

ผลของการกำจัดหมู่แอสिटิลของกลูโคแมนแนนจากหัวบุก

ต่อลักษณะเฉพาะของเจลซูริมิปลาทรายแดง

Effects of Deacetylation of Konjac Glucomannan on Characteristics of Threadfin Bream Surimi Gels

ศุภิสรา พิสุทธิโกศล และวารังกณา สมพงษ์*

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

Supissara Phisutthigosa and Warangkana Sompongse*

Department of Food Science and Technology, Faculty of Science and Technology,
Thammasat University, Rangsit Centre, Khlong Nueng, Khlong Luang, Pathum Thani 12120

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้กลูโคแมนแนนจากหัวบุก (KGM) ที่ผ่านการกำจัดหมู่แอสिटิลในระดับที่ต่างกันต่อสมบัติการเกิดเจลของซูริมิปลาทรายแดง (*Nemipterus hexodon*) ศึกษาการเตรียม KGM โดยแปรความเข้มข้นของ NaOH ในการทำปฏิกิริยา 3 ระดับ ได้แก่ 0, 0.01 และ 1.0 mol/L พบว่าตัวอย่างมีร้อยละการกำจัดหมู่แอสिटิล 0, 64.08±1.47 และ 93.49±1.04 (D2) ตามลำดับ การวิเคราะห์โครงสร้างและองค์ประกอบของโมเลกุลโดยใช้เทคนิค FT-IR พบว่าตัวอย่าง D2 ไม่มีพีคปรากฏที่ 1,730 cm^{-1} ซึ่งเป็นพีคที่แสดงถึงหมู่ C=O ของหมู่แอสिटิล และพบว่าตัวอย่าง D2 มีค่าการละลายและค่าความขุ่นน้อยที่สุด เมื่อนำตัวอย่าง KGM ที่มีระดับการกำจัดหมู่แอสिटิลต่างกัน 3 ระดับ มาศึกษาผลของการกำจัดหมู่แอสिटิลต่อการเกิดเจลของซูริมิปลาทรายแดง เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมที่ไม่เติม KGM พบว่าเจลซูริมิที่มีการเติม KGM ที่มีร้อยละการกำจัดหมู่แอสिटิล 93.49±1.04 (D2) มีค่าความแข็งแรงของเจลสูงที่สุดและมีค่าร้อยละการสูญเสีย น้ำต่ำที่สุด นอกจากนี้ยังพบโครงสร้างระดับจุลภาคที่อัดตัวกันแน่น มีความเป็นระเบียบและมีช่องว่างขนาดเล็กกว่าตัวอย่างอื่น ๆ โดยการเติมกลูโคแมนแนนจากหัวบุกที่มีระดับการกำจัดหมู่แอสिटิลต่างกัน ไม่ทำให้องค์ประกอบหน่วยย่อยของโปรตีนต่างจากตัวอย่างควบคุม

คำสำคัญ : ซูริมิปลาทรายแดง; กลูโคแมนแนนจากหัวบุก; การกำจัดหมู่แอสिटิล; สมบัติการเกิดเจล

Abstract

The objective of this research was to investigate the effects of deacetylation of konjac glucomannan (KGM) on gel forming ability of threadfin bream (*Nemipterus hexodon*) surimi gels.

*ผู้รับผิดชอบบทความ : warang@tu.ac.th

Sodium hydroxide solutions with different concentrations (0, 0.01 and 1.0 mol/L) were used for deacetylation of KGM. Different degrees of KGM deacetylation were obtained at 0, 64.08±1.47 and 93.49±1.04 % (D2). Molecular structure of KGM was determined by FT-IR spectroscopy. The result showed that FT-IR spectra of D2 sample was completely disappeared at 1,730 cm⁻¹, which assigned to the group of C=O of acetyl groups. In addition, D2 sample had the lowest solubility and whiteness. Then, different degrees of KGM deacetylation were added to the threadfin bream surimi for comparison with a control (without KGM). It was found that surimi gel with D2 had the highest gel strength, and the lowest expressible water. The microstructure of surimi appeared that the addition of D2 resulted in more compact and uniform microstructures with smaller voids, comparing with the others. SDS-PAGE of surimi with different degrees of deacetylation showed no changes in protein subunit structure from its control gel.

Keywords: threadfin bream surimi; konjac glucomannan; deacetylation; gel forming ability

1. บทนำ

ปัจจุบันสภาพสังคมในเมืองหลายแห่งเปลี่ยนแปลงไป เมืองมีการขยายตัว ครอบครัวมีขนาดเล็กลง ผู้คนใช้ชีวิตด้วยความเร่งรีบมากขึ้น อาหารพร้อมรับประทาน (ready to eat) จึงได้รับความนิยมมากขึ้น เนื่องจากหาซื้อได้ง่าย สะดวกในการรับประทาน เหมาะสำหรับการดำเนินชีวิตของคนในปัจจุบัน ประกอบกับในปัจจุบันผู้บริโภคหันมาใส่ใจสุขภาพมากยิ่งขึ้น หลีกเลี่ยงการบริโภคอาหารที่มีปริมาณไขมันสูง ดังนั้นการบริโภคเนื้อปลาจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ เนื่องจากเนื้อปลามีปริมาณไขมันต่ำและมีโปรตีนสูง โดยนอกจากใช้เนื้อปลาสดเป็นวัตถุดิบในการผลิตอาหารพร้อมรับประทานแล้ว ยังนิยมใช้ซูริมิ (surimi) หรือเนื้อปลาบดแช่เยือกแข็งเป็นวัตถุดิบในการผลิตอีกด้วย โดยซูริมิ คือ ผลิตภัณฑ์เนื้อปลาบดที่ผ่านการล้างด้วยน้ำเพื่อขจัดไขมันและองค์ประกอบที่ละลายได้ ซึ่งส่วนใหญ่ ได้แก่ โปรตีนที่ละลายน้ำได้ และมีปริมาณไขมันต่ำ [1] การใช้ซูริมิเป็นวัตถุดิบมีข้อดี คือ ผู้ผลิตไม่จำเป็นต้องเตรียมเนื้อปลาทุกวัน ประหยัดเวลาและค่าใช้จ่าย สามารถสำรองวัตถุดิบที่ใช้ได้ในปริมาณมาก และเป็นเวลานาน [2] นอกจากนี้

ซูริมียังมีคุณลักษณะที่โดดเด่น คือ มีเนื้อสีขาว มีรสชาติ กลิ่นคาวปลาต่ำ และที่สำคัญยังสามารถตัดแปรเพื่อสร้างเนื้อสัมผัส [1] มีการศึกษาการปรับปรุงคุณภาพเจลซูริมิโดยเติมสารปรับปรุงคุณภาพเจล เช่น แป้งโคโตซาน [3] รวมถึงมีการใช้ไฮโดรคอลลอยด์ เช่น กลูโคแมนแนนจากหัวบุก (konjac glucomannan, KGM) [4] ตลอดจนสามารถปรุงแต่งกลิ่นรสเพื่อให้มีคุณลักษณะตามที่ต้องการ ผลิตภัณฑ์แปรรูปจากซูริมิ ได้แก่ ลูกชิ้นปลา เต้าหู้ปลา เนื้อปูเทียม คามาโบโกะ เป็นต้น

กลูโคแมนแนนจากหัวบุกได้มาจากส่วนหัวของ *Amorphophallus konjac* C. Koch เป็น พอลิแซ็กคาไรด์ตามธรรมชาติที่มีประจุเป็นกลาง ซึ่งสามารถละลายน้ำ กลูโคแมนแนนจากหัวบุกมีโครงสร้างสายโซ่หลักประกอบด้วยหน่วยย่อยของน้ำตาลกลูโคสและแมนโนสอัตราส่วน 1 : 1.6 [5] เชื่อมต่อกันด้วยพันธะไกลโคไซด์ (glycosidic bond) ที่ตำแหน่ง β-1,4 และมีสายโซ่ข้างเป็นหมู่แอสิติลร้อยละ 5-10 กระจายตัวอยู่ทั่วไปบนสายโมเลกุลของกลูโคแมนแนน มีงานวิจัยที่ศึกษาการใช้สารปรับปรุงคุณภาพเจลซูริมิ โดยงานวิจัยของ Zhang และคณะ

[4] พบว่าการใช้กลูโคแมนแนน จากหัวบุกที่ผ่านกระบวนการกำจัดหมู่แอซิติล (deacetylation) สามารถช่วยปรับปรุงคุณภาพของเจลซูริมิจากปลาอลาสก้าพอลล็ค (เกรด AAA) อย่างไรก็ตาม พบว่างานวิจัยที่มีการใช้กลูโคแมนแนน จากหัวบุกที่ผ่านการกำจัดหมู่แอซิติลในการปรับปรุงคุณภาพของเจลซูริมียังมีค่อนข้างน้อยมาก และยังไม่มีการรายงานการใช้กลูโคแมนแนนจากหัวบุกที่ผ่านการกำจัดหมู่แอซิติลกับซูริมิจากปลาชนิดอื่น

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติการเกิดเจลของซูริมิปลาทรายแดงโดยการใช้กลูโคแมนแนนจากหัวบุกที่ผ่านการกำจัดหมู่แอซิติลในระดับที่ต่างกัน โดยวัดค่าความแข็งแรงของเจล (gel strength) ค่าร้อยละการสูญเสียน้ำ (% expressible water) ค่าความขาว (whiteness) วิเคราะห์องค์ประกอบหน่วยย่อยของโปรตีนและโครงสร้างระดับจุลภาค

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 สารเคมีและวัตถุดิบ

กลูโคแมนแนนจากหัวบุกซื้อจากบริษัทไทยฟูด แอนด์ เคมิคอล จำกัด ซูริมิแช่เยือกแข็งจากปลาทรายแดง (*Nemipterus hexodon*) ซื้อจากบริษัทอันดามัน ซูริมิอินดัสทรี จำกัด จังหวัดสมุทรสาคร และเก็บที่อุณหภูมิ -18±2 องศาเซลเซียส ก่อนนำมาใช้

2.2 การศึกษาการเตรียมกลูโคแมนแนนจากหัวบุกที่มีระดับการกำจัดหมู่แอซิติลต่างกัน

2.2.1 การเตรียมกลูโคแมนแนนจากหัวบุก

ชั่งกลูโคแมนแนนจากหัวบุก 30 กรัม ลงขวดรูปชมพู่ แล้วเติมเอทานอลที่มีความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยปริมาตร 150 มิลลิลิตร ให้ความร้อนโดยใช้อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Heto รุ่น SBD50, DK) ที่ 40 องศาเซลเซียส พร้อมเขย่าตลอดเวลาด้วยความเร็วรอบ 150 rpm เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นเติมสารละลาย NaOH ลงไปทันที โดยแปรความเข้มข้น

ของสารละลาย NaOH 3 ระดับ ได้แก่ 0, 0.01 และ 1 mol/L ตามลำดับ แล้วเขย่าต่ออีก 24 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาแล้วล้างกลูโคแมนแนนจากหัวบุกด้วยเอทานอลที่มีความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยปริมาตร กรองผ่านผ้าขาวบาง และทำซ้ำจนกว่า pH ของตัวอย่างจะเป็นกลาง แล้วล้างตัวอย่างด้วยเอทานอลที่มีความเข้มข้นร้อยละ 75, 95 และเอทานอลบริสุทธิ์ ตามลำดับ เพื่อดึงน้ำออกจากตัวอย่าง จากนั้นนำไปอบแห้งภายใต้สภาวะสุญญากาศ โดยใช้อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ตามวิธีการของ Du และคณะ [6] การเปลี่ยนแปลงปริมาณ NaOH ทำให้ได้กลูโคแมนแนนที่มีระดับการกำจัดหมู่แอซิติลต่างกัน

2.2.2 การประเมินค่าร้อยละการกำจัดหมู่แอซิติล

วิเคราะห์ระดับการกำจัดหมู่แอซิติลของกลูโคแมนแนนจากหัวบุกโดยการไตเตรตตามวิธีการของ Chen และคณะ [7] โดยชั่งตัวอย่างกลูโคแมนแนนจากหัวบุกที่ผ่านการทำแห้ง 2 กรัม ลงในขวดรูปชมพู่ แล้วเติมเอทานอลที่มีความเข้มข้นร้อยละ 75 โดยปริมาตร 50 มิลลิลิตร ให้ความร้อนโดยใช้อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 40 องศาเซลเซียส พร้อมเขย่าตลอดเวลาด้วยความเร็วรอบ 150 rpm เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นเติม 0.5 M NaOH 5 มิลลิลิตร คนให้เข้ากัน เขย่าต่ออีก 24 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาแล้วนำตัวอย่างมาทำให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง และไตเตรตกลับด้วย 0.1 M HCl โดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์เพื่อบอกจุดยุติ ทำ blank (ตัวอย่างที่ไม่เติมกลูโคแมนแนนจากหัวบุก) ควบคู่ไปด้วย จากนั้นคำนวณร้อยละของหมู่ แอซิติลจากสมการดังต่อไปนี้

$$\omega_0 (\%) = \frac{(V_2 - V_1) \times N_{HCl} \times M_{acetyl}}{m_s} \times 100$$

โดยที่ ω_0 คือ ร้อยละของหมู่แอซิติล; V_1 คือ ปริมาตรของ HCl ที่ใช้ในการไตเตรตของตัวอย่าง (ลิตร); V_2 คือ ปริมาตรของ HCl ที่ใช้ในการไตเตรตของ blank (ลิตร); N_{HCl} คือ ความเข้มข้นของ HCl ที่ใช้ในการไตเตรต

(molar); M_{acetyl} คือ มวลโมเลกุลของหมู่แอซิติล (43 กรัม/โมล); m_s คือ น้ำหนักของตัวอย่างกลูโคแมนแนนจากหัวบุก (กรัม)

การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของ NaOH ที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา ทำให้ได้กลูโคแมนแนนจากหัวบุกที่มีระดับการกำจัดหมู่แอซิติลที่แตกต่างกัน คำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$DD (\%) = \frac{\omega_0 - \omega}{\omega_0} \times 100$$

โดยที่ ω_0 คือ ร้อยละของหมู่แอซิติลของกลูโคแมนแนนจากหัวบุกที่ไม่ผ่านการกำจัดหมู่แอซิติล (native KGM); ω คือ ร้อยละของหมู่แอซิติลของกลูโคแมนแนนจากหัวบุกที่ผ่านการกำจัดหมู่แอซิติล (deacetylated KGM)

2.2.3 การประเมินโครงสร้างและองค์ประกอบของโมเลกุลโดยใช้เทคนิค Fourier transform infrared spectroscopy (FT-IR)

เตรียมตัวอย่างกลูโคแมนแนนจากหัวบุกโดยวิธี KBr disc แล้ววัดตัวอย่างโดยใช้เครื่อง Fourier transform infrared spectrometer (Perkin Elmer รุ่น Spectrum GX, USA) ที่ resolution 4 cm^{-1} ในช่วง 4,000-400 cm^{-1} [6]

2.2.4 การวัดค่าการละลาย (solubility)

ซึ่งตัวอย่างกลูโคแมนแนนจากหัวบุก 0.1 กรัม เติมตัวอย่างลงในบีกเกอร์ที่มีน้ำแข็งบด 24.9 กรัม แล้วแช่บีกเกอร์ในอ่างน้ำผสมน้ำแข็งที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส พร้อมคนตลอดเวลา เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จนน้ำแข็งละลายหมด แล้วนำตัวอย่างไปหมุนเหวี่ยงด้วยความเร็ว 4,000 rpm เป็นเวลา 20 นาที เพื่อแยกส่วนที่ละลายได้และไม่ได้ออกจากกัน ซึ่งสารละลายส่วนบน 10 กรัม และนำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จนกว่าน้ำหนักจะคงที่ แล้วคำนวณหาความสามารถในการละลายดังสมการต่อไปนี้ [8]

ความสามารถในการละลาย (ร้อยละ) = $\frac{(m \times 2.5)}{w} \times 100$
โดยที่ m คือ น้ำหนักของตัวอย่างในส่วนที่ละลายได้

10 กรัม ภายหลังจากการอบ (กรัม); W คือ น้ำหนักของตัวอย่างกลูโคแมนแนนจากหัวบุกทั้งหมด (กรัม)

2.2.5 การวัดค่าความขาว (whiteness)

ซึ่งตัวอย่าง 10 กรัม ใส่ถ้วยแก้วควอทซ์ แล้ววางบนเครื่องวัดค่าสี (HunterLab รุ่น ColorFlex CX2687, USA) โดยใช้แหล่งกำเนิดแสงมาตรฐาน D65 มุมตกกระทบ 10 ° อ่านค่าความสว่าง (L^*) ค่าความเป็นสีแดง (a^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) จากนั้นคำนวณหาค่าความขาวดังสมการต่อไปนี้ [4]

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

2.3 การศึกษาผลของกลูโคแมนแนนจากหัวบุกที่มีการกำจัดหมู่แอซิติลต่อการเกิดเจลของซูริมิปลาทรายแดง

2.3.1 การเตรียมเจลซูริมิ

นำซูริมิแช่เยือกแข็งมาละลายน้ำแข็ง โดยเก็บรักษาที่ห้องแช่เย็นอุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง แล้วนำมาปั่นเป็นลูกเต๋าน้ำขนาด 1×1×1 เซนติเมตร นำซูริมิที่ปั่นเป็นลูกเต๋ามา สับผสม (Bosch รุ่น MCM64060, Slovenia) โดยเติมเกลือร้อยละ 2.5 ของน้ำหนักเนื้อปลา และเติมน้ำแข็ง โดยปรับตามปริมาณความชื้นให้ได้ปริมาณความชื้นของซูริมิที่ร้อยละ 80 ใช้เวลาสับผสมทั้งหมด 4 นาที นำซูริมิเพสที่ได้มาอัดใส่ใส่เซลลูโลส ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร แล้วนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำไปต้มที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที นำไปทำให้เย็นในอ่างน้ำผสมน้ำแข็งเป็นเวลา 10 นาที เพื่อให้ตัวอย่างมีอุณหภูมิกึ่งกลาง 10±2 องศาเซลเซียส แล้วนำไปเก็บรักษาที่ห้องแช่เย็นอุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส เพื่อรอการวิเคราะห์ต่อไป โดย control คือ เจลซูริมิที่ไม่เติมกลูโคแมนแนนจากหัวบุก SD0 คือ เจลซูริมิที่เติมกลูโคแมนแนนจากหัวบุกที่ไม่

ผ่านการกำจัดหมู่แอลซิติล SD1 และ SD2 คือ เจลซูริมิที่เติมผงกลูโคแมนแนนจากหัวบุกสูตร D1 และ D2 ร้อยละ 2 ตามลำดับ

2.3.2 การวัดค่าความแข็งแรงของเจล

ตัดตัวอย่าง 25 มิลลิเมตร วิเคราะห์ลักษณะทางเนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่อง texture analyzer (Stable Micro Systems รุ่น TA-XT2i, UK) หัววัด cylinder probe (P/5s) อ่านค่าแรงที่ทำให้เจลแตกและระยะทางในการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง แล้วคำนวณความแข็งแรงของเจลตามวิธีการของ Sutloet และ Sompongse [9]

2.3.3 การวัดค่าร้อยละการสูญเสียน้ำ

หั่นตัวอย่างเจลซูริมิให้มีขนาด 0.5 x 1.0 x 0.5 เซนติเมตร แล้วชั่งน้ำหนักตัวอย่างโดยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง จากนั้นวางตัวอย่างระหว่างกระดาษกรอง Whatman® No.4 โดยวางกระดาษกรองด้านล่าง 1 ชั้น ด้านบน 1 ชั้น แล้วใช้ตุ้มน้ำหนักมาตรฐานทับเป็นเวลา 2 นาที ชั่งน้ำหนักตัวอย่างโดยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง คำนวณค่าร้อยละการสูญเสียน้ำดังสมการต่อไปนี้ [9]

$$\text{การสูญเสียน้ำ (ร้อยละ)} = \left[\frac{\text{น้ำหนักเจลก่อนทับ} - \text{น้ำหนักเจลหลังทับ}}{\text{น้ำหนักเจลก่อนทับ}} \right] \times 100$$

2.3.4 การวัดค่าความขาว

ตัดตัวอย่าง 25 มิลลิเมตร แล้ววัดค่าความขาวตามวิธีการเช่นเดียวกับที่บรรยายในข้อ 2.2.5

2.2.5 การวิเคราะห์องค์ประกอบหน่วยย่อยของโปรตีน

โดยวิธี SDS-PAGE ตามวิธีการของ Sutloet และ Sompongse [9]

2.2.6 การวิเคราะห์โครงสร้างระดับจุลภาค

ใช้เครื่อง scanning electron microscope (JEOL รุ่น JSM-5410LV) ตามวิธีการของ Sutloet และ Sompongse [9]

2.4 การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (randomized complete block designs) ทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวน ANOVA (analysis of variance) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์

3.1 การศึกษาการเตรียมกลูโคแมนแนนจากหัวบุกที่มีระดับการกำจัดหมู่แอลซิติลต่างกัน

3.1.1 ค่าร้อยละการกำจัดหมู่แอลซิติล

ผลการไตเตรตพบว่ากลูโคแมนแนนจากหัวบุกที่ไม่ผ่านการกำจัดหมู่แอลซิติล (D0) มีร้อยละของหมู่แอลซิติล 4.69 ± 0.07 ตัวอย่างที่เติมสารละลาย NaOH ที่มีความเข้มข้น 0.01 (D1) และ 1.0 (D2) mol/L เพื่อทำปฏิกิริยามีร้อยละการกำจัดหมู่แอลซิติล 64.08 ± 1.47 (D1) และ 93.49 ± 1.04 (D2) ตามลำดับ อาจกล่าวได้ว่าการเติม NaOH ในปริมาณที่มากขึ้นในการทำปฏิกิริยา ทำให้ได้กลูโคแมนแนนที่มีระดับการกำจัดหมู่แอลซิติลสูงขึ้นตามลำดับ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Du และคณะ [6] ที่พบว่าการเพิ่มปริมาณต่างทำให้กลูโคแมนแนนจากหัวบุกมีระดับการกำจัดหมู่แอลซิติลที่สูงขึ้น

3.1.2 การประเมินโครงสร้างและองค์ประกอบของโมเลกุลโดยใช้เทคนิค FT-IR

การใช้เทคนิค FT-IR เพื่อตรวจสอบการหายไปของหมู่แอลซิติลจากโครงสร้างของกลูโคแมนแนนจากหัวบุก (รูปที่ 1) โดยดูจากพีคของสเปกตรัมที่ 1730 cm^{-1} ซึ่งเป็นพีคที่แสดงถึงหมู่คาร์บอนิล (C=O) [10] รูปที่ 2 พบว่าตัวอย่าง D2 ไม่มีพีคปรากฏที่ $1,730 \text{ cm}^{-1}$ สอดคล้องกับข้อมูลที่ได้จาก

การไตเตรตที่พบว่าตัวอย่าง D2 มีระดับการกำจัดหมู่แอสिटิลสูงที่สุด นอกจากนี้ผลยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Du และคณะ [6] ที่พบว่าตัวอย่างที่มีร้อยละการกำจัดหมู่แอสिटิล 80.51 ± 0.30 และ 98.28 ± 0.16 ไม่มีพีคของ C=O ปรากฏที่ $1,730 \text{ cm}^{-1}$

3.1.3 ค่าการละลาย

ตารางที่ 1 พบว่าทั้ง 3 ตัวอย่าง มีค่าการละลายแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) ค่าการละลายของตัวอย่างลดลงเมื่อมีระดับการกำจัดหมู่แอสिटิลเพิ่มขึ้น โดยตัวอย่าง D0 มีค่าการละลายสูงที่สุด ขณะที่ตัวอย่าง D2 มีค่าการละลายต่ำที่สุด สอดคล้องกับงานวิจัยของ Du และคณะ [6] ที่พบว่าการละลายของ

ตัวอย่างลดลงเมื่อมีระดับการกำจัดหมู่แอสिटิลที่มากขึ้น โดยลดลงอย่างเห็นได้อย่างชัดเจนในตัวอย่างที่มีร้อยละการกำจัดหมู่แอสिटิล 98.28 ± 0.16 ซึ่งมีค่าร้อยละการละลาย 31.68 ± 1.56 และงานวิจัยของ Gao และ Nishinari [12] ที่พบว่ากลูโคแมนจากหัวบุกที่ผ่านการเติมหมู่แอสिटิล (acetylated konjac glucomannan) มีความสามารถในการจับน้ำเพื่อสร้าง homogeneous aqueous dispersion โดยใช้เวลาที่สั้นกว่ากลูโคแมนที่ไม่ผ่านการเติมหมู่แอสिटิล นั้นหมายความว่าหมู่แอสिटิลอาจช่วยส่งเสริมการละลายน้ำของกลูโคแมนจากหัวบุกได้

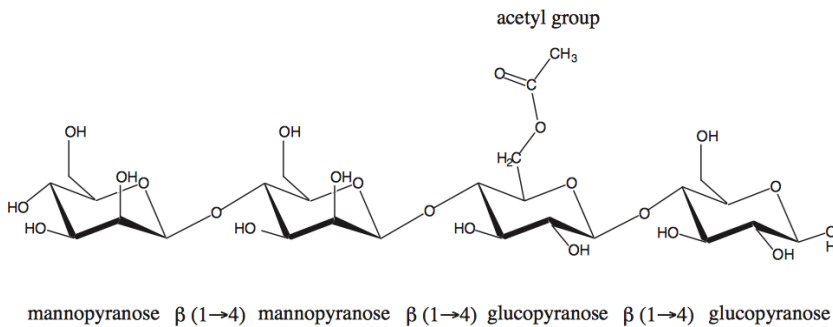


Figure 1 Konjac glucomannan structure [11]

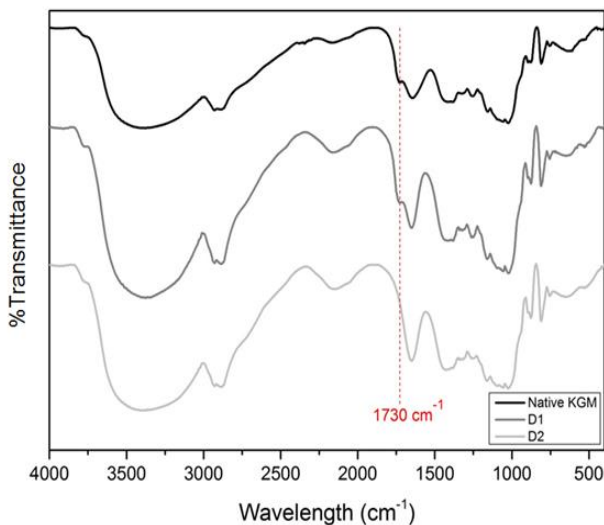


Figure 2 FT- IR spectra of konjac glucomannan with different degrees of deacetylation

Table 1 Solubility and whiteness of konjac glucomannan with different degrees of deacetylation

| Samples | Degrees of deacetylation (%) | Solubility (%) | Whiteness |
|-----------------|------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| D0 (native KGM) | 0 | 83.20±3.79 ^a | 63.62±0.53 ^b |
| D1 | 64.08±1.47 | 81.14±4.32 ^b | 65.31±0.58 ^a |
| D2 | 93.49±1.04 | 32.08±3.53 ^c | 59.49±0.77 ^c |

Mean ± SD (n = 5); ^{a, b, c} Different superscripts in the same column indicate significant differences (p ≤ 0.05)

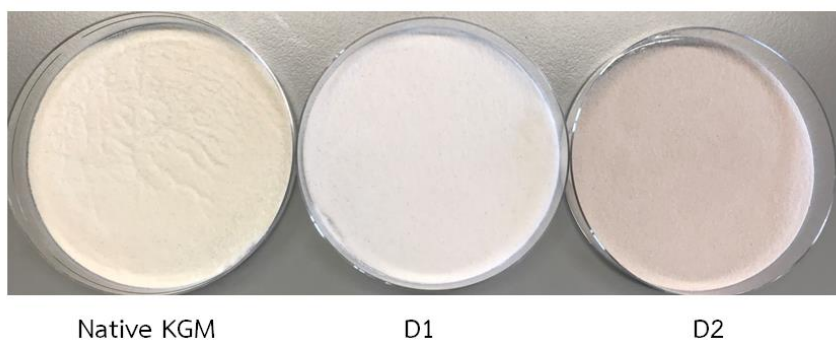


Figure 3 Konjac glucomannan powder with different degrees of deacetylation

3.1.4 ค่าความขาว

ตารางที่ 1 พบว่าทั้ง 3 ตัวอย่าง มีความขาวแตกต่างกัน (p < 0.05) ตัวอย่าง D1 มีความขาวสูงที่สุด ขณะที่ตัวอย่าง D2 มีความขาวต่ำที่สุด เห็นได้ว่าการใช้สารละลาย NaOH ที่มีความเข้มข้นสูงขึ้นในการทำปฏิกิริยา ทำให้ได้กลูโคแมนแนนที่มีความสว่างลดลง ดังรูปที่ 3 สอดคล้องกับงานวิจัยของ Solo-de-Zaldivar และคณะ [13] ที่พบว่าเจลกลูโคแมนแนนจากหัวบุกที่ผ่านการกำจัดหมู่เอซิติลโดยใช้ NaOH ที่มีความเข้มข้น 1 mol/L มีความขาวต่ำกว่าเจลที่ผ่านการกำจัดหมู่เอซิติลโดยใช้ NaOH ที่มีความเข้มข้น 0.6 mol/L อย่างมีนัยสำคัญ

3.2 การศึกษาผลของกลูโคแมนแนนจากหัวบุกที่มีการกำจัดหมู่เอซิติลต่อการเกิดเจลของซูริมิปลาทรายแดง

3.2.1 ค่าความแข็งแรงของเจล

การเติมกลูโคแมนแนนจากหัวบุกที่มีระดับการกำจัดหมู่เอซิติลต่างกัน 3 ระดับ (D0, D1 และ D2) ในซูริมิปลาทรายแดง ทำให้ได้เจลซูริมิสูตร SD0, SD1 และ SD2 พบว่าเจลซูริมิสูตร SD2 มีความแข็งแรงของเจลสูงที่สุด และมีค่ามากกว่าสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ (p < 0.05, รูปที่ 4) การที่เจลซูริมิสูตร SD2 ซึ่งเป็นสูตรที่มีการเติมกลูโคแมนแนนที่มีระดับการกำจัดหมู่เอซิติลสูงสุดมีความแข็งแรงของเจลมากกว่าสูตร SD1 และ SD2 อาจเนื่องจากการกำจัดหมู่เอซิติลออกจากโมเลกุลของกลูโคแมนแนนช่วยลดความเกะกะ (steric hindrance) ที่มาจากหมู่เอซิติล ทำให้สายโซ่ของกลูโคแมนแนนมีพื้นที่ในการเกิดอันตรกิริยากันได้มากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นการเกิดพันธะไฮโดรเจนหรือ hydrophobic interaction เพื่อ

สร้าง junction zone แล้วเกิดเจลที่สามารถกักเก็บน้ำไว้ [14] ดังนั้นอาจเป็นไปได้ว่าเมื่อมีการกำจัดหมู่แอสิติลมากขึ้น ทำให้กลูโคแมนแนนมีโอกาสที่จะเกิดโครงสร้างที่สานกันได้อย่างแข็งแรงมากกว่า นอกจากนี้เมื่อมีความเคาะที่มาจากหมู่แอสิติลน้อยลง ทำให้โปรตีนสามารถสร้างโครงสร้างร่างแหที่แข็งแรงมากกว่าตัวอย่างเจล SD0 และ SD1 ที่เติมกลูโคแมนแนนที่มีระดับการกำจัดหมู่แอสิติลที่น้อยกว่า

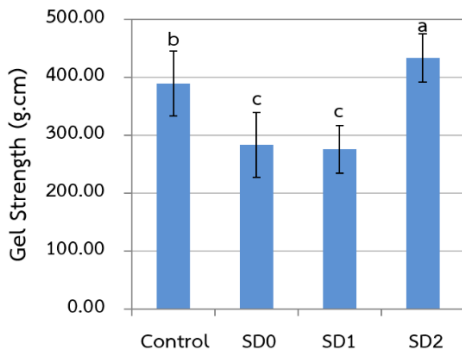


Figure 4 Gel strength of the surimi gels treated with different degrees of deacetylation of konjac glucomannan. Bars represent the standard deviation (n = 8). Different letters on each bar indicate significant differences ($p \leq 0.05$).

3.2.2 ค่าร้อยละการสูญเสียน้ำ

รูปที่ 5 พบว่าเจลซูริมิสูตร SD2 มีค่าร้อยละการสูญเสียน้ำต่ำที่สุด อาจเนื่องจากตัวอย่าง SD2 มีความแข็งแรงของเจลสูงที่สุด เมื่อโครงสร้างของเจลแข็งแรง จึงสามารถกักเก็บน้ำไว้ในโครงสร้างการเติมกลูโคแมนแนนจากหัวบุกทั้งที่ไม่ผ่านและผ่านการกำจัดหมู่แอสิติลทำให้ตัวอย่างเจลมีค่าร้อยละการสูญเสียน้ำลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$, รูปที่ 5) เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม ทั้งนี้อาจเนื่องจากกลูโคแมนแนนจากหัวบุกมีสมบัติในการ

ละลายน้ำและเกิดโครงสร้างเจลได้ จึงสามารถช่วยกักเก็บน้ำไว้ในโครงสร้าง

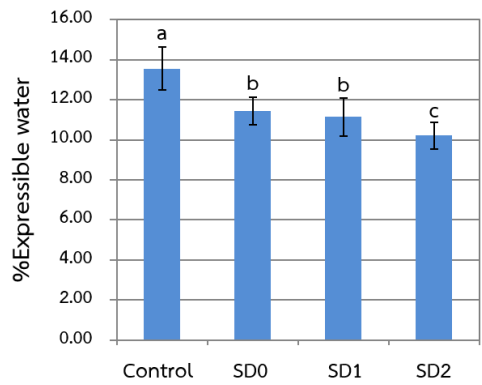


Figure 5 % Expressible water of the surimi gels treated with different degrees of deacetylation of konjac glucomannan. Bars represent the standard deviation (n = 5). Different letters on each bar indicate significant differences ($p \leq 0.05$).

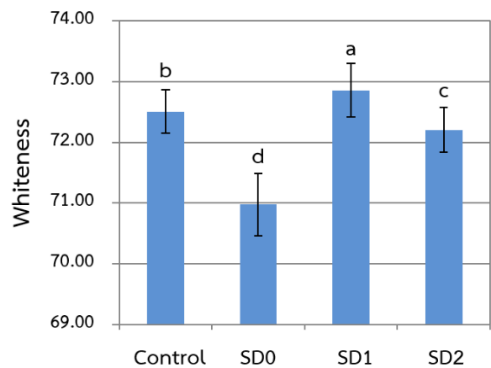


Figure 6 Whiteness of the surimi gels treated with different degrees of deacetylation of konjac glucomannan. Bars represent the standard deviation (n = 5). Different letters on each bar indicate significant differences ($p \leq 0.05$).

3.2.3 ค่าความขาว

เจลซูริมิสูตร SD1 มีค่าความขาวสูงที่สุด และมีค่ามากกว่าสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$, รูปที่ 6) การที่ตัวอย่าง SD1 มีค่าความขาวมากกว่าตัวอย่าง SD0 และ SD2 เนื่องจากผงกลูโคแมนจากหัวบุกสูตร D1 ที่ใช้เติมลงในซูริมิสูตร SD1 นี้ มีค่าความขาวสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับผงกลูโคแมนจากหัวบุกสูตร D0 และ D2 (ตารางที่ 1)

3.2.4 องค์ประกอบหน่วยย่อยของโปรตีน

การศึกษาองค์ประกอบหน่วยย่อยของโปรตีนของตัวอย่างควบคุมเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่เติมกลูโคแมนจากหัวบุกที่มีระดับการกำจัดหมู่-แอสิติลต่างกัน พบว่าการเติมกลูโคแมนจากหัวบุกที่มีระดับการกำจัดหมู่-แอสิติลต่างกันไม่ทำให้องค์ประกอบหน่วยย่อยของโปรตีนต่างจากตัวอย่างควบคุม แถบความเข้มของโปรตีน myosin heavy chain และ actin ของทุกตัวอย่างไม่ต่างกัน แสดงดังรูปที่ 7 ทั้งนี้ อาจเนื่องจากกลูโคแมนจากหัวบุกไม่ได้เกิดอันตรกิริยากับโปรตีน เกิดแต่เพียงโครงสร้างเจลที่กระจายตัวแล้วแทรกเข้าไปใน matrix ของโปรตีน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Sutloet และ Sompongse [9]

3.2.5 โครงสร้างระดับจุลภาค

การศึกษาโครงสร้างระดับจุลภาคของเจลซูริมิ (รูปที่ 8) พบว่าตัวอย่างควบคุมมีโครงสร้างร่างแหที่เรียงตัวกันอยู่อย่างหลวม ๆ มีช่องว่างขนาดใหญ่ ไม่ค่อยสม่ำเสมอ แต่เห็นได้ว่าเมื่อมีการเติมกลูโคแมนจากหัวบุกทั้งที่ไม่ผ่านหรือผ่านการกำจัดหมู่-แอสิติล ทำให้เจลมีโครงสร้างร่างแหที่แน่นและเป็นระเบียบมากขึ้น มีช่องว่างขนาดเล็กลงเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม และเห็นชัดเจนว่าตัวอย่าง SD2 มีการเชื่อมต่อของโครงสร้างร่างแหที่มีความเป็นระเบียบ มีการสานตัวกันแน่น ละเอียด และมีช่องว่างขนาดเล็กกว่าตัวอย่างอื่น ๆ ซึ่งสอดคล้องกับค่าความแข็งแรง

ของเจลที่มีค่าสูงที่สุด นอกจากนี้ผลการทดลองยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Zhang และคณะ [4] ที่ศึกษาผลของการกำจัดหมู่-แอสิติลของกลูโคแมนแนจจากหัวบุกต่อการเกิดเจลของซูริมิจากปลาอแลสกา ฟอลลิค พบว่าโครงสร้างร่างแหของตัวอย่างเจลที่มีค่าความแข็งแรงของเจลสูงที่สุดจะมีความเป็นระเบียบ มีความแน่น และมีช่องว่างขนาดเล็กกว่าตัวอย่างอื่น ๆ อย่างเห็นได้ชัด

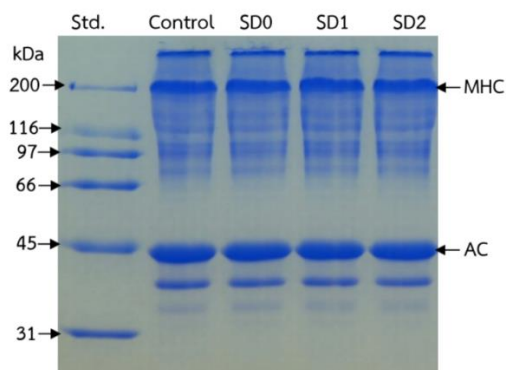


Figure 7 SDS-PAGE patterns of the surimi gels treated with different degrees of deacetylation of konjac glucomannan; MHC: myosin heavy chain, AC: actin, Std.: standard proteins

4. สรุป

4.1 การละลายของกลูโคแมนจากหัวบุกมีค่าลดลง เมื่อมีระดับการกำจัดหมู่-แอสิติลที่มากขึ้น โดยลดลงอย่างชัดเจนในตัวอย่างที่มีร้อยละการกำจัดหมู่-แอสิติล 98.28 ± 0.16 และมีค่าความขาวต่ำที่สุด

4.2 เจลซูริมิสูตรซึ่งเติมกลูโคแมนจากหัวบุกที่มีร้อยละการกำจัดหมู่-แอสิติล 93.49 ± 1.04 มีค่าความแข็งแรงของเจลสูงที่สุดและมีค่าร้อยละการสูญเสียน้ำต่ำที่สุด โครงสร้างระดับจุลภาคอัดตัวแน่น เป็นระเบียบ และมีช่องว่างขนาดเล็กกว่าตัวอย่างอื่น

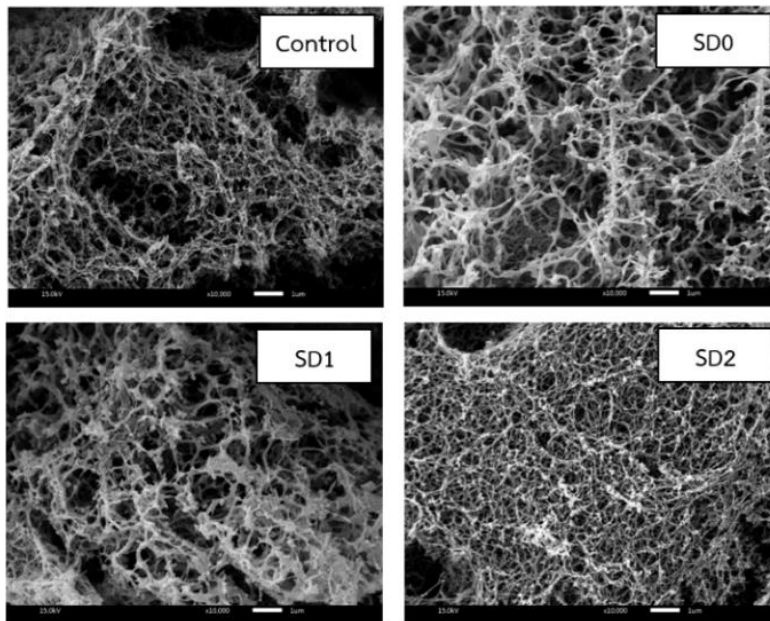


Figure 8 Microstructure (x10,000) of the surimi gels treated with different degrees of deacetylation of konjac glucomannan

4.3 การเติมกลูโคแมนแนนจากหัวบุกที่มีระดับการกำจัดหมู่แอซิติลต่างกัน ไม่ทำให้องค์ประกอบหน่วยย่อยของโปรตีนแตกต่างจากตัวอย่างควบคุม

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนบัณฑิตเรียนดีเพื่อศึกษาต่อระดับบัณฑิตศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปีการศึกษา 2559 ทุนสนับสนุนการวิจัยประเภททุนวิจัยทั่วไปสำหรับนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา ประจำปี 2561 ตามสัญญาเลขที่ ทน 15/2561 และสาขาวิชา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ที่สนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้

6. References

- [1] Thongruang, J., 2001, Surimi, Chulalongkorn University Press, Bangkok, 338 p. (in Thai)
- [2] Marine Fisheries Research Department, 1987, Handbook on Processing of Frozen Surimi and Fish Jelly Products in Southeast Asia, Southeast Asian Fisheries Development Center, Singapore.
- [3] Park, J. W. , 1994, Functional protein additives in surimi gels, J. Food Sci. 59: 525-527.
- [4] Zhang, T., Xue, Y., Li, Z., Wang, Y., and Xue, C., 2015, Effects of deacetylation of konjac glucomannan on Alaska Pollock surimi gels subjected to high-temperature (120 °C) treatment, Food Hydrocoll. 43: 125-131.
- [5] Kato, K., and Matsuda, K., 1969, Studies on the chemical structure of konjac mannan, Agric. Biol. Chem. 33: 1446-1453.

- [6] Du, X., Li, J., Chen, J., and Li, B., 2012, Effect of degree of deacetylation on physicochemical and gelation properties of konjac glucomannan, *Food Res. Int.* 46: 270-278.
- [7] Chen, Z. G., Zong, M. H., and Li, G. J., 2006, Lipase- catalyzed acylation of konjac glucomannan in organic media, *Process. Biochem.* 41: 1514-1520.
- [8] Chen, J., Li, J., and Li, B., 2011, Identification of molecular driving forces involved in the gelation of konjac glucomannan: Effect of degree of deacetylation on hydrophobic association, *Carbohydr. Polym.* 86: 865-871.
- [9] Sutloet, P. and Sompongse, W., 2014, Use of Edible Seaweed Extracts from *Solieria robusta* in Fish Ball Gel, *Thai Sci. Technol. J.* 22(1): 67-78. (in Thai)
- [10] Maekaji, K., 1974, The mechanism of gelation of konjac mannan, *Agric. Biol. Chem.* 38: 315-321.
- [11] Parry, J.M., 2010, Konjac Glucomannan, pp. 204-206, in Imerson, A., Ed., *Food Stabilisers, Thickeners and Gelling Agents*, John Wiley & Sons, New York.
- [12] Gao, S. and Nishinari. K., 2004, Effect of degree of acetylation on gelation of konjac glucomannan, *Biomacromolecules* 5: 175-185.
- [13] Solo- de- Zaldivar, B., Herranz, B. and Borderias, A.J., 2012, First steps in using glucomannan to make thermostable gels for potential use in mince fish restructuring, *Int. J. Food Eng.* 8: 1556-3758.
- [14] Williams, M.A., Foster, T.J., Martin, D.R., Norton, I.T., Yoshimura, M. and Nishinari, K., 2000, A molecular description of the gelation mechanism of konjac mannan, *Biomacromolecules* 1: 440-500.