*., 2012) ซึ่งเจลาตินที่ผลิต

และจำหน่ายในทางการค้าส่วนใหญ่ผลิตมาจากส่วนหนังและกระดูกของโคและสุกร และมักมีข้อจำกัดในการบริโภคสำหรับบางศาสนา เช่น ศาสนาฮินดูและศาสนาอิสลาม (Koli *et al*., 2012) จึงได้มีการศึกษาการผลิตเจลาตินจากแหล่งวัตถุดิบอื่น เช่น สัตว์น้ำและสัตว์ปีก โดยเฉพาะจากหนังและกระดูกของปลา ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำเพื่อลดข้อจำกัดดังกล่าว แต่เจลาตินเหล่านี้ยังมีข้อจำกัดในการนำไปใช้ เนื่องจากมีค่าความแข็งแรงของเจลและความคงตัวของเจลต่ำกว่าเจลาตินที่ผลิตจากสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม (Kittiphattanabawon *et al*., 2010)

แมงกะพรุน (Jellyfish) เป็นแพลงตอนสัตว์ขนาดใหญ่อยู่ในไฟลัม Cnidaria มีรูปร่างคล้ายระฆัง ร่มหรือจาน พบมากในน่านน้ำแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ แมงกะพรุนที่พบในประเทศไทยและสามารถรับประทานได้มี 2 สายพันธุ์ คือ สายพันธุ์หนัง (*Rhopilema hispidum*) และสายพันธุ์ลอดช่อง (*Lobonema smithii*) โดยพบมากบริเวณทะเลอ่าวไทยและอันดามัน (ลัดดา, 2543; ธรรมวัฒน์, 2552; Omori and Nakano, 2001) แมงกะพรุนมีปริมาณโปรตีน (ในรูปของคอลลาเจน) สูง ให้พลังงานและไขมันต่ำ และประกอบด้วยแร่ธาตุหลายชนิด นอกจากนี้ยังมีสรรพคุณทางยาในการช่วยรักษาและป้องกันการเกิดโรคต่างๆ เช่น โรคข้ออักเสบ ความดันโลหิตสูง อาการปวดหลัง แผลพุพอง โรคหืด อาการท้องผูก ช่วยผ่อนคลายความเหนื่อยล้าและทำให้ผิวหนังอ่อนนุ่มได้ (อิสรี และคณะ, 2552; Ding *et al*., 2011) ปัจจุบันการใช้ประโยชน์จากแมงกะพรุนยังมีไม่มาก ส่วนใหญ่นิยมนำมาแปรรูปโดยการดองน้ำฝาดหรือตากแห้งเพื่อการบริโภค หรือนำมาแปรรูปโดยการดองเกลือและสารส้มแบบดองเค็มในลักษณะกึ่งแห้งส่งขายต่างประเทศซึ่งมีมูลค่าไม่มากนัก ทั้งที่แมงกะพรุนมีปริมาณคอลลาเจนเป็นองค์ประกอบในปริมาณมากซึ่งคอลลาเจนเป็นสารตั้งต้นของเจลาติน เมื่อได้รับความร้อนคอลลาเจนจะเปลี่ยนไปเป็นเจลาติน แมงกะพรุนจึงถือเป็นแหล่งของเจลาตินที่ดี (Nagai *et al*., 2000; Zhuang *et al*., 2010)

การผลิตเจลาตินประกอบด้วยขั้นตอนหลักที่สำคัญคือ การปรับสภาพวัตถุดิบ การสกัด การทำให้บริสุทธิ์และการทำแห้ง จากการศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับการผลิตเจลาตินพบว่าสภาวะในการปรับสภาพวัตถุดิบเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อคุณภาพของเจลาตินที่ผลิตได้ และจะแตกต่างกันสำหรับวัตถุดิบแต่ละชนิด (Yang *et al*., 2008; Hao *et al*., 2009; Nui *et al*., 2013; Nikoo *et al*., 2014) ซึ่งการปรับสภาพวัตถุดิบเป็นขั้นตอนที่ทำให้คอลลาเจนอยู่ในรูปที่เหมาะต่อการสกัดเจลาติน โดยอาจปรับสภาพวัตถุดิบด้วยการแช่วัตถุดิบในสารละลายด่างหรือกรดเพียงอย่างเดียวหรือใช้ร่วมกันก่อนนำไปสกัดด้วยความร้อน ซึ่งพบว่าการปรับสภาพวัตถุดิบด้วยสารละลายด่างและกรดร่วมกันจะทำให้สกัดเจลาตินได้ในปริมาณมากและมีคุณภาพที่ดีกว่าการปรับสภาพวัตถุดิบด้วยสารละลายด่างหรือกรดเพียงอย่างเดียว (Hao *et al*., 2009; Nui *et al*., 2013)

ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้จึงสนใจที่จะศึกษาผลของการปรับสภาพวัตถุดิบด้วยสารละลายด่างและกรดที่มีต่อการสกัดเจลาตินจากแมงกะพรุน โดยศึกษาชนิดของสารละลายกรด ความเข้มข้นของสารละลายด่างและกรดที่เหมาะสมต่อการปรับสภาพแมงกะพรุนก่อนการสกัดเจลาติน เพื่อให้ได้เจลาตินปริมาณมากและมีคุณภาพดี

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมตัวอย่าง

ส่วนร่ม (umbrella) ของแมงกะพรุนดองเค็มสายพันธุ์ลอดช่อง (*Lobonema smithii*) จากผู้ประกอบการในอำเภอสิเกา จังหวัดตรัง ถูกนำมาล้างน้ำให้สะอาดและแช่น้ำทิ้งไว้ 24 ชั่วโมงเพื่อกำจัดเกลือออก (เปลี่ยนถ่ายน้ำทุก 12 ชั่วโมง) เมื่อครบกำหนดเวลา ล้างแมงกะพรุนด้วยน้ำสะอาดอีกครั้งและตรวจสอบปริมาณเกลือในน้ำล้างด้วยเครื่องวัดปริมาณเกลือ (ยี่ห้อ Trans Instruments, รุ่น TI-SAT28, ประเทศสิงคโปร์) โดยให้ค่าปริมาณเกลือที่เหลือมีค่าร้อยละ 0 จากนั้นผึ่งตัวอย่างแมงกะพรุนให้สะเด็ดน้ำบนตะกร้า เก็บตัวอย่างในถุงพลาสติกที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส จนกว่าจะนำไปใช้ในการทดลอง เมื่อต้องการใช้นำมาละลายน้ำแข็งด้วยการแช่น้ำโดยไม่แกะถุงพลาสติกและทำการลดขนาดโดยหั่นเป็นชิ้นขนาด 0.5 x 0.5 เซนติเมตร เพื่อนำไปใช้ในการทดลอง

2. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของแมงกะพรุน

ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของแมงกะพรุนโดยนำตัวอย่างแมงกะพรุนที่เตรียมได้จากข้อ 1 มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น เถ้า โปรตีนและไขมัน ตามวิธีการของ AOAC (2000)

3. การศึกษาชนิดของสารละลายกรดที่เหมาะสมในการปรับสภาพแมงกะพรุนก่อนการสกัดเจลาติน

ทำการปรับสภาพแมงกะพรุนและสกัดเจลาตินจากแมงกะพรุนตามวิธีการที่ดัดแปลงจาก Zhuang *et al*. (2010) และ Ahmad and Benjakul (2011) โดยนำตัวอย่างแมงกะพรุนที่เตรียมได้จากข้อ 1 มาทำการปรับสภาพโดยการแช่แมงกะพรุนในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์อัตราส่วนแมงกะพรุน : สารละลายด่างเท่ากับ 1:10 (น้ำหนัก : ปริมาตร) เขย่าด้วยเครื่องเขย่า (ยี่ห้อ Gerhardt, รุ่น Laboshake, ประเทศเยอรมนี) ที่ความเร็วรอบ 150 รอบ/นาที ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 30 นาที เพื่อกำจัดโปรตีนที่ไม่ใช่คอลลาเจนและเม็ดสีออก เมื่อครบกำหนดเวลาล้างแมงกะพรุนด้วยน้ำไหลจนน้ำล้างมีค่าความเป็นกรด-ด่างเป็นกลาง วางทิ้งไว้ให้สะเด็ดน้ำ แล้วแช่แมงกะพรุนต่อในสารละลายกรดที่ทำการศึกษา 3 ชนิด ได้แก่ สารละลายกรดไฮโดรคลอริก (HCl) สารละลายกรดซัลฟูริก (H_2SO_4) และสารละลายกรดฟอสฟอริก (H_3PO_4) ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์โดยใช้อัตราส่วนแมงกะพรุน : สารละลายกรดเท่ากับ 1:10 (น้ำหนัก:ปริมาตร) เขย่าด้วยเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 150 รอบ/นาที ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 30 นาที เพื่อให้คอลลาเจนเกิดการพองตัว เมื่อครบกำหนดเวลาล้างแมงกะพรุนด้วยน้ำไหลจนน้ำล้างมีค่าความเป็นกรด-ด่างเป็นกลาง วางทิ้งไว้ให้สะเด็ดน้ำ จากนั้นนำแมงกะพรุนมาบดละเอียดด้วยเครื่องบดอาหาร (ยี่ห้อ Sharp, รุ่น ICE, ประเทศไทย) แล้วทำการสกัดเจลาตินด้วยน้ำกลั่น โดยใช้อัตราส่วนแมงกะพรุน : น้ำกลั่นเท่ากับ 1:3 (น้ำหนัก:ปริมาตร) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 6 ชั่วโมง เขย่าสารละลายในระหว่างการสกัดด้วยเครื่องเขย่าที่ความเร็ว 120 รอบ/นาที จากนั้นกรองสารละลายผ่านผ้าขาวบาง 2 ชั้นเพื่อแยกแมงกะพรุนออกนำสารละลายที่ได้ไปเหวี่ยงแยกตะกอน (centrifuge) ด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยง (ยี่ห้อHettich, รุ่น universal 32R, ประเทศเยอรมนี) ที่ความเร็ว 5,000 รอบ/นาที อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็น

เวลา 20 นาที เพื่อแยกตะกอนส่วนที่เหลือออก จากนั้นกรองสารละลายผ่านกระดาษกรองเบอร์ 4 แล้วนำสารละลายเจลาตินที่สกัดได้ไปอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน (ยี่ห้อ memmert, รุ่น ULE 500, ประเทศเยอรมนี) ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสจนน้ำหนักคงที่ ศึกษาเปรียบเทียบปริมาณเจลาตินที่สกัดได้และวิเคราะห์คุณภาพของเจลาติน โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Complete randomized design, CRD) วิเคราะห์ความแปรปรวนโดยใช้ ANOVA (Analysis of Variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างด้วยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test (DMRT)

4. การศึกษาความเข้มข้นของสารละลายด่างและกรดที่เหมาะสมในการปรับสภาพแมงกะพรุน

ทำการปรับสภาพแมงกะพรุนและสกัดเจลาตินจากแมงกะพรุน ตามวิธีการที่ดัดแปลงจาก Zhuang *et al*. (2010) และ Ahmad and Benjakul (2011) โดยนำตัวอย่างแมงกะพรุนที่เตรียมได้จากข้อ 1 มาทำการปรับสภาพโดยการแช่แมงกะพรุนในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.05 0.1 และ 0.2 โมลาร์โดยใช้อัตราส่วนแมงกะพรุน : สารละลายด่างเท่ากับ 1:10 (น้ำหนัก:ปริมาตร) เขย่าด้วยเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 150 รอบ/นาที ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที เพื่อกำจัดโปรตีนที่ไม่ใช่คอลลาเจนและเม็ดสีออก เมื่อครบกำหนดเวลาล้างแมงกะพรุนด้วยน้ำไหลจนน้ำล้างมีค่าความเป็นกรด-ด่างเป็นกลาง วางทิ้งไว้ให้สะเด็ดน้ำ แล้วแช่แมงกะพรุนต่อในสารละลายกรดชนิดที่เหมาะสมที่ได้จากการศึกษาในข้อ 3 ที่ระดับความเข้มข้น 0.05 0.1 และ 0.2 โมลาร์ โดยใช้อัตราส่วนแมงกะพรุน : สารละลายกรดเท่ากับ 1:10 (น้ำหนัก:ปริมาตร) เขย่าด้วยเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 150 รอบ/นาที ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 30 นาที เพื่อให้คอลลาเจนเกิดการพองตัว เมื่อครบกำหนดเวลาล้างแมงกะพรุนด้วยน้ำไหลจนน้ำล้างมีค่าความเป็นกรด-ด่างเป็นกลาง วางทิ้งไว้ให้สะเด็ดน้ำ จากนั้นนำแมงกะพรุนมาบดละเอียดด้วยเครื่องบดอาหาร แล้วทำการสกัดเจลาตินด้วยน้ำกลั่น โดยใช้อัตราส่วนแมงกะพรุน : น้ำกลั่นเท่ากับ 1:3 (น้ำหนัก:ปริมาตร) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 6 ชั่วโมง เขย่าสารละลายในระหว่างการสกัดด้วยเครื่องเขย่าที่ความเร็ว 120 รอบ/นาที จากนั้นกรองสารละลายผ่านผ้าขาวบาง 2 ชั้นเพื่อแยกแมงกะพรุนออก นำสารละลายที่ได้ไปเหวี่ยงแยกตะกอน (centrifuge) ที่ความเร็ว 5,000 รอบ/นาที อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาทีเพื่อแยกตะกอนที่เหลือออก จากนั้นกรองสารละลายผ่านกระดาษกรองเบอร์ 4 แล้วนำสารละลายเจลาตินที่สกัดได้ไปอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสจนน้ำหนักคงที่ ศึกษาเปรียบเทียบปริมาณเจลาตินที่สกัดได้และวิเคราะห์คุณภาพของเจลาตินโดยจัดชุดการทดลองแบบแฟคทอเรียลในแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Factorial in CRD) วิเคราะห์ความแปรปรวนโดยใช้ ANOVA (Analysis of Variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างด้วยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test (DMRT)

5. การศึกษาปริมาณผลผลิตเจลาติน (yield)

คำนวณปริมาณเจลาติน (yield) ที่สกัดได้จากสูตร

$$\text{ปริมาณผลผลิตเจลาติน (ร้อยละ) (\% yield)} = \frac{\text{น้ำหนักของเจลาตินหลังทำแห้ง (กรัม)} \times 100}{\text{น้ำหนักแมงกะพรุนที่ใช้สกัด (กรัม)}}$$

6. การวิเคราะห์คุณภาพเจลาติน

6.1 ค่าความแข็งแรงของเจล (gel strength)

ค่าความแข็งแรงของเจลเจลาตินวิเคราะห์ตามวิธีของ Ahmad and Benjakul (2011) โดยชั่งเจลาติน 6.67 กรัม นำมาละลายด้วยน้ำกลั่นแล้วนำไปแช่ในอ่างน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสนาน 30 นาที คนเป็นระยะเพื่อให้เจลาตินละลายหมด จากนั้นนำสารละลายที่ได้มาปรับปริมาตรให้มีความเข้มข้นร้อยละ 6.67 โดยน้ำหนัก/ปริมาตร เทสารละลายเจลาตินใส่ภาชนะที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร สูง 2.5 เซนติเมตร แล้วนำไปแช่ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 16-18 ชั่วโมง ตรวจวัดค่าความแข็งแรงของเจลเจลาตินด้วยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture analyzer) (ยี่ห้อ Stable micro systems, รุ่น TA.XT.2, ประเทศอังกฤษ) โดยใช้ load cell ขนาด 5 กิโลกรัม หัววัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.27 เซนติเมตร (P/0.5R) อัตราเร็วในการกด 0.5 มิลลิเมตร/วินาที ระยะทางในการกด 4 มิลลิเมตร วัดค่าความแข็งแรงของเจลจากแรงสูงสุดที่ใช้ในการกดเจลให้ผิวหน้าของเจลแตก

6.2 ความใส (Clarity)

ทดสอบความใสของสารละลายเจลาตินตามวิธีของ Koli *et al*. (2012) โดยนำสารละลายเจลาตินความเข้มข้นร้อยละ 6.67 โดยน้ำหนัก/ปริมาตร ไปตรวจวัดค่าการส่องผ่านของแสง (% Transmittance) โดยใช้เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ (ยี่ห้อ Shimadzu, รุ่น UV-1601, ประเทศญี่ปุ่น) ที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร

ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

1. องค์ประกอบทางเคมีของแมงกะพรุน

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแมงกะพรุนดองเค็มสายพันธุ์ลอดช่อง (*Lobonema smithii*) ส่วนร่มที่ผ่านการล้างน้ำเพื่อกำจัดเกลือออก ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 1 จากตารางจะเห็นได้ว่าแมงกะพรุนที่ใช้ในการทดลองมีองค์ประกอบทางเคมีได้แก่ปริมาณความชื้นร้อยละ 93.85 ปริมาณเถ้าร้อยละ 1.09 ปริมาณโปรตีนร้อยละ 3.37 และปริมาณไขมันร้อยละ 0.045 ตามลำดับซึ่งใกล้เคียงกับผลการศึกษาของอิสรีและคณะ (2552) ที่พบว่าแมงกะพรุนดองเค็มสายพันธุ์ลอดช่อง ส่วนร่มที่ผ่านการล้างน้ำเพื่อกำจัดเกลือออกมีปริมาณความชื้นร้อยละ 95.78 ปริมาณเถ้าร้อยละ 0.21 ปริมาณโปรตีนร้อยละ 3.17 และปริมาณไขมันร้อยละ 0.84 ขณะที่สุทธิวัฒน์ (2554) พบว่าแมงกะพรุนดองเค็มสายพันธุ์ลอดช่อง ส่วนร่มที่ผ่านการล้างน้ำเพื่อกำจัดเกลือออกมีปริมาณความชื้นร้อยละ 93.52 ปริมาณเถ้า

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของแมงกะพรุนดองเค็มสายพันธุ์ลอดช่อง ส่วนร่มที่ผ่านการล้างน้ำเพื่อกำจัดเกลือออก

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)
ความชื้น	93.85 ± 0.09
เถ้า	1.09 ± 0.03
โปรตีน	3.37 ± 0.07
ไขมัน	0.045 ± 0.01

หมายเหตุ: ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ

ร้อยละ 0.39 ปริมาณโปรตีนร้อยละ 5.43 และปริมาณไขมันร้อยละ 0.61 จากผลการศึกษาข้างต้นจะเห็นได้ว่าแมงกะพรุนที่นำมาศึกษามีองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกันเล็กน้อยทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากการมีแหล่งของวัตถุดิบกรรมวิธีการดองเค็ม และรูปแบบการเก็บรักษาวัตถุดิบหลังการดองเค็มที่แตกต่างกันทำให้แมงกะพรุนมีองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกัน ซึ่งแมงกะพรุนที่นำมาใช้ในการทดลองอยู่ในลักษณะดองเค็มโดยแช่อยู่ในสารละลายเกลืออิ่มตัว จึงอาจทำให้ปริมาณเถ้าสูงกว่าแมงกะพรุนที่ศึกษาโดยอิสรี และคณะ (2552) และ สุทธิวัฒน์ (2554) อย่างไรก็ตามพบว่าแมงกะพรุนที่นำมาใช้ในการทดลองมีปริมาณไขมันใกล้เคียงกับแมงกะพรุน *Stomolophus meleagris* ส่วนร่มดองเค็มที่ผ่านการล้างน้ำเพื่อกำจัดเกลือออกที่พบว่ามีปริมาณไขมันน้อยกว่าร้อยละ 0.01 (Hsieh *et al*., 2001)

2. ผลการศึกษาชนิดของสารละลายกรดที่เหมาะสมในการปรับสภาพแมงกะพรุนก่อนการสกัดเจลาติน

การศึกษาชนิดของสารละลายกรดที่เหมาะสมในการปรับสภาพแมงกะพรุน พิจารณาจากปริมาณและคุณภาพของเจลาตินที่สกัดได้ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 2 และ 3

จากผลการศึกษาในตารางที่ 2 เมื่อพิจารณาผลของการปรับสภาพแมงกะพรุนที่ผ่านการแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์แล้วแช่ต่อในสารละลายกรดที่ต่างชนิดกันต่อปริมาณเจลาตินที่สกัดได้พบว่าปริมาณเจลาตินจากแมงกะพรุนที่สกัดได้มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 2.89-6.20 โดยน้ำหนัก และพบว่าชนิดของสารละลายกรดที่ใช้ในการปรับสภาพแมงกะพรุนก่อนการสกัดเจลาตินมีผลต่อปริมาณเจลาตินที่สกัดได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยการปรับสภาพแมงกะพรุนด้วยการแช่ในสารละลายกรดซัลฟูริกให้ปริมาณเจลาตินที่สกัดได้สูงสุด รองลงมาคือการปรับสภาพด้วยการแช่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริก ขณะที่การปรับสภาพแมงกะพรุนด้วยการแช่ในสารละลายกรดฟอสฟอริกได้ปริมาณเจลาตินที่สกัดได้ต่ำสุด ซึ่งผลการทดลองดังกล่าวอาจเป็นผลเนื่องมาจากการที่กรดแต่ละชนิดที่ทำการศึกษามีค่าคงที่การแตกตัวของไอออนที่ต่างกัน โดยกรดซัลฟูริกเป็นกรดที่มีฤทธิ์ความเป็นกรดสูงสุด รองลงมาคือกรดไฮโดรคลอริกและกรดฟอสฟอริกตามลำดับ ส่งผลให้ที่ความเข้มข้นระดับเดียวกันสารละลายกรดซัลฟูริกจะมีความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน (H^+) มากกว่าจึงมีค่าความเป็นกรด-ด่างที่ต่ำกว่าเมื่อเทียบกับสารละลายกรดไฮโดรคลอริกและฟอสฟอริก เมื่อ

ตารางที่ 2 ผลการปรับสภาพแมงกะพรุนด้วยสารละลายกรดที่ต่างชนิดกันต่อปริมาณเจลาตินที่สกัดได้

ชนิดสารละลายกรด	ปริมาณเจลาติน (ร้อยละโดยน้ำหนัก)
สารละลายกรดไฮโดรคลอริก	4.65 ± 0.26^{b}
สารละลายกรดซัลฟูริก	6.20 ± 0.26^{a}
สารละลายกรดฟอสฟอริก	2.89 ± 0.17^{c}

หมายเหตุ: ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ
ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันตามแนวตั้ง แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

แช่ตัวอย่างแมงกะพรุนในสารละลายกรดซัลฟูริก จึงมีผลทำให้เกิดการทำลายพันธะที่ไม่ใช่พันธะโควาเลนท์ที่เชื่อมต่อในโมเลกุลของคอลลาเจนได้มากกว่า ทำให้โครงสร้างของคอลลาเจนเกิดการคลายตัว น้ำสามารถแทรกเข้าไปภายในโมเลกุลของคอลลาเจน ทำให้วัตถุดิบเกิดการพองตัว การละลายของคอลลาเจนขณะสกัดจึงออกมาได้ง่ายขึ้น (Gomez-Guilien and Montero, 2001; Kittiphathabawon, 2004) และค่าความเป็นกรด-ด่างที่ต่ำช่วยให้วัตถุดิบมีค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมต่อการสกัด ซึ่งจะส่งผลต่อค่าความเป็นกรด-ด่างสุดท้ายในระหว่างการสกัดเจลาติน โดยค่าความเป็นกรด-ด่างที่ต่ำจะช่วยให้การสกัดเจลาตินเกิดขึ้นในอัตราที่สูง (Gomez-Guilien and Montero, 2001; Kittiphathabawon, 2004; Adman and Benjakul, 2011) ดังนั้นการปรับสภาพวัตถุดิบแมงกะพรุนด้วยการแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์แล้วแช่ต่อในสารละลายกรดซัลฟูริกจึงให้ประสิทธิภาพในการสกัดสูงสุด คือ สามารถสกัดเจลาตินได้ในปริมาณมากเมื่อเทียบกับการปรับสภาพแมงกะพรุนด้วยการแช่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกและกรดฟอสฟอริก ผลการศึกษาดังกล่าวสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Admad and Benjakul (2011) ที่ศึกษาพบว่าการปรับสภาพหนังปลาวัว (*Aluterus monoceros*) ด้วยการแช่หนังปลาในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.1 โมลาร์เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วแช่ต่อในสารละลายกรด 2 ชนิดที่ทำการศึกษาคือกรดฟอสฟอริกและกรดอะซิติกที่ระดับความเข้มข้น 0.2 โมลาร์ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วสกัดด้วยน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 และ 8 ชั่วโมง พบว่าการปรับสภาพหนังปลาด้วยการแช่ในสารละลายกรดฟอสฟอริกให้ปริมาณเจลาตินที่สกัดได้สูงกว่า ทั้งนี้เนื่องจากกรดฟอสฟอริกมีความแรงของไอออน (Ionic strenge) มากกว่ากรดอะซิติก จึงทำให้สกัดเจลาตินออกมาได้ในปริมาณที่มากกว่า

จากผลการศึกษาในตารางที่ 3 เมื่อพิจารณาผลของการปรับสภาพแมงกะพรุนที่ผ่านการแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์แล้วแช่ต่อในสารละลายกรดที่ต่างชนิดกันต่อคุณภาพของเจลาตินที่สกัดได้ จะเห็นได้ว่าชนิดของสารละลายกรดที่ใช้ในการปรับสภาพแมงกะพรุนก่อนการสกัดเจลาตินมีผลต่อค่าความแข็งแรงของเจลเจลาติน และค่าความใสของสารละลายเจลาตินที่สกัดได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยพบว่าการปรับสภาพแมงกะพรุนด้วยการแช่

ตารางที่ 3 ผลการปรับสภาพแมงกะพรุนด้วยสารละลายกรดที่ต่างชนิดกันต่อคุณภาพของเจลาตินที่สกัดได้

ชนิดสารละลายกรด	ค่าความแข็งแรงของเจล (กรัม)	ค่าความใส (% Transmittance)
สารละลายกรดไฮโดรคลอริก	107.38 ± 2.81^{b}	37.24 ± 0.91^{b}
สารละลายกรดซัลฟูริก	98.57 ± 1.40^{c}	79.02 ± 0.58^{a}
สารละลายกรดฟอสฟอริก	120.86 ± 1.01^{a}	27.83 ± 0.86^{c}

หมายเหตุ: ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 5 ซ้ำ
ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันตามแนวตั้ง แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ในสารละลายกรดฟอสฟอริกให้เจลาตินที่มีค่าความแข็งแรงของเจลสูงสุด รองลงมาคือการปรับสภาพด้วยการแช่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกและการปรับสภาพด้วยการแช่ในสารละลายกรดซัลฟูริกตามลำดับ ซึ่งการที่เจลาตินที่สกัดได้จากแมงกะพรุนที่ปรับสภาพด้วยการแช่ในสารละลายกรดซัลฟูริกมีค่าความแข็งแรงของเจลต่ำสุดนั้นอาจเป็นผลเนื่องมาจากความแตกต่างของค่าคงที่การแตกตัวของไอออนของชนิดสารละลายกรดที่นำมาศึกษา โดยกรดซัลฟูริกมีฤทธิ์ความเป็นกรดสูงสุด ที่ระดับความเข้มข้นเดียวกันจึงมีจำนวนของไฮโดรเจนไอออน (H^+) มากกว่ากรดชนิดอื่นๆ ทำให้มีค่าความเป็นกรด-ด่างที่ต่ำกว่า และมีผลทำให้วัตถุดิบมีค่าความเป็นกรด-ด่างที่ต่ำกว่าวัตถุดิบที่ปรับสภาพด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกและกรดฟอสฟอริกตามลำดับ ซึ่งจะมีผลต่อค่าความเป็นกรด-ด่างสุดท้ายขณะที่ทำการสกัด โดยการสกัดในสภาวะที่ค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำจะช่วยให้อัตราการสกัดเกิดขึ้นได้มากแต่จะมีผลในการทำลายสมบัติทางกายภาพอันเนื่องมาจากการเพิ่มจำนวนของโปรตีนที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ (Gomez-Guillen and Montero, 2001) ดังนั้นแม้ว่าการปรับสภาพแมงกะพรุนด้วยสารละลายกรดซัลฟูริกจะให้ปริมาณเจลาตินที่สกัดได้สูงสุดแต่จะมีสมบัติทางกายภาพคือค่าความแข็งแรงของเจลเจลาตินต่ำสุดเมื่อเทียบกับการปรับสภาพแมงกะพรุนด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกและกรดฟอสฟอริกตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าความใสพบว่าเจลาตินจากแมงกะพรุนที่ปรับสภาพด้วยสารละลายกรดซัลฟูริกมีค่าความใสสูงสุด รองลงมาคือเจลาตินจากแมงกะพรุนที่ปรับสภาพด้วยสารละลายกรดไฮโรคลอริกและสารละลายกรดฟอสฟอริกตามลำดับ ซึ่งการปรับสภาพแมงกะพรุนก่อนการสกัดด้วยสารละลายกรดซัลฟูริกให้เจลาตินที่มีค่าความใสสูงสุดนั้นเป็นผลเนื่องมาจากการมีฤทธิ์ความเป็นกรดที่สูงกว่าเมื่อเทียบกับกรดไฮโดรคลอริกและกรดฟอสฟอริกตามลำดับ จึงสามารถกำจัดโปรตีนที่ละลายในกรด ไขมัน รวมถึงองค์ประกอบอื่นๆ ที่ไม่ต้องการออกจากวัตถุดิบได้ดีกว่า จึงให้เจลาตินที่มีความใสมากกว่า (Nui *et al*., 2013)

จากผลการศึกษาข้างต้นจะเห็นได้ว่าสารละลายกรดแต่ละชนิดที่ศึกษามีค่าคงที่การแตกตัวของไอออนที่ต่างกัน ดังนั้นที่ความเข้มข้นระดับเดียวกันสารละลายกรดแต่ละชนิดจะมีจำนวนของไฮโดรเจนไอออน (H^+) ที่แตกต่างกันจึงให้ผลต่อวัตถุดิบในระหว่างการปรับสภาพที่ต่างกัน และมีผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่างสุดท้ายในระหว่างการสกัดที่แตกต่างกัน ซึ่งนำไปสู่ปริมาณและคุณภาพของเจลาตินที่สกัดได้ต่างกัน (Zhou and Regenstein, 2005) อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาจากปริมาณเจลาตินและคุณภาพของเจลาตินที่สกัดได้ จึงเลือกใช้สารละลายกรดซัลฟูริกในการปรับสภาพแมงกะพรุนก่อนการสกัดเจลาติน โดยแม้ว่าเจลาตินที่สกัดได้จะมีค่าความแข็งแรงของเจลไม่สูงมากนัก แต่ให้ปริมาณเจลาตินที่สกัดได้มากกว่าและมีค่าความใสที่มากกว่า ซึ่งค่าความใสถือเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งที่มีผลต่อการนำเจลาตินไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์ประกอบกับเมื่อพิจารณาจากความยากง่ายในการสกัด จึงเลือกใช้สารละลายกรดซัลฟูริกในการปรับสภาพแมงกะพรุนเพื่อใช้สำหรับการศึกษาในขั้นตอนต่อไป โดยจะศึกษาถึงระดับความเข้มข้นของสารละลายด่างและกรดที่เหมาะสมต่อการปรับสภาพแมงกะพรุนเพื่อให้ได้เจลาตินที่มีปริมาณมากและมีคุณภาพดี

3. ผลการศึกษาความเข้มข้นของสารละลายด่างและกรดที่เหมาะสมในการปรับสภาพแมงกะพรุนก่อนการสกัดเจลาติน

การศึกษาความเข้มข้นของสารละลายด่างและกรดที่เหมาะสมในการปรับสภาพแมงกะพรุน พิจารณาจากปริมาณและคุณภาพของเจลาตินที่สกัดได้ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4 และ 5

จากผลการศึกษาในตารางที่ 4 เมื่อพิจารณาผลของความเข้มข้นของสารละลายด่างและกรดที่ใช้ในการปรับสภาพแมงกะพรุนก่อนการสกัดที่มีต่อปริมาณเจลาตินที่สกัดได้ จะเห็นได้ว่าความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และสารละลายกรดซัลฟูริกที่ใช้ในการปรับสภาพแมงกะพรุนก่อนการสกัดเจลาตินมีผลต่อปริมาณเจลาตินที่สกัดได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยพบว่าเมื่อความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และสารละลายกรดซัลฟูริกเพิ่มขึ้นปริมาณเจลาตินที่สกัดได้มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากระดับความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และสารละลายกรดซัลฟูริกที่ใช้ในการทดลองอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการสกัดเจลาติน โดยเมื่อความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เพิ่มขึ้นสามารถกำจัดโปรตีนที่ไม่ใช่คอลลาเจนรวมถึงสารสีต่างๆ ออกมาได้มากขึ้น ขณะเดียวกันความเข้มข้นของกรดซัลฟูริกที่เพิ่มขึ้นก็มีผลทำให้เกิดการทำลายพันธะที่ไม่ใช่พันธะโคลาเลนท์ ทำให้เกิดการคลายตัวและสูญเสียโครงสร้างของคอลลาเจน ทำให้แมงกะพรุนเกิดการพองตัวได้มากขึ้น คอลลาเจนจึงถูกสกัดและละลายออกมาได้ง่ายขึ้น ผลการ

ตารางที่ 4 ผลของความเข้มข้นของสารละลายด่างและกรดที่ใช้ในการปรับสภาพแมงกะพรุนก่อนการสกัดที่มีต่อปริมาณเจลาตินที่สกัดได้

ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (โมลาร์)	ความเข้มข้นของสารละลายกรดซัลฟูริก (โมลาร์)	ปริมาณเจลาติน (ร้อยละโดยน้ำหนัก)
0.05	0.05	3.54 ± 0.22^{e}
	0.1	4.42 ± 0.13^{d}
	0.2	4.86 ± 0.50^{cd}
0.1	0.05	5.18 ± 0.24^{bc}
	0.1	5.34 ± 0.25^{bc}
	0.2	7.54 ± 0.65^{a}
0.2	0.05	5.63 ± 0.23^{b}
	0.1	7.66 ± 0.02^{a}
	0.2	7.86 ± 0.10^{a}

หมายเหตุ: ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ
ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันตามแนวตั้ง แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ศึกษาดังกล่าวสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Zhou and Regenstein (2005) ที่พบว่าการปรับสภาพหนังปลา Alaska Pollock ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์หรือแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$) เพียงอย่างเดียวที่ระดับความเข้มข้นต่ำกว่า 0.5 โมลาร์ จะช่วยกำจัดโปรตีนที่ไม่ใช่คอลลาเจนและไม่ก่อให้เกิดการสูญเสียคอลลาเจนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อปรับสภาพหนังปลาด้วยการแช่ในสารละลาย $Ca(OH)_2$ 0.2 โมลาร์ แล้วแช่ต่อในสารละลายกรด 3 ชนิดที่ทำการศึกษา คือ กรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดซัลฟูริก ที่ระดับความเข้มข้น 0.01-0.1 โมลาร์ พบว่าปริมาณเจลาตินที่สกัดได้มีปริมาณน้อยเมื่อความเข้มข้นของสารละลายกรดต่ำกว่า 0.05 โมลาร์ และปริมาณเจลาตินที่สกัดได้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของสารละลายกรดมากกว่า 0.05 โมลาร์ ขณะที่ Kittiphattanabawon (2004) ศึกษาการสกัดเจลาตินจากหนังปลาตาหวาน (*Priacanthus tayenus*) พบว่าการปรับสภาพหนังปลาที่ผ่านการแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.025 โมลาร์ นาน 1 ชั่วโมง 2 ครั้ง ด้วยสารละลายกรดอะซิติกหรือสารละลายกรดซิตริกที่ความเข้มข้น 0.05 0.1 และ 0.2 โมลาร์ เมื่อความเข้มข้นของสารละลายกรดเพิ่มขึ้น ปริมาณเจลาตินที่สกัดได้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและสอดคล้องกับการพองตัวของหนังปลาที่เพิ่มมากขึ้น

จากผลการศึกษาในตารางที่ 5 เมื่อพิจารณาผลของความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และสารละลายกรดซัลฟูริกที่ใช้ในการปรับสภาพแมงกะพรุนก่อนการสกัด

ตารางที่ 5 ผลของความเข้มข้นของสารละลายด่างและกรดที่ใช้ในการปรับสภาพแมงกะพรุนก่อนการสกัดที่มีต่อคุณภาพของเจลาตินที่สกัดได้

ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (โมลาร์)	ความเข้มข้นของสารละลายกรดซัลฟูริก (โมลาร์)	ค่าความแข็งแรงของเจล (กรัม)	ค่าความใส (% Transmittance)
0.05	0.05	106.52 ± 2.36^{b}	58.18 ± 0.96^{f}
	0.1	117.20 ± 1.42^{a}	58.75 ± 1.00^{f}
	0.2	96.43 ± 2.27^{c}	61.58 ± 0.45^{e}
0.1	0.05	107.03 ± 2.24^{b}	65.30 ± 0.60^{d}
	0.1	83.26 ± 2.55^{d}	68.65 ± 0.42^{c}
	0.2	50.89 ± 2.57^{e}	69.34 ± 0.43^{c}
0.2	0.05	93.48 + 2.56c	69.14 + 0.16c
	0.1	33.34 + 1.69f	82.30 + 0.24b
	0.2	30.96 + 1.77f	84.58 + 0.32a
Bovine gelatin		434.94 ± 2.81	93.75 ± 0.18

หมายเหตุ: ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 5 ซ้ำ
ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันตามแนวตั้ง แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ต่อคุณภาพของเจลาตินที่สกัดได้ จะเห็นได้ว่าความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และสารละลายกรดซัลฟูริกที่ใช้ในการปรับสภาพแมงกะพรุนก่อนการสกัดเจลาตินมีผลต่อค่าความแข็งแรงของเจลเจลาตินและค่าความใสของสารละลายเจลาตินที่สกัดได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยพบว่าเมื่อความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และสารละลายกรดซัลฟูริกเพิ่มขึ้นค่าความแข็งแรงของเจลเจลาตินที่สกัดได้มีแนวโน้มลดลง ขณะที่ค่าความใสของสารละลายเจลาตินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ทั้งนี้แม้ว่าความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และสารละลายกรดซัลฟูริก ที่เพิ่มขึ้นจะมีผลให้สามารถสกัดเจลาตินได้ในปริมาณที่มากขึ้น แต่ในทางกลับกันความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และสารละลายกรดซัลฟูริกที่เพิ่มขึ้นอาจมีผลในการไฮโดรไลซ์โมเลกุลของคอลลาเจนมากเกินพอจนทำให้เกิดการสูญเสียคุณสมบัติทางกายภาพ ผลการศึกษาดังกล่าวสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Gudmundsson and Hafsteinsson (1997) ที่ศึกษาผลของการปรับสภาพหนังปลาคอดต่อปริมาณและคุณภาพของเจลาตินที่สกัดได้ โดยการแช่หนังปลาคอดในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 0.1-0.4 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร แล้วแช่ต่อในสารละลายกรดซัลฟูริกที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1-0.4 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร และสารละลายกรดซิตริกที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.4-1.4 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร พบว่าความเข้มข้นของไฮดรอกไซด์ไอออน (OH^-) และไฮโดรเจนไอออน (H^+) มีผลต่อปริมาณและคุณภาพของเจลาตินที่สกัดได้ โดยเจลาตินจะมีค่าความแข็งแรงของเจลสูงเมื่อความเข้มข้นของสารละลายด่างและกรดต่ำ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Hao *et al*. (2009) ที่พบว่าการปรับสภาพหนังปลาสเตอร์เจียน (*Acipenser baeri*) ด้วยสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.025 โมลาร์ แล้วแช่ต่อในสารละลายกรด 3 ชนิดที่ทำการศึกษา ได้แก่ กรดอะซิติก กรดซิตริก กรดซัลฟูริก ที่ระดับความเข้มข้น 0.01-0.2 โมลาร์ เมื่อความเข้มข้นของสารละลายกรดเพิ่มขึ้นเจลาตินที่สกัดได้มีค่าความแข็งแรงของเจลเพิ่มขึ้นจนถึงที่ระดับความเข้มข้นหนึ่ง หลังจากนั้นเมื่อความเข้มข้นของกรดเพิ่มขึ้นเจลาตินที่สกัดได้กลับมีค่าความแข็งแรงของเจลลดลง และจากผลการศึกษาพบว่าเมื่อความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และสารละลายกรดซัลฟูริกเพิ่มขึ้นค่าความใสของสารละลายเจลาตินที่สกัดได้เพิ่มขึ้นตามไปด้วย ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องจากความเข้มข้นของสารละลายด่างและสารละลายกรดที่เพิ่มขึ้นจึงมีผลในการกำจัดโปรตีนที่ไม่ใช่คอลลาเจนสารสี โปรตีนที่ละลายในกรด ไขมัน รวมถึงสารประกอบอื่นที่ไม่ต้องการออกได้มากขึ้น ทำให้เจลาตินที่ได้มีความใสเพิ่มขึ้น ผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับผลการทดลองของ Gudmundsson and Hafsteinsson (1997) ที่พบว่าเมื่อความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และสารละลายกรดซัลฟูริกที่ใช้ในการปรับสภาพหนังปลาคอดอยู่ในช่วงร้อยละ 0.2-0.3 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เจลาตินที่ได้จะมีความใสและเจลาตินจะขุ่นเมื่อความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และสารละลายกรดซัลฟูริกที่ใช้ในการปรับสภาพหนังปลาคอดต่ำกว่าร้อยละ 0.2 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร

ดังนั้นจากการศึกษาในข้างต้นเมื่อพิจารณาจากปริมาณและคุณภาพของเจลาตินที่

สกัดได้ จึงเลือกใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ และสารละลายกรดซัลฟูริกที่ระดับความเข้มข้น 0.05 โมลาร์ในการปรับสภาพตัวอย่างแมงกะพรุนก่อนการสกัดเจลาติน เนื่องจากให้ปริมาณเจลาตินที่สกัดได้ในระดับปานกลาง และยังคงมีค่าความแข็งแรงของเจลในระดับที่สูงเมื่อเทียบกับเจลาตินที่สกัดได้จากการปรับสภาพแมงกะพรุนด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และสารละลายกรดซัลฟูริกที่ระดับความเข้มข้นอื่น ๆ และมีค่าความใสอยู่ในระดับปานกลาง อย่างไรก็ดีเมื่อเปรียบเทียบคุณภาพของเจลาตินที่สกัดได้จากแมงกะพรุนกับเจลาตินจากกระดูกวัวที่จำหน่ายในทางการค้าพบว่าเจลาตินจากแมงกะพรุนมีค่าความแข็งแรงของเจลและค่าความใสที่ต่ำกว่า ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Cheow *et al*. (2007) ที่พบว่าเจลาตินจากหนังปลาจวด (*Johnius dussumieri*) และปลาทูแขก (*Decapterus macrosoma*) มีค่าความแข็งแรงของเจลต่ำกว่าเจลาตินจากวัว ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากความแตกต่างของปริมาณกรดอะมิโนที่เป็นองค์ประกอบ โดยเฉพาะไฮดรอกซีโปรลีนที่มีมากในเจลาตินจากสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมและมีผลต่อค่าความแข็งแรงของเจลเจลาติน เช่นเดียวกับ Cho *et al*. (2004) ที่พบว่าเจลาตินจากแมงกะพรุน *Rhopilema hispidum* มีค่าความแข็งแรงของเจลน้อยกว่าเจลาตินจากวัวและสุกร ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากปริมาณของกรดอะมิโนไกลซีน ไฮดรอกซีโปรลีน และโปรลีนที่มีน้อยซึ่งมีผลต่อความเสถียรของโครงสร้างของเจลาติน นอกจากนี้ในการศึกษาได้ทำแห้งเจลาตินด้วยลมร้อนซึ่งอาจมีผลให้โปรตีนเกิดการเสียสภาพ มีผลให้คุณสมบัติการเกิดเจลลดลง (Gudmundsson and Hafsteinsson, 1997) เจลาตินจากแมงกะพรุนจึงมีค่าความแข็งแรงของเจลต่ำกว่าเจลาตินจากกระดูกวัว และความร้อนที่ใช้ในการทำแห้งอาจมีผลให้สีของเจลาตินเข้มขึ้นรวมถึงทำให้โปรตีนที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่บางส่วนเกิดการจับตัวกันเป็นกลุ่มในระหว่างการทำแห้ง จึงมีผลให้เจลาตินที่สกัดได้มีค่าความใสที่ต่ำกว่าเจลาตินทางการค้าดังกล่าว (Cho *et al*., 2004)

สรุป

จากการศึกษาผลของชนิดสารละลายกรดความเข้มข้นของสารละลายด่างและกรดที่ใช้ในการปรับสภาพแมงกะพรุนที่มีต่อปริมาณและคุณภาพของเจลาตินที่สกัดได้ พบว่าชนิดของสารละลายกรดที่ใช้ในการปรับสภาพแมงกะพรุนก่อนการสกัดเจลาตินมีผลต่อปริมาณและคุณภาพของเจลาตินที่สกัดได้ และให้ผลที่แตกต่างกันสำหรับสารละลายกรดแต่ละชนิด ทั้งนี้ขึ้นกับความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน (H^+) ที่มีในสารละลายกรดแต่ละชนิด โดยชนิดของสารละลายกรดที่เหมาะสมต่อการปรับสภาพแมงกะพรุนก่อนการสกัดเจลาตินคือสารละลายกรดซัลฟูริก และพบว่าความเข้มข้นของสารละลายด่างและกรดใช้ในการปรับสภาพแมงกะพรุนก่อนการสกัดเจลาตินมีผลต่อปริมาณและคุณภาพของเจลาตินที่สกัดได้ โดยเมื่อความเข้มข้นของสารละลายด่างและกรดเพิ่มขึ้นปริมาณเจลาตินที่สกัดได้และค่าความใสของเจลาตินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ขณะที่ค่าความแข็งแรงของเจลเจลาตินมีแนวโน้มลดลง ซึ่งความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และความเข้มข้นของสารละลายกรดซัลฟูริกที่เหมาะสมต่อการปรับสภาพแมงกะพรุนคือ 0.1 โมลาร์และ 0.05 โมลาร์ตามลำดับ ดังนั้นการปรับสภาพแมงกะพรุนก่อน

สกัดเจลาตินที่เหมาะสม คือ การแช่แมงกะพรุนในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ นาน 30 นาที แล้วแช่ต่อในสารละลายกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.05 โมลาร์ นาน 30 นาที ก่อนการสกัด จะให้เจลาตินที่มีปริมาณมากและมีคุณภาพดีสามารถนำไปใช้ประโยชน์เพื่อปรับปรุงคุณภาพเนื้อสัมผัสของอาหารได้ แต่ยังคงมีคุณภาพที่ด้อยกว่าเจลาตินจากกระดูกวัวที่จำหน่ายทางการค้า ดังนั้นเจลาตินจากแมงกะพรุนจึงเหมาะกับการนำไปใช้เพื่อเพิ่มความข้นหนืดของผลิตภัณฑ์มากกว่าการใช้กับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความแข็งแรงของเจลสูง

เอกสารอ้างอิง

ธรรมวัฒน์ คล้ายวงษ์. 2552. การสกัดและเปรียบเทียบสมบัติของคอลลาเจนจากแมงกะพรุนสายพันธุ์หนังและสายพันธุ์ลอดช่อง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ลัดดา วงศ์รัตน์. 2543. **แพลงก์ตอนสัตว์.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุทธิวัฒน์ แซ่ฮ้อ. 2554. การผลิตผงโปรตีนเข้มข้นจากแมงกะพรุนและการประยุกต์ใช้. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

อิสรี กล่อมแฟง, เบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์ และณัฏฐา เลาหกุลจิตต์. 2552. ผลของกรดอะซิติก กรดซิตริก และน้ำมะนาวต่อองค์ประกอบและสมบัติของโปรตีนสกัดเข้มข้นจากแมงกะพรุนสายพันธุ์หนัง (*Rhopilema hispidum*) และสายพันธุ์ลอดช่อง (*Lobonema smithii*), น. 751-759. *ใน* **รายงานการประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 47 (สาขาอุตสาหกรรมเกษตร).** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ ฯ.

Ahmad, M. and Benjakul, S. 2011. Characteristics of gelatin from the skin of unicorn leatherjacket (*Aluterus monoceros*) as influenced by acid pretreatment and extraction time. **Food Hydrocolloids** 25(3): 381-388.

AOAC. 2000. **Official Methods of Analysis**. 17th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington D.C.

Cheow, C.S., Norizah, M.S., Kyaw, Z.Y. and Howell, N.K. 2007. Preparation and characterisation of gelatins from the skins of sincroaker (*Johnius dussumieri*) and shortfinscad (*Decapterus macrosoma*). **Food Chemistry** 101(1): 386-391.

Cho, S.M., Kwak, K.S., Park, D.C., Gu, Y.S., Ji, C.I., Jang, D.H., Lee, Y.B. and Kim, S.B. 2004. Processing optimization and functional properties of gelatin from shark (*Isrus oxyrinchus*) cartilage. **Food Hydrocolloid** 18(4): 573-579.

Ding, J.F., Li, Y.Y., Xu, J.J., Su, X.R., Gao, X. and Yue, F.P. 2011. Study on effect of jellyfish collagen hydrolysate on anti-fatigue and anti-oxidation. **Food Hydrocolloids** 25(5): 1350-1353.

Gomez-Guillen, M.C. and Montero, M.P. 2001. Extraction of gelatin from megrim

(*Lepidorhombus boscii*) skins with several organic acids. **Journal of Food Science** 66 (2): 213-216.

Gudmundsson, M. and Hafsteinsson, H. 1997. Gelatin from cod skins as affected by chemical treatments. **Journal of Food Science** 62(1): 37-39.

Hao, S., Li, L., Yang, X., Cen, J., Shi, H., Bo, Q. and He, J. 2009. The characteristics of gelatin extracted from sturgeon (*Acipenser baeri*) skin using various pretreatments. **Food Chemistry** 115(1): 124-128.

Hsieh, Y-H.P., Leong, F.M. and Rudloe, J. 2001. Jellyfish as food. **Hydrobiologia** 451(1-3): 11–17.

Karim, A.A. and Bhat, R. 2009. Review; Fish gelatin : properties, challengers and prospects as an alternative to mammalian gelatins. **Food Hydrocolloids** 23(3): 563-576.

Kittiphattanabawon, P. 2004. Extraction and characterization of collagen and gelatin from Bigeye snapper (*Priacanthus tayenus*) skin and bone. M.S. Thesis, Prince of Songkla Univercity.

Kittiphattanabawon, P., Benjakul, S., Visessanguan, W. and Shahidi, M. 2010. Comparative study on characteristics of gelatin from the skins of brownbanded bamboo shark and blacktip shark as affected by extraction conditions. **Food Hydrocolloids** 24(2-3): 164-171.

Koli, J.M., Basu, S., Nayak, B.B., Patange, S.B., Pagarkar A.U. and Gudipati V. 2012. Functional charactristics of gelatin extracted from skin and bone of Tiger-toothed croaker (*Otolithes ruber*) and pink perch (*Nemipterus japonicus*). **Food and Bioproducts Processing** 90(3): 555-562.

Nagai, T., Worawattanamateekul, W., Suzuki, N., Nakamura, T., Ito, T., Fujiki, K., Nakao, M. and Yano, T. 2000. Isolation and characterization of collagen from rhizostomous jellyfish (*Rhopilema asamushi*). **Food Chemistry** 70(2): 205-208.

Nikoo, M., Benjakul, S., Bashari, M., Alekhorshied, M., Cissouma, A.I., Yang, N. and Xu, X. 2014. Phisicochemical properties of skin gelatin from farmed Amur sturgeon (*Acipenser schrenckii*) as influenced by acid pretreatment. **Food Bioscience** 5: 19-26.

Nui, L., Zhou, X., Yuan, C., Bai, Y., Lai, K., Yang, F. and Huang, Y. 2013. Characterization of tilapia (*Oreochromis niloticus*) skin gelatin extracted with alkaline and different acid pretreatments. **Food Hydrocolloids** 33(2): 336-341.

Omori, M. and Nakano, E. 2001. Jellyfish fisheries in southeast asia. **Hydrobiologia** 451(1-3): 19-26.

Shakila, R.J., Jeevithan, E., Varatharajakumar, A., Jeyasekaran, G. and Sukumar, D. 2012. Functional characterization of gelatin

extracted from bones of red snapper and grouper in comparison with mammalian gelatin. **LWT-Food Science and Technology** 48(1): 30-36.

Yang, H., Wang, Y., Zhou, P. and Regenstein, J. M. 2008. Effects of alkaline and acid pretreatment on the physical properties and nanostructures of the gelatin from channel catfish skins. **Food Hydrocolloids** 22(8): 1541-1550.

Zhou, P. and Regenstein, J.M. 2005. Effect of alkaline and acid pretreatments on Alaska Pollock skin gelatin extraction. **Journal of Food Science** 70(6): C392-C396.

Zhuang, Y.L., Sun, L.P., Zhao, X., Hou, H. and Li, B.F. 2010. Investigation of gelatin polypeptides of jellyfish (*Rhopilema esculentum*) for their antioxidant activity in vitro. **Food Technology and Biotechnology** 48(2): 222-228.