การสกัดไฮโดรคอลลอยด์จากใบย่านางและการประยุกต์ใช้เป็นสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์ซอสพริก

Extraction of Hydrocolloid from Yanang leaf and Its Application as a Stabilizer in Chili Sauce

อกนิษฐ์ พิศาลวัชรินทร์
นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร
กรมวิชาการเกษตร
e-mail: akanit_aon@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสกัดไฮโดรคอลลอยด์จากใบย่านางและประยุกต์ใช้เป็นสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์ซอสพริก โดยสกัดใบย่านางด้วยเอทานอลร้อยละ 95 เพื่อเตรียมส่วนของแข็งที่ไม่ละลายในแอลกอฮอล์ จากนั้นสกัดด้วยน้ำที่อัตราส่วน 1:20 (w/v) ที่อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 90 นาที ได้ผลผลิตสูงสุดร้อยละ 5.45 โดยน้ำหนักแห้ง ผลการวิเคราะห์ด้วย FTIR แสดงว่าสารสกัดเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ที่มีโครงสร้างบางส่วนใกล้เคียงกับไซแลน

การประยุกต์ใช้ไฮโดรคอลลอยด์จากใบย่านางในผลิตภัณฑ์ซอสพริก โดยเปรียบเทียบกับแซนแทนกัมและกัมอะราบิก พบว่าการเพิ่มความเข้มข้นของไฮโดรคอลลอยด์จากใบย่านางส่งผลให้ค่าความข้นหนืดเพิ่มขึ้นและค่าการแยกชั้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยไฮโดรคอลลอยด์จากใบย่านางที่ระดับร้อยละ 1.5 ให้ค่าความข้นหนืดไม่แตกต่างจากแซนแทนกัมร้อยละ 1.0 ($p \geq 0.05$) และให้ค่าการแยกชั้นใกล้เคียงกัน ขณะที่กัมอะราบิกให้ค่าความข้นหนืดต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญ

จากผลการศึกษานี้ ไฮโดรคอลลอยด์จากใบย่านางสามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นสารให้ความคงตัวจากธรรมชาติได้ในผลิตภัณฑ์ซอสพริกที่ระดับร้อยละ 1.5

คำสำคัญ: ไฮโดรคอลลอยด์จากใบย่านาง สารให้ความคงตัว ซอสพริก ความข้นหนืด การแยกชั้น

Abstract

This study aimed to extract hydrocolloids from Yanang leaves (Tiliacora triandra) and apply them as stabilizing agents in chili sauce. Yanang leaves were treated with 95% ethanol to obtain alcohol-insoluble solids, followed by aqueous extraction at a ratio of 1:20 (w/v) at 80 °C for 90 min, yielding a maximum of 5.45% (dry basis). Fourier Transform Infrared (FTIR) analysis showed that the extract was a polysaccharide with structural characteristics partially similar to xylan.

The application of Yanang leaf hydrocolloids in chili sauce, compared with xanthan gum and gum arabic, showed that increasing hydrocolloid concentration significantly increased viscosity and reduced phase separation ($p < 0.05$). At a concentration of 1.5%, the Yanang hydrocolloid showed no significant difference in viscosity compared with 1.0% xanthan gum ($p \geq 0.05$) and exhibited comparable phase separation, while gum arabic showed significantly lower viscosity.

The results suggest that Yanang leaf hydrocolloids can be applied as natural stabilizing agents in chili sauce at a concentration of 1.5%.

Keywords: Yanang leaf hydrocolloid, stabilizer, chili sauce, consistency, phase separation

บทนำ

ปัจจุบันอุตสาหกรรมอาหารมีการใช้สารกลุ่มกัมหรือไฮโดรคอลลอยด์ ซึ่งเป็นพอลิเมอร์สายยาวอย่างแพร่หลายเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น การทำหน้าที่เป็นสารให้ความคงตัว สารเพิ่มความหนืด และสารช่วยในการเกิดอิมัลชัน (Dickinson, 2003; Phillips & Williams, 2009) โดยเฉพาะไฮโดรคอลลอยด์จากพืชที่ได้รับความสนใจเพิ่มขึ้น เนื่องจากเป็นวัตถุดิบจากธรรมชาติ มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค และมีความเหมาะสมในการพัฒนาเป็นวัตถุเจือปนอาหารชนิดใหม่ (Mirhosseini & Amid, 2012)

ไฮโดรคอลลอยด์จากธรรมชาติสามารถสกัดได้จากแหล่งต่าง ๆ ได้แก่ พืช สาหร่าย สัตว์ และจุลินทรีย์ (นิธิยา, 2549) อย่างไรก็ตาม ไฮโดรคอลลอยด์ที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารส่วนใหญ่ยังคงต้องพึ่งพาการนำเข้าจากต่างประเทศ ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตสูงและจำกัดโอกาสในการพัฒนาอุตสาหกรรมภายในประเทศ ดังนั้น การพัฒนาไฮโดรคอลลอยด์จากวัตถุดิบชนิดใหม่ โดยเฉพาะพืชผักและสมุนไพรพื้นบ้านของไทยจึงเป็นแนวทางที่มีความสำคัญในการเพิ่มมูลค่าให้กับผลผลิตทางการเกษตร ลดการนำเข้า และส่งเสริมการใช้ทรัพยากรภายในประเทศ

ย่านางเป็นพืชสมุนไพรพื้นบ้านที่เมื่อนำใบมาคั้นน้ำจะได้สารละลายที่มีความหนืดสูงอันเป็นลักษณะเฉพาะของสารกลุ่มไฮโดรคอลลอยด์ ทั้งนี้น้ำคั้นจากใบย่านางมีองค์ประกอบหลักเป็นพอลิแซ็กคาไรด์

ที่มีไซโลสเป็นหน่วยย่อยสำคัญและมีโครงสร้างคล้ายไซแลน (xylan) ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มเฮมิเซลลูโลส (Singthong *et al*., 2009) โดยทั่วไปสารกลุ่มไซแลนถูกนำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหาร เช่น การปรับปรุงความสามารถในการอุ้มน้ำและลดการเกิดรีโทรเกรเดชันและซินเนเรซีสในผลิตภัณฑ์อาหาร (BeMiller, 2019; Sedlmeyer, 2011) ด้วยเหตุนี้ไฮโดรคอลลอยด์จากใบย่านางจึงอาจเป็นแนวทางหนึ่งในการประยุกต์ใช้ เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์อาหารได้

แม้จะมีรายงานการใช้ไฮโดรคอลลอยด์จากพืชหลายชนิดในระบบอาหาร อย่างไรก็ตามการประยุกต์ใช้ไฮโดรคอลลอยด์จากใบย่านางในระบบอาหารคอลลอยด์ยังมีข้อมูลจำกัด โดยเฉพาะการเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับสารให้ความคงตัวทางการค้าในด้านความหนืดและความคงตัวของระบบ ผลิตภัณฑ์ซอสพริกเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดหนึ่งที่ต้องใช้ไฮโดรคอลลอยด์ในการควบคุมคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ โดยช่วยเพิ่มความหนืดที่เหมาะสม นอกจากนี้ยังช่วยป้องกันการแยกชั้นของส่วนประกอบ เช่น น้ำ น้ำมัน และของแข็งแขวนลอย รวมทั้งลดการเกิดการตกตะกอนและซินเนเรซีสระหว่างการเก็บรักษา อีกทั้งยังมีผลต่อเนื้อสัมผัส ความคงตัวของอิมัลชัน และการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญต่อคุณสมบัติและอายุการเก็บรักษาของซอสพริก

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาศักยภาพของไฮโดรคอลลอยด์จากใบย่านางในการประยุกต์ใช้เป็นสารให้ความหนืดและสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์ซอสพริก โดยเปรียบเทียบกับสารให้ความคงตัวเชิงพาณิชย์ พร้อมทั้งประเมินสมบัติทางกายภาพและความคงตัวของผลิตภัณฑ์ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการพัฒนาและการประยุกต์ใช้ไฮโดรคอลลอยด์จากวัตถุดิบธรรมชาติในอุตสาหกรรมอาหาร อีกทั้งยังเป็นการสร้างองค์ความรู้ด้านการใช้วัตถุดิบพื้นบ้านเพื่อทดแทนสารนำเข้า และส่งเสริมการพัฒนาแนวทางการใช้สารให้ความคงตัวจากธรรมชาติในผลิตภัณฑ์อาหารในอนาคต

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การสกัดไฮโดรคอลลอยด์จากใบย่านาง

1.1 การเตรียมวัตถุดิบและการสกัดส่วนของแข็งที่ไม่ละลายในแอลกอฮอล์ นำใบย่านางสดคัดแยกใบที่เน่าเสียและสิ่งปลอมปนออก ล้างทำความสะอาด หั่นเป็นชิ้นเล็ก และปั่นผสมกับเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 95 ในอัตราส่วน 2:1 (ปริมาตรเอทานอลต่อน้ำหนักใบย่านาง) จากนั้นให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70 °C พร้อมกวนด้วยเครื่องกวนที่ความเร็ว 400 รอบต่อนาที เป็นเวลา 45 นาที แล้วบีบแยกเอทานอลออกเพื่อให้ได้ส่วนของแข็งที่ไม่ละลายในแอลกอฮอล์ (alcohol-insoluble solids; AIS)

1.2 การสกัดไฮโดรคอลลอยด์จาก AIS นำ AIS ที่ได้มาสกัดด้วยน้ำ โดยวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) โดยศึกษาปัจจัย 3 ปัจจัย ได้แก่

(1) อุณหภูมิในการสกัด 70 และ 80 °C

(2) อัตราส่วน AIS ต่อน้ำ 1:20 และ 1:25 (w/v)

(3) ระยะเวลาในการสกัด 60 และ 90 นาที

โดยแต่ละกรรมวิธีทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ

1.3 การแยกและทำแห้งสารสกัด สารสกัดที่ได้จากการสกัดถูกนำไปแยกกากด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 9500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 40 นาที ที่อุณหภูมิ 25 °C เพื่อแยกส่วนใส จากนั้นนำส่วนใสไประเหยน้ำออกด้วยเครื่องระเหยแบบสุญญากาศ (rotary evaporator) จนมีปริมาตรลดลงครึ่งหนึ่ง แล้วทำการตกตะกอนด้วยเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 95 ในอัตราส่วน 3:1 (ปริมาตรเอทานอลต่อปริมาตรสารสกัด) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ตะกอนที่ได้ถูกนำไปทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (freeze dryer) และบดให้ละเอียดเพื่อให้ได้ผงไฮโดรคอลลอยด์จากใบย่านาง

2. การวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีของสารสกัดไฮโดรคอลลอยด์จากใบย่านางด้วยเครื่อง Fourier transform infrared (FTIR) spectrometer โดยเตรียมตัวอย่างในรูปผงแห้งและผสมกับโพแทสเซียมโบรไมด์เพื่ออัดเป็นเม็ด และทำการสแกนในช่วงเลขคลื่น 4000–400 cm^{-1} โดยเปรียบเทียบกับไซแลนทางการค้า (commercial xylan) ภายใต้สภาวะเดียวกัน เพื่อใช้เป็นสารอ้างอิงในการยืนยันลักษณะโครงสร้างของพอลิแซ็กคาไรด์

3. การใช้ไฮโดรคอลลอยด์จากใบย่านางเป็นสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์ซอสพริก

3.1 ศึกษาการใช้ไฮโดรคอลลอยด์จากใบย่านางเป็นสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์ซอสพริก โดยเปรียบเทียบกับสารให้ความคงตัวทางการค้า ได้แก่ แซนแทนกัมและกัมอะราบิก วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) จำนวน 10 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 3 ซ้ำ ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 ไม่เติมสารให้ความคงตัว
กรรมวิธีที่ 2 เติมไฮโดรคอลลอยด์จากใบย่านางร้อยละ 0.5
กรรมวิธีที่ 3 เติมไฮโดรคอลลอยด์จากใบย่านางร้อยละ 1.0
กรรมวิธีที่ 4 เติมไฮโดรคอลลอยด์จากใบย่านางร้อยละ 1.5
กรรมวิธีที่ 5 เติมแซนแทนกัมร้อยละ 0.5
กรรมวิธีที่ 6 เติมแซนแทนกัมร้อยละ 1.0
กรรมวิธีที่ 7 เติมแซนแทนกัมร้อยละ 1.5
กรรมวิธีที่ 8 เติมกัมอะราบิกร้อยละ 0.5
กรรมวิธีที่ 9 เติมกัมอะราบิกร้อยละ 1.0
กรรมวิธีที่ 10 เติมกัมอะราบิกร้อยละ 1.5

3.2 การศึกษาสมบัติของซอสพริก

3.2.1 การวิเคราะห์ร้อยละการแยกชั้น

ประเมินความคงตัวของผลิตภัณฑ์โดยวิเคราะห์ร้อยละการแยกชั้น (percent serum loss; SL) ซึ่งใช้เป็นตัวชี้วัดการเกิดการแยกเฟส (phase separation) ในระบบคอลลอยด์ของซอสพริกทุก 30 วัน ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 6 เดือน โดยคำนวณจากอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของส่วนใสที่แยกออกต่อน้ำหนักเริ่มต้นของตัวอย่าง และแสดงผลเป็นร้อยละ ตามหลักการของการแยกชั้นในระบบ

คอลลอยด์ (Dickinson, 2015; McClements, 2015) ทั้งนี้ค่าร้อยละการแยกชั้นที่สูงบ่งชี้ถึงความคงตัวของผลิตภัณฑ์ที่ลดลง โดยคำนวณตามสมการ ดังนี้

SL (%) = (น้ำหนักของส่วนใสที่แยกได้ / น้ำหนักเริ่มต้นของตัวอย่าง) × 100

3.2.2 วัดค่าความข้นหนืด (Consistency)

วัดค่าความข้นหนืด (consistency) ซึ่งเป็นสมบัติทางเนื้อสัมผัสที่ใช้บ่งบอกความคงตัวของผลิตภัณฑ์ด้วยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer; Stable Micro Systems รุ่น TA.XTplus) โดยทำการวัดค่าของซอสพริกทุก 30 วัน ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 6 เดือน

3.3 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้จากการทดลองนำมาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยแสดงผลในรูปค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean ± SD) วิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance; ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบ CRD และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ $p < 0.05$

ผลการวิจัย

1. การสกัดไฮโดรคอลลอยด์จากใบย่านาง

ใบย่านางถูกหั่นเป็นชิ้นเล็กและสกัดด้วยเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 95 เพื่อให้ได้ของแข็งที่ไม่ละลายในแอลกอฮอล์ (alcohol-insoluble solids; AIS) จากนั้นนำ AIS มาสกัดด้วยน้ำภายใต้สภาวะต่าง ๆ พบว่าเมื่ออุณหภูมิและระยะเวลาในการสกัดเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ปริมาณผลผลิตของไฮโดรคอลลอยด์เพิ่มขึ้น โดยสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดคือ อุณหภูมิ 80 °C อัตราส่วน AIS ต่อน้ำ 1:20 และระยะเวลา 90 นาที

สารสกัดที่ได้ถูกนำไประเหยน้ำออกด้วยเครื่องระเหยแบบสุญญากาศ และตกตะกอนด้วยเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 95 จากนั้นทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ได้ผงไฮโดรคอลลอยด์จากใบย่านางที่มีปริมาณผลได้ร้อยละ 5.45 (ตารางที่ 1) โดยมีความชื้นร้อยละ 7.32 และมีลักษณะเป็นผงสีเทา (รูปที่ 1)

ตารางที่ 1 ผลผลิตของสารสกัดไฮโดรคอลลอยด์จากใบย่านางภายใต้สภาวะการสกัดที่แตกต่างกัน

สภาวะการสกัด			ผลผลิต (%)
อุณหภูมิ (°C)	อัตราส่วน AIS : น้ำ (w/v)	เวลา (นาที)	
70	1:20	60	3.52f
70	1:20	90	3.84e
70	1:25	60	3.06h
70	1:25	90	3.37g
80	1:20	60	5.12b
80	1:20	90	5.45a
80	1:25	60	4.25d
80	1:25	90	4.63c

หมายเหตุ ค่าที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

รูปที่ 1 ผงไฮโดรคอลลอยด์จากใบย่านาง

2. การวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีของสารสกัดไฮโดรคอลลอยด์จากใบย่านางด้วยเครื่อง Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectrometer

ผลการวิเคราะห์โครงสร้างของสารสกัดไฮโดรคอลลอยด์จากใบย่านางด้วยเทคนิค Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy (ตารางที่ 2) เปรียบเทียบกับไซแลนทางการค้า (beechwood xylan) พบว่าสเปกตรัมของสารสกัดและไซแลนมีตำแหน่งการดูดกลืนที่ใกล้เคียงกันหลายตำแหน่ง โดยพบแถบการดูดกลืนที่ช่วงเลขคลื่น 3363.86 cm^{-1} และ 3288.63 cm^{-1} ซึ่งสอดคล้องกับการสั่นของหมู่ไฮดรอกซิล (O–H stretching) นอกจากนี้ยังพบแถบที่ช่วง 2891.30 และ 2916.37 cm^{-1} ซึ่งเป็นการสั่นของพันธะ C–H รวมถึงแถบที่ช่วง 1598.99 cm^{-1} ซึ่งพบในทั้งสองตัวอย่าง และแถบที่ช่วง 1382–1384 cm^{-1} (CH_2 bending) และ 1039–1043 cm^{-1} (C–O stretching) ซึ่งมีตำแหน่งใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 2 หมู่ฟังก์ชันจากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FTIR ของสารสกัดไฮโดรคอลลอยด์จากใบย่านางเปรียบเทียบกับไซแลนทางการค้า

หมู่ฟังก์ชัน	เลขคลื่น (wave number) (cm^{-1})	
	ไฮโดรคอลลอยด์จากใบย่านาง	ไซแลน
O-H Stretching	3363.86	3288.63
C-H Stretching	2891.3	2916.37
C=C Stretching	1598.99	1598.99
CH_2 Bending	1382.96	1384.89
C-O Stretching	1039.63	1043.49

3. การใช้ไฮโดรคอลลอยด์จากใบย่านางเป็นสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์ซอสพริก

การเติมไฮโดรคอลลอยด์จากใบย่านาง แซนแทนกัม และกัมอะราบิก ที่ระดับ 0.5–1.5% ส่งผลให้ค่าความข้นหนืดเพิ่มขึ้น และร้อยละการแยกชั้นลดลงเมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม ที่ระดับความเข้มข้นเดียวกัน

แซนแทนกัมให้ค่าความข้นหนืดสูงสุดและร้อยละการแยกชั้นต่ำสุด รองลงมาคือไฮโดรคอลลอยด์จากใบย่านาง และกัมอะราบิก ตามลำดับ ตัวอย่างที่เติมไฮโดรคอลลอยด์จากใบย่านาง 1.5% ให้ค่าความข้นหนืดไม่แตกต่างจากแซนแทนกัม 1.0% ($p \geq 0.05$) และให้ค่าร้อยละการแยกชั้นใกล้เคียงกัน (รูปที่ 2)

รูปที่ 2 ลักษณะปรากฏของซอสพริกที่เติมสารให้ความคงตัวชนิดต่าง ๆ ที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 2 ℃ เป็นเวลา 180 วัน

เมื่อพิจารณาผลระหว่างการเก็บรักษาทุก 30 วัน เป็นระยะเวลา 6 เดือน (ตารางที่ 3 และ 4) พบว่าที่ระดับความเข้มข้นเดียวกัน ตัวอย่างซอสพริกที่เติมแซนแทนกัมให้ค่าความข้นหนืดสูงสุดและมีร้อยละการแยกชั้นต่ำสุด รองลงมาคือไฮโดรคอลลอยด์จากใบย่านาง และกัมอะราบิก ตามลำดับ นอกจากนี้ตัวอย่างซอสพริกที่เติมไฮโดรคอลลอยด์จากใบย่านางร้อยละ 1.5 ให้ค่าความข้นหนืดไม่แตกต่างจากตัวอย่างที่เติมแซนแทนกัมร้อยละ 1.0 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) และให้ค่าร้อยละการแยกชั้นใกล้เคียงกัน

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษา 6 เดือน พบว่าซอสพริกที่เติมไฮโดรคอลลอยด์จากใบย่านางร้อยละ 1.5 มีค่าความข้นหนืดลดลงร้อยละ 8.21 และมีร้อยละการแยกชั้นเพิ่มขึ้นร้อยละ 9.41 ขณะที่ซอสพริกที่เติมแซนแทนกัมร้อยละ 1.0 มีค่าความข้นหนืดลดลงร้อยละ 4.87 และมีร้อยละการแยกชั้นเพิ่มขึ้นร้อยละ 5.46

ตารางที่ 3 ค่าร้อยละการแยกชั้น (Serum loss) ของซอสพริกที่เติมไฮโดรคอลลอยด์จากใบย่านาง แซนแทนกัม และกัมอะราบิก ที่ระดับความเข้มข้นต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 2 ℃ เป็นเวลา 180 วัน

ซอสพริก	ร้อยละการแยกชั้น (% w/w)						
วัน	0	30	60	90	120	150	180
ตัวอย่างควบคุม	71.15±1.42a	73.54±1.65a	75.65±1.74a	77.43±1.82a	80.34±1.79a	82.54±1.62a	84.73±1.59a
0.5 % ไฮโดรคอลลอยด์จากใบย่านาง	16.71±1.37e	20.48±1.59e	22.62±1.32e	26.84±1.40e	30.33±1.14e	33.64±1.05e	35.87±1.28d
1.0 % ไฮโดรคอลลอยด์จากใบย่านาง	7.63±0.94g	8.45±1.12g	9.21±1.04g	10.68±0.82g	12.77±1.04g	13.48±1.08g	14.36±1.05f
1.5 % ไฮโดรคอลลอยด์จากใบย่านาง	5.82±1.02h	5.91±1.25h	5.96±0.83h	6.17±0.54h	6.21±0.72h	6.29±0.87h	6.36±0.65g
0.5 % แซนแทนกัม	9.73±1.04f	10.94±0.75f	11.29±0.68f	11.82±1.04f	13.64±0.82f	14.58±0.94f	15.73±0.64e
1.0 % แซนแทนกัม	5.02±0.98h	5.09±0.85h	5.14±0.42h	5.18±0.48h	5.21±0.89h	5.26±0.86h	5.29±0.35g
1.5 % แซนแทนกัม	3.64±0.87i	3.86±0.62i	3.92±0.54i	4.18±0.37i	4.32±0.36i	4.39±0.53i	4.49±0.32h
0.5 % กัมอะราบิก	50.78±1.21b	58.70±1.27b	60.48±1.61b	62.87±1.87b	67.34±1.53b	68.12±1.38b	69.65±1.52b
1.0 % กัมอะราบิก	39.75±1.18c	43.65±1.21c	45.68±1.54c	46.31±1.37c	46.87±1.83c	47.51±1.92c	48.32±1.79c
1.5 % กัมอะราบิก	29.68±1.32d	32.17±1.35d	32.96±1.48d	33.18±1.82d	34.05±1.53d	34.83±1.49d	35.16±1.45d

หมายเหตุ ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean ± SD, n = 3) อักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

ตารางที่ 4 ค่าความข้นหนืด (Consistency) ของซอสพริกที่เติมไฮโดรคอลลอยด์จากใบย่านาง แซนแทนกัม และกัมอะราบิก ที่ระดับความเข้มข้นต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 2 °C เป็นเวลา 180 วัน

ซอสพริก / วัน	ความข้นหนืด (g·s)						
	0	30	60	90	120	150	180
ตัวอย่างควบคุม	5974.21±245.59g	5869.39±133.27g	5722.75±185.56g	5693.59±175.54g	5612.17±194.58g	5592.28±164.35g	5514.73±164.37g
0.5 % ไฮโดรคอลลอยด์จากใบย่านาง	12680.53±185.14d	12343.80±114.98d	11954.82±162.84d	11387.94±192.74d	10649.41±164.94d	10175.76±158.84d	9863.75±145.58e
1.0 % ไฮโดรคอลลอยด์จากใบย่านาง	14954.51±144.62c	14683.92±104.25c	14469.25±145.82c	14325.83±154.92c	14021.49±182.29c	13943.36±193.94c	13782.84±183.62d
1.5 % ไฮโดรคอลลอยด์จากใบย่านาง	16843.94±195.38b	16639.01±135.12b	16583.58±155.91b	16253.20±169.05b	15975.51±139.93b	15784.32±192.63b	15461.06±194.49c
0.5 % แซนแทนกัม	14296.29±165.14c	14138.29±145.20c	14056.39±132.35c	13904.58±145.48c	13864.62±182.53c	13254.41±136.03c	13092.43±104.93d
1.0 % แซนแทนกัม	17054.82±143.27b	16953.65±126.14b	16753.32±128.91b	16582.65±150.91b	16490.82±165.04b	16332.84±183.78b	16224.25±126.18b
1.5 % แซนแทนกัม	18384.63±115.60a	18293.50±124.19a	18201.03±104.28a	18143.54±186.84a	18033.29±172.83a	17984.73±192.92a	17850.38±108.94a
0.5 % กัมอะราบิก	8485.79±128.47f	8068.18±132.76f	7893.48±164.47f	7781.23±175.78f	7626.22±175.37f	7542.34±138.84f	7386.39±192.25f
1.0 % กัมอะราบิก	10539.48±165.40e	10187.47±125.23e	9982.65±184.27e	9759.36±171.92e	9606.29±128.59e	9518.48±157.62e	9469.93±163.95e
1.5 % กัมอะราบิก	12407.45±157.86d	12039.68±145.15d	11805.90±178.36d	11286.51±156.35d	10974.50±169.68d	10583.42±182.47d	10253.87±174.38e

หมายเหตุ ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean ± SD, n = 3) อักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

อภิปรายผลและสรุปผล

การศึกษาพบว่าการสกัดไฮโดรคอลลอยด์จากใบย่านางโดยใช้เอทานอลร้อยละ 95 เพื่อเตรียมส่วนของแข็งที่ไม่ละลายในแอลกอฮอล์ (alcohol-insoluble solids; AIS) และสกัดต่อด้วยน้ำภายใต้สภาวะที่เหมาะสม คือ อุณหภูมิ 80 °C อัตราส่วน AIS ต่อน้ำ 1:20 และระยะเวลา 90 นาที ให้ผลผลิตสูงสุดร้อยละ 5.45 โดยน้ำหนักแห้ง แสดงให้เห็นว่าสภาวะการสกัดมีผลต่อประสิทธิภาพในการสกัด โดยการเพิ่มอุณหภูมิช่วยเพิ่มพลังงานจลน์ของโมเลกุล ส่งผลให้การแพร่ของตัวทำละลายเข้าสู่โครงสร้างเซลล์และการละลายของพอลิแซ็กคาไรด์เกิดได้ดีขึ้น ขณะที่ระยะเวลาการสกัดที่เพิ่มขึ้นช่วยส่งเสริมการแพร่ของพอลิแซ็กคาไรด์จากโครงสร้างเซลล์พืชสู่ตัวทำละลาย อีกทั้งยังอาจทำให้โครงสร้างผนังเซลล์เกิดการคลายตัว ส่งผลให้สามารถสกัดสารออกมาได้มากขึ้นตามหลักการของการถ่ายโอนมวล (BeMiller, 2019)

ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FTIR แสดงให้เห็นว่าสารสกัดไฮโดรคอลลอยด์จากใบย่านางมีหมู่ฟังก์ชันที่สอดคล้องกับไซแลนทางการค้า โดยเฉพาะแถบการดูดกลืนของหมู่ O–H, C–H และ C–O ซึ่งเป็นลักษณะสำคัญของโครงสร้างพอลิแซ็กคาไรด์ แถบที่ช่วงประมาณ 1039–1043 cm^{-1} ซึ่งเกี่ยวข้องกับการสั่นของพันธะ C–O บ่งชี้ถึงการมีอยู่ของโครงสร้างไกลโคซิดิกในพอลิแซ็กคาไรด์ ขณะที่แถบ O–H ที่ช่วงประมาณ 3300 cm^{-1} แสดงถึงการมีหมู่ไฮดรอกซิลจำนวนมากในโครงสร้าง ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของสารกลุ่มพอลิแซ็กคาไรด์ จากผลการเปรียบเทียบกับไซแลนทางการค้า ซึ่งมีโครงสร้างหลักประกอบด้วยน้ำตาลไซโลส (xylose) เชื่อมต่อกันด้วยพันธะไกลโคซิดิก แสดงให้เห็นว่าสารสกัดไฮโดรคอลลอยด์จากใบย่านางมีลักษณะโครงสร้างใกล้เคียงกับไซแลนและจัดอยู่ในกลุ่มพอลิแซ็กคาไรด์ประเภทเฮมิเซลลูโลส

จากผลการศึกษาค่าร้อยละการแยกชั้นและค่าความข้นหนืดของซอสพริก (ตารางที่ 3 และ 4) พบว่าการเติมสารให้ความคงตัวมีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ ($p < 0.05$) โดยตัวอย่างควบคุมมีค่าการแยกชั้นสูงที่สุดและค่าความข้นหนืดต่ำที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา แสดงให้เห็นถึงความไม่คงตัวของระบบคอลลอยด์เมื่อไม่มีสารช่วยพยุงโครงสร้าง

เมื่อนำไฮโดรคอลลอยด์จากใบย่านางไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์ซอสพริก พบว่าการเพิ่มความเข้มข้นของไฮโดรคอลลอยด์ส่งผลให้ค่าความข้นหนืดเพิ่มขึ้นและร้อยละการแยกชั้นลดลงเมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม เนื่องจากไฮโดรคอลลอยด์เป็นพอลิเมอร์สายยาวที่มีหมู่ไฮดรอกซิลจำนวนมาก สามารถอุ้มน้ำและเกิดการพองตัวในระบบ ส่งผลให้ปริมาตรของเฟสของเหลวเพิ่มขึ้น อีกทั้งยังสามารถเกิดการพันกันของสายโซ่พอลิเมอร์และสร้างโครงข่ายภายในระบบอาหาร ซึ่งช่วยเพิ่มแรงต้านการไหลและทำให้ความหนืดของระบบเพิ่มขึ้น นอกจากนี้โครงข่ายดังกล่าวยังช่วยลดการเคลื่อนที่ของอนุภาคและจำกัดการรวมตัวของเฟสต่าง ๆ ในระบบคอลลอยด์ ส่งผลให้ความคงตัวของผลิตภัณฑ์ดีขึ้น (Dickinson, 2003; McClements, 2015)

เมื่อเปรียบเทียบชนิดของสารให้ความคงตัวพบว่าแซนแทนกัมให้ประสิทธิภาพสูงสุด รองลงมาคือไฮโดรคอลลอยด์จากใบย่านางและกัมอะราบิก อย่างไรก็ตามไฮโดรคอลลอยด์จากใบย่านางที่ระดับร้อยละ 1.5 ให้ค่าความข้นหนืดไม่แตกต่างจากแซนแทนกัมร้อยละ 1.0 และให้ค่าการแยกชั้นใกล้เคียงกัน แสดงถึงความสามารถในการใช้เป็นสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์ซอสพริกได้แม้ต้องใช้ในปริมาณที่สูงกว่าเล็กน้อย

ทั้งนี้อาจเกิดจากลักษณะของสารสกัดที่ยังไม่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์ ทำให้มีองค์ประกอบร่วม เช่น โปรตีนหรือสารประกอบฟีนอลิก ซึ่งอาจรบกวนการจัดเรียงตัวและการสร้างโครงข่ายของพอลิแซ็กคาไรด์ที่ส่งผลให้สมบัติทางรีโอโลยีด้อยกว่าสารที่มีความบริสุทธิ์สูง (Dickinson, 2003; Mirhosseini & Amid, 2012)

ในระหว่างการเก็บรักษาพบว่าค่าความข้นหนืดมีแนวโน้มลดลงและการแยกชั้นเพิ่มขึ้นในทุกสูตร ซึ่งอาจเกิดจากการคลายตัวของโครงข่ายพอลิเมอร์เมื่อเวลาผ่านไป อย่างไรก็ตามสูตรที่เติมไฮโดรคอลลอยด์จากใบย่านางร้อยละ 1.5 ยังคงแสดงความคงตัวของระบบใกล้เคียงกับแซนแทนกัม

นอกจากนี้ การเติมไฮโดรคอลลอยด์อาจส่งผลต่อสีของผลิตภัณฑ์ โดยการเปลี่ยนแปลงของสีอาจเกิดจากสีตามธรรมชาติของสารสกัดจากใบย่านาง ซึ่งมีองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์และสารประกอบฟีนอลิก โดยสารดังกล่าวสามารถให้สีเขียวหรือสีน้ำตาลเข้มภายใต้สภาวะต่าง ๆ เช่น ความเป็นกรดและอุณหภูมิสูง (BeMiller, 2019)

โดยสรุปไฮโดรคอลลอยด์จากใบย่านางสามารถประยุกต์ใช้เป็นสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์ซอสพริกได้ โดยเฉพาะที่ระดับร้อยละ 1.5 ซึ่งสามารถเพิ่มความข้นหนืดและลดการแยกชั้นของระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถนำไปพัฒนาเพื่อใช้ทดแทนสารให้ความคงตัวเชิงพาณิชย์บางชนิดในอุตสาหกรรมอาหารได้

ข้อเสนอแนะ

ควรศึกษาการประยุกต์ใช้ไฮโดรคอลลอยด์จากใบย่านางในผลิตภัณฑ์อาหารประเภทอื่น รวมถึงการประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค เพื่อสนับสนุนการใช้งานในระดับอุตสาหกรรม อย่างไรก็ตามการศึกษานี้ยังมีข้อจำกัด ได้แก่ การขาดข้อมูลเชิงลึกด้านโครงสร้างของสารสกัดและการยังไม่ได้ประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัส ซึ่งควรได้รับการศึกษาเพิ่มเติมในอนาคต ขณะเดียวกันควรมีการศึกษาต่อยอดโดยสำรวจวัตถุดิบธรรมชาติในประเทศไทยที่มีองค์ประกอบของพอลิเมอร์สายยาว และประเมินสมบัติทางรีโอโลยี โดยเฉพาะความหนืดของสารสกัด พร้อมทั้งเปรียบเทียบกับสารให้ความคงตัวเชิงพาณิชย์เพื่อพัฒนาแนวทางการใช้วัตถุดิบธรรมชาติเป็นสารให้ความคงตัวที่มีสมบัติใกล้เคียงหรือสามารถทดแทนสารเชิงพาณิชย์ได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ที่ได้มอบทุนอุดหนุนเพื่อทำการวิจัยในโครงการวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

นิธิยา รัตนาปนนท์. (2549). *เคมีอาหาร*. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.

BeMiller, J. N. (2019). *Carbohydrate chemistry for food scientists* (3rd ed.). Woodhead Publishing.

Dickinson, E. (2003). Hydrocolloids at interfaces and the influence on the properties of dispersed systems. *Food Hydrocolloids,* 17(1), 25–39.

Dickinson, E. (2015). Colloids in food: Ingredients, structure, and stability. *Annual Review of Food Science and Technology,* 6, 211–233.

McClements, D. J. (2015). *Food emulsions: Principles, practices, and techniques* (3rd ed.). CRC Press.

Mirhosseini, H., & Amid, B. T. (2012). A review study on chemical composition and molecular structure of newly plant gum exudates and seed gums. *Food Research International,* 46(1), 387–398.

Phillips, G. O., & Williams, P. A. (2009). *Handbook of hydrocolloids* (2nd ed.). Woodhead Publishing.

Sedlmeyer, F. (2011). Xylan as by-product of biorefineries: Characteristics and potential use for food applications. *Food Hydrocolloids,* 25(8), 1891–1898.

Singthong, J., Cui, S. W., Ningsanond, S., & Goff, H. D. (2009). Extraction and physicochemical characterization of polysaccharide gum from Yanang (Tiliacora triandra) leaves. *Food Chemistry,* 114(4), 1301–1307.