

การแปรรูปกะทิผงโดยใช้เทคนิคการอบแห้งแบบพ่นฝอยและสารคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่ได้จากกากเนื้อมะพร้าว

Processing of coconut milk powder using spray drying technique and carboxymethylcellulose produced from coconut residue

แก้วมณีจันทร์ อาษา, วีระเชษฐ์ จิตตานิชย์*, สุวิมล เจริญสิทธิ์

Kaewmaneechan A-sa, Weerachet Jittanit*, Suwimol Charoensiddhi

ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

Department of Food Science and Technology, Faculty of Agro-Industry, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: fagiwcj@ku.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการใช้คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) ที่ได้จากกากเนื้อมะพร้าวในการผลิตกะทิผง โดยนำกากมะพร้าวที่ได้จากการคั้นกะทิและบดลดขนาดมาลดปริมาณไขมันจนเหลือปริมาณไขมันเท่ากับ 0.73% นำไปสกัดเซลลูโลสจากนั้นนำไปสังเคราะห์ CMC เพื่อใช้เป็นอิมัลซิไฟเออร์ในการเตรียมตัวอย่างอบแห้งกะทิผง ในการทดลองศึกษาอัตราส่วนของ CMC (0.1- 0.6 กรัมต่อกะทิ 100 กรัม) และใช้อัตราส่วนที่เหมาะสมของ CMC ในการทดลองถัดมา โดยใช้สภาวะการทำแห้งคือ อุณหภูมิอากาศเข้าและขาออกที่ 180 และ 110 °C ตามลำดับ ศึกษาปริมาณมอลโทเดกซ์ทริน (MD) เป็นสารตัวพา 2 ระดับ คือ 20 และ 25 กรัมต่อกะทิ 100 กรัม การทดลองพบว่าอัตราส่วนกะทิต่อ CMC ที่เหมาะสมคือ 100:0.6 เนื่องจากช่วยให้ส่วนผสมก่อนอบแห้งมีค่า Emulsion stability (ES) สูงที่สุด สภาวะในการทำแห้งที่ทำให้กะทิผงมีคุณภาพดีและมีปริมาณผลผลิตที่ได้สูง คือ การใช้ MD เป็นสารตัวพาที่ 20 กรัมต่อกะทิ 100 กรัม และเติมสาร CMC 0.6 กรัม

คำสำคัญ: กะทิผง, การทำแห้งแบบพ่นฝอย, คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส, สารตัวพา, อิมัลซิไฟเออร์

Abstract

This research studies the possibility of applying carboxymethylcellulose (CMC) produced from coconut residue in the manufacturing of coconut milk powder. Coconut residual obtained from coconut milk squeezing and milling was reduced in size and its fat content to 0.73%. Then, CMC was synthesized to be used as an emulsifier in the sample preparation for drying of coconut milk powder. The experiments were conducted by varying the CMC (0.1- 0.6 g per 100 g of coconut milk). The suitable ratio of CMC was applied in the succeeding experiment by using the inlet and outlet drying air temperatures of 180 and 110 °c respectively and applying maltodextrin as a drying carrier at two levels (20 and 25 g per coconut milk 100 g). Also, the coconut powder productions with and without the CMC addition were compared. The result indicated that the suitable ratio of CMC:coconut milk was 0.6:100 by weight because it provided the mixture sample before spray drying that had the highest value of Emulsion stability (ES). The drying condition that produced the greatest quality with the high powder recovery was the application of maltodextrin at 20 g and CMC at 0.6 g per coconut milk 100 g.

Keywords: Carboxymethylcellulose, Coconut milk powder, emulsifier, drying carrier

คำนำ

มะพร้าวเป็นพืชเศรษฐกิจประเภทพืชน้ำมันที่มีการปลูกอย่างแพร่หลาย โดยทั่วไปกากมะพร้าวเป็นผลพลอยได้จากโรงงานผลิตน้ำกะทิ มักนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตอาหารสัตว์ ซึ่งองค์ประกอบที่สำคัญอย่างหนึ่งในกากมะพร้าวคือ โยอาหาร แต่กากมะพร้าวหลังการสกัดกะทียังคงมีไขมันเหลืออยู่ในปริมาณสูง ส่งผลให้กากเนื้อมะพร้าวมีปริมาณไขมันสูงและมีสมบัติที่ไม่เหมาะสมต่อการใช้เป็นแหล่งของโยอาหาร ซึ่งแหล่งของโยอาหารที่ดีควรมีโยอาหารทั้งหมดไม่ต่ำกว่าร้อยละ 50 มีไขมันปริมาณต่ำ ไม่มีกลิ่นและรส (Yalegama et al., 2013)

กะทิผง หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำกะทิสดมาทำให้เป็นผงซึ่งเมื่อผสมน้ำแล้วสามารถนำไปใช้ได้ทันที กะทิผงมีลักษณะเป็นผงร่วนมีสีและกลิ่นตามธรรมชาติของกะทิ (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2528) การผลิตกะทิผงเริ่มจากการเตรียมน้ำกะทิ จากนั้นทำการปรับความเข้มข้นกะทิ อาจมีการเติมสารช่วยให้กะทิไม่จับตัวกันเป็นก้อนผสมลงไปก่อนที่จะนำไปทำแห้งโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย จากนั้นบรรจุกะทิผงที่ได้ในภาชนะที่สามารถป้องกันอากาศและความชื้นผ่านเข้าออกได้ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการเสื่อมเสียเร็ว

ปัจจุบันผลิตภัณฑ์กะทิผงที่วางจำหน่ายในท้องตลาดส่วนใหญ่ใช้วัตถุดิบอาหารที่ไม่ได้มีอยู่ตามธรรมชาติของน้ำกะทิเช่น มอลโตเด็กซ์ทริน กัมอารบิก ในการเตรียมน้ำกะทีก่อนนำไปอบแห้งในปริมาณที่สูง ผู้วิจัยจึงต้องการนำกากเนื้อมะพร้าวที่เป็นของเหลือจากการคั้นกะทิมาใช้เป็นสารตัวพาในการผลิตกะทิผง เพื่อช่วยลดปริมาณการใช้วัตถุดิบอาหาร และเพิ่มมูลค่าให้กับสิ่งเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตกะทิ

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการผลิตกะทิผงโดยใช้เทคนิคการอบแห้งแบบพ่นฝอย โดยการนำกากเนื้อมะพร้าวซึ่งเป็นของเหลือที่ได้จากกระบวนการผลิตกะทิและมีโยอาหารสูงไปใช้เป็นสารตัวพา ซึ่งมีเป้าหมายเพื่อลดปริมาณการใช้วัตถุดิบอาหาร และใช้ประโยชน์จากเนื้อมะพร้าวเพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับสิ่งเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตกะทิ

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การผลิตกากเนื้อมะพร้าวจากการคั้นกะทิ

1) การเตรียมน้ำกะทิ

คั้นกะทิด้วยเครื่องคั้นกะทิ (Sakaya, รุ่น A2, Sakaya Automate Co., Ltd, Thailand.) จำนวน 3 รอบ โดยเก็บน้ำกะทิที่ได้จากการคั้นรอบที่ 1 และ 2 เพื่อนำไปผลิตกะทิผงต่อไป

2) การบดลดขนาดอนุภาค

ใช้วิธีการซึ่งดัดแปลงจาก มุก และพิณทิพย์ (2560) ซึ่งกากเนื้อมะพร้าวหลังคั้นกะทิ โดยผสมกากเนื้อมะพร้าวกับน้ำบดลดขนาดด้วยเครื่อง Supermass colloid (Masuko Sangyo, รุ่น MKPB6-2, Japan) กรองแยกกากและบีบน้ำออก นำกากที่แยกได้เข้าอบในตู้อบแบบถาดอุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 2 h

3) การกำจัดไขมันด้วยตัวทำละลาย

ใช้วิธีการซึ่งดัดแปลงจาก มุก และพิณทิพย์ (2560) ซึ่งกากเนื้อมะพร้าวแห้ง เติมเฮกเซนที่อัตราส่วน 1:10 ทำการสกัดด้วยเครื่องกวนสารละลายแบบใบกวน (Ika, RW20 digital, IKA-Werke GmbH & Co., Germany) ที่ความเร็ว 500 rpm เป็นเวลา 4 h จากนั้นระเหยเฮกเซนออกจากกากมะพร้าวในตู้ดูดควัน และอบแห้งด้วยตู้อบแบบถาดที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 2 h

2. การเตรียมเซลลูโลสจากกากเนื้อมะพร้าว

1) การต้มด้วยด่าง

ดัดแปลงจาก ไศรดา และคณะ (2560) นำกากมะพร้าวจากข้อ 1.3 ผสมกับสารละลาย NaOH ความเข้มข้น 10% (w/v) ที่อัตราส่วนกากเนื้อมะพร้าวต่อสารละลายด่าง 1:10 (w/v) ที่อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 2 h หลังจากนั้นกรองเยื่อแล้วล้างด้วยน้ำกลั่นจน pH เป็นกลาง

2) การกำจัดลิกนิน

ดัดแปลงจาก ไศรดา และคณะ (2560) นำกากเนื้อมะพร้าวที่ผ่านการต้มด้วยด่างนำมากำจัดลิกนินด้วยสารละลาย NaClO₂ ความเข้มข้น 1.0% (w/v) ที่ปรับค่าพีเอชเป็น 4 ด้วยกรดอะซิติกเข้มข้น โดยใช้น้ำหนักของกากเนื้อมะพร้าวต่อสารละลายในอัตราส่วน 1:30 (w/v) ที่อุณหภูมิ 75 °C เป็นเวลา 2 h จากนั้นกรองกากเนื้อมะพร้าวและล้างด้วยน้ำกลั่นจน pH เป็นกลาง ทำซ้ำอีก 2 รอบ นำกากเนื้อมะพร้าวที่ได้ไปอบแห้งด้วยตู้อบแบบถาดอุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 2 h และนำมาบดด้วย Hammer mill (Hosokawa Micron, รุ่น AP-S, Hosokawa Micron Corporation, Japan.)

3. กระบวนการสังเคราะห์คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) จากกากเนื้อมะพร้าว

ดัดแปลงจาก Rachtanapun et al. (2012) โดยนำเซลลูโลสที่เตรียมจากกากเนื้อมะพร้าวปริมาณ 15 กรัม ผสมกับสารละลาย NaOH ความเข้มข้น 40% 50 มิลลิลิตร และไอโซโพรพานอลให้ได้ปริมาตรรวม 450 มิลลิลิตร บ่มกวนเป็นเวลา 30 min เติมกรดโมโนคลอโรอะซิติก 18 กรัม แล้วบ่มกวนต่อไปอีกเป็นเวลา 30 min นำเข้าเตาอบเพื่อทำปฏิกิริยาต่อที่ 55 °C เป็นเวลา 3 h 30 min รินส่วนที่เป็นของเหลวออก นำส่วนเหนียวคล้ายเจลคนในเมทานอลความเข้มข้น 70% ปริมาณ 100 มิลลิลิตร ปรับค่าพีเอชของสารละลายให้เป็นกลางด้วยกรดอะซิติก 90% จากนั้นกรองส่วนเหนียวคล้ายเจลออก ล้างด้วยเอทานอลความเข้มข้น 70% 300 มิลลิลิตร 6 ครั้งโดยแต่ละครั้งละ 10 min นำ CMC ที่สังเคราะห์ได้ไปอบแห้งที่ 60 °C นาน 24 h เตรียม CMC ทั้งหมดสามารถรอบโดยใช้สภาวะเดียวกันจากนั้นนำตัวอย่างที่ได้ไปวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและทางกายภาพ โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD และ ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan

4. ศึกษาคุณภาพทางเคมีและทางกายภาพของ CMC

1) การศึกษาหาองค์ประกอบทางโครงสร้างเคมีของ CMC ด้วย Fourier Transform Infrared Spectrophotometer (FT-IR)

นำตัวอย่าง CMC จากกากเนื้อมะพร้าวและ CMC ทางการค้ามาอบแห้งเพื่อไล่ความชื้น แล้วทำการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันด้วยเครื่อง FT-IR (รุ่น JIR-SPX200, JEOL, Japan) โดยวิเคราะห์ในช่วงความยาวคลื่นระหว่าง 4,000–400 cm⁻¹

2) ระดับการแทนที่ (Degree of Substitution, DS)

ละลายคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสในกรดไนตริกเข้มข้น เพื่อให้หมู่ไฮดรอกซิลไปแทนที่หมู่คาร์บอกซีเมทิลในคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสแล้วทำการล้างกำจัดกรดส่วนเกินออกด้วยเอทานอลแล้วนำไปอบให้แห้ง นำคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสไปละลายในสารละลาย NaOH ความเข้มข้น 0.5 N แล้วไทเทรตสารละลายด้วยกรดไฮโดรคลอริก เพื่อหาปริมาณ NaOH ที่เหลืออยู่ในสารละลาย

5. การศึกษาอัตราส่วนของสารตัวพาและสารเพิ่มความคงตัว

1) ศึกษาอัตราส่วนของสารตัวพา

ศึกษาอัตราส่วนของปริมาณมอลโทเดกซ์ทริน (MD) ที่เหมาะสม โดยนำกะทิผสมกับ MD ที่แตกต่างกัน 2 ระดับ คือ 20 และ 25 กรัมต่อกะทิ 100 กรัม นำเข้าเครื่อง Mini Spray Dryer (BUCHI, รุ่น B-290, BUCHI (Thailand) Ltd., Thailand.) โดยใช้อุณหภูมิขาเข้าที่ 160-200 °C และอุณหภูมิขาออกที่ 90-130 °C

Table 1 Ratio of drying carrier and condition in spray drying coconut milk powder.

Treatment	Coconut milk (g)	Maltodextrin (g)	Inlet Temperatures (°C)	Outlet Temperatures (°C)	Result
1	100	20	160	90	✗
2			180	110	✓
3			200	130	✓
4	100	25	160	90	✗
5			180	110	✓
6			200	130	✓

✓ means can be dried into coconut milk powder.

✗ means cannot be dried into coconut milk powder.

5.2 ศึกษาอัตราส่วนสารเพิ่มความคงตัว

ประเมินผลความคงตัวด้วยค่า Emulsion Stability (ES) โดยให้ความร้อนกะทิและนำไปผสม CMC จากกากมะพร้าวที่อัตราส่วน 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5 และ 0.6 กรัมต่อกะทิ 100 กรัม จากนั้นตั้งทิ้งไว้จนกะทิแยกชั้นเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของอิมัลชัน (Emulsion phase) กับส่วนของน้ำ คำนวณค่า ES ตาม Equation 1

$$ES = \frac{\text{Emulsion phase height}}{\text{Total height coconut milk}} \times 100 \quad (1)$$

เมื่อได้อัตราส่วนที่เหมาะสมแล้วนำกะทิผสมสารตัวพาและสารเพิ่มความคงตัวนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70 °C นาน 1 min แล้วโฮโมจีไนส์ด้วย Homogenizer (Benchmark Scientific, รุ่น D1000-E, Benchmark Scientific Inc., USA) จากนั้นนำไปผ่านกระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอยด้วย Mini Spray Dryer B-290 (BUCHI, รุ่น B-290, BUCHI (Thailand) Ltd., Thailand.) โดยการศึกษาปัจจัยในการทำแห้ง คือ ปริมาณสารตัวพาและสารเพิ่มความคงตัว และควบคุมอุณหภูมิอากาศขาเข้า 180 °C อุณหภูมิอากาศขาออก 110 °C %อัตราการดูดลมเข้า 100% และ %ความเร็วป้อน 20% จากนั้นนำกะทิผงที่ได้ไปศึกษาคุณภาพทางเคมีและทางกายภาพ

6. ศึกษาคุณภาพทางเคมีและทางกายภาพของผลิตภัณฑ์กะทิผงที่ได้จากการทำแห้งแบบพ่นฝอย

1) ร้อยละผลผลิตที่ได้ (%yield) และ % Powder Recovery

คำนวณค่าร้อยละผลผลิตที่ได้ (%yield) และ % powder recovery โดยใช้สมการตาม Equation 2 และ Equation 3

$$\%Yield = \frac{\text{Weight of sample after drying}}{\text{Weight of sample after drying}} \times 100 \quad (2)$$

$$\%Powder\ recovery = \frac{\text{Dry weight of the sample after drying}}{\text{Dry weight of the sample}} \times 100 \quad (3)$$

2) ปริมาณน้ำอิสระ (Water Activity)

วัดด้วยเครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ นำตัวอย่างใส่ในถ้วยตัวอย่างปริมาณครึ่งถ้วย นำถ้วยตัวอย่างเปิดฝาทิ้งไว้ในช่องวัดค่า aw ปิดที่ตึงช่องใส่ตัวอย่างไปที่ READ รอจนเครื่องมือเสถียร อ่านค่า aw จากเครื่อง

3) ค่าการละลาย (Solubility)

ชั่งตัวอย่างผง 2.5 กรัม นำไปละลายในน้ำกลั่นปริมาตร 30 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปหมุนเหวี่ยงด้วยอัตราเร็ว 3,000 rpm เป็นเวลา 15 min แยกส่วนใสนำไปอบที่อุณหภูมิ 105 °C 24 h คำนวณค่าความสามารถในการละลาย โดยใช้สมการตาม Equation 4

$$\text{Solubility (\%)} = \frac{\text{Weight of solution after drying}}{\text{Weight of sample}} \times 100 \quad (4)$$

4) ความสามารถในการเปียก (Wettability)

นำน้ำกลั่นจำนวน 100 มิลลิลิตร ใส่บีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร กำหนดให้มีระยะห่างระหว่างน้ำกลั่นกับจุดปล่อยกะทิผง 10 เซนติเมตร นำกะทิผง 0.1 กรัม เทลงในบีกเกอร์ตรงจุดที่กำหนดพร้อมจับเวลาจนกว่ากะทิผงจะเปียกน้ำทั้งหมด

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

กากมะพร้าวหลังคั้นกะทิมีปริมาณไขมันสูงถึง 36.22% ถึงแม้ว่าจะผ่านการคั้นกะทิ 3 รอบแล้วก็ตาม แต่เมื่อทำการกำจัดไขมันด้วยเฮกเซนพบว่ากากมะพร้าวเหลือปริมาณไขมัน 0.73% การบดลดขนาดแบบเปียกเป็นการทำลายโครงสร้างเมทริกซ์ของใยอาหารที่มีลักษณะคล้ายรังผึ้งและทำให้โครงสร้างยุบตัว น้ำที่ใช้ในการบดจะเข้าไปจับกับอนุภาคที่แตกออก เมื่อบีบน้ำออกอนุภาคที่จับกับน้ำจะหลุดออกไปกับน้ำ

เนื่องจากกากมะพร้าวมีองค์ประกอบหลักคือเซลลูโลสซึ่งไม่ละลายน้ำแต่สามารถดัดแปรโครงสร้างให้สามารถละลายน้ำได้ด้วยการใส่สารละลาย NaOH ลงไปในเซลลูโลสบริสุทธิ์เพื่อให้เส้นใยพองตัว จากนั้นให้ทำปฏิกิริยากับโซเดียมโมโนคลอไรด์เตท โดยการแทนที่ของหมู่ $-\text{CH}_2\text{COOH}$ (Carboxymethyl Groups) บนหมู่ $-\text{OH}$ (Hydroxyl Group) 3 หมู่ของหน่วยย่อยของเซลลูโลสเกิดเป็น Ether Linkage ดังนั้นจึงได้ศึกษาการนำเซลลูโลสจากกากมะพร้าวมา

ดัดแปลงโครงสร้างให้มีความคล้ายกับ CMC เพื่อให้กากมะพร้าวมีคุณสมบัติที่คาดว่าจะใช้ในการเป็นสารตัวพาในการทำแท่งกะทิแบบพ่นฝอยได้

จากการนำกากมะพร้าวที่ผ่านการลดไขมันมาสกัดเซลลูโลสและผ่านกระบวนการสังเคราะห์คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส จากการทดลองพบว่าได้คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจากกากมะพร้าว 63.28 กรัม จากกากมะพร้าวแห้ง 112.92 กรัม และผล FT-IR spectra วิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่ได้จากกากมะพร้าวและคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสทางการค้า แสดงดัง Fig. 2 โครงสร้างทางเคมีของคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสประกอบด้วยหมู่ฟังก์ชันหลัก ได้แก่ หมู่ไฮดรอกซิล ไฮโดรคาร์บอน คาร์บอนิล และอีเทอร์ และลักษณะของเส้นกราฟที่ได้พบว่ามีที่ 2900 cm ปรากฏพีก -CH stretching, 1600 cm ปรากฏพีก -COO group, 1430 cm ปรากฏพีก -CH bending และ 1080 ปรากฏพีก -C-O-C stretching เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบค่าความถี่ของคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจากกากมะพร้าวกับคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสทางการค้า พบว่า peak ที่แต่ละ Wavenumber มีลักษณะใกล้เคียงกัน

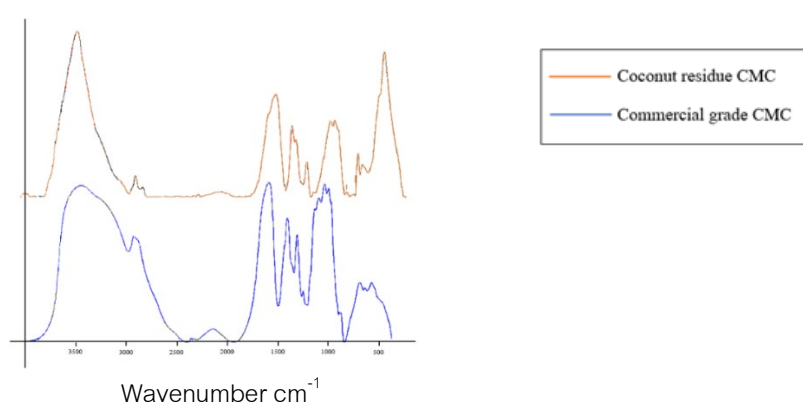


Fig. 2 FT-IR spectra show functional group of Commercial CMC and Coconut residue CMC

จากนั้นทดลองนำ CMC ทางการค้ามาใช้เป็นสารตัวพาในการทดลองโดยเลือกใช้สภาวะการอบแห้งคือ อุณหภูมิอากาศเข้าและขาออกที่ 180 °C และ 110 °C ตามลำดับ เนื่องจากหากเพิ่มอุณหภูมิอากาศร้อนขาเข้าจะเป็นการเพิ่มแรงขับเคลื่อนน้ำในผลิตภัณฑ์อาหารผงให้ระเหยออกไป และเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนของการอบแห้ง หรืออีกนัยหนึ่งมีความสิ้นเปลืองพลังงานที่ใช้ในการอบแห้งผลิตภัณฑ์และอาหารผงมีค่าลดลง (คณิตนันท์, 2557) และใช้ปริมาณ CMC 20 กรัมต่อกะทิ 100 กรัม จากผลการทดลองพบว่า CMC ไม่สามารถใช้เป็นสารตัวพาได้เนื่องจากไม่มีคุณสมบัติใช้เป็นสารตัวพา คือ ไม่สามารถช่วยปรับปรุงคุณภาพและเพิ่มปริมาณผลผลิตให้สูงขึ้นได้แต่อย่างไรก็ตามจากการทดลองพบว่า CMC มีคุณสมบัติเป็นอิมัลซิไฟเออร์เนื่องจากเมื่อเติม CMC กะทิไม่เกิดการแยกชั้นระหว่างอยู่ในภาชนะเพื่อรอการบดเข้าสู่เครื่องทำแท่ง ซึ่งต่างจากการเติม MD เพียงอย่างเดียวที่กะทิจะเกิดการแยกชั้นซึ่งอาจส่งผลกับคุณลักษณะและสมบัติของกะทิผงที่ได้ ดังนั้นจึงทำการศึกษาการใช้ MD ร่วมกับ CMC กากมะพร้าวในการทำแท่งกะทิแบบพ่นฝอยเพื่อช่วยไม่ให้กะทิเกิดการแยกชั้นระหว่างการทำแท่ง และเพื่อคุณลักษณะที่ดีของกะทิผงโดยศึกษาการสังเคราะห์ CMC จากกากมะพร้าวเพื่อนำมาใช้ในการผลิตกะทิผง



Fig. 1 Coconut milk and maltodextrin were separated before spray drying.

ในการสังเคราะห์ CMC จำเป็นต้องใช้เซลลูโลสที่มีความบริสุทธิ์โดยการกำจัดองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ลิกนิน และเฮมิเซลลูโลสออกซึ่งการกำจัดเฮมิเซลลูโลสทำได้ในขั้นตอนการต้มด้วยด่าง โดยสารละลายด่างจะเข้าทำปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสกับเฮมิเซลลูโลส และทำการกำจัดลิกนินด้วยสารละลายที่มีความสามารถในการออกซิไดซ์ในงานวิจัยนี้ทดลองนำกากมะพร้าวที่ผ่านการลดไขมันมาสกัดเซลลูโลส จากการทดลองพบว่ากากมะพร้าวมีผลผลิต 53% และปริมาณเซลลูโลสเท่ากับ 40.66% การสกัดเซลลูโลสโดยการนำกากมะพร้าวแช่ในสารละลาย NaOH ทำให้องค์ประกอบของกากมะพร้าวที่ไม่ทนต่อด่างละลายออกมาอยู่ในรูปของสารละลายส่งผลให้ลิกนินลดลง

CMC ทางการค้า และ CMC กากมะพร้าวมีค่า DS. เท่ากับ 0.73 และ 0.80 ตามลำดับ ค่า DS. ที่สูงของ CMC กากมะพร้าวแสดงถึงปฏิกิริยาการแทนที่หมู่ไฮดรอกซิลด้วยหมู่คาร์บอกซีเมทิลต่อหนึ่งโมเลกุลกลูโคสและมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับเกรดการค้า (ไครดา และคณะ, 2560)

ตารางที่ 2 Emulsion stability (ES) of Coconut milk

Treatment	Coconut milk (g)	Coconut residue CMC (g)	Emulsion Stability (%)
1	100	0.1	61.29
2	100	0.2	62.50
3	100	0.3	63.63
4	100	0.4	65.62
5	100	0.5	75.00
6	100	0.6	87.50

จากตารางที่ 2 ศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของ CMC ที่ได้จากกากมะพร้าวในการทำแห้งกะทิผงโดยพิจารณาจากความคงตัว ศึกษาค่า Emulsion Stability (ES) จากการทดลองพบว่ากะทิสดหากไม่เติมสารเพิ่มความคงตัวจะส่งผลให้เกิดการแยกชั้นอย่างชัดเจน ระบบอิมัลชัน oil-in-water ควรค่า ES สูงกว่าร้อยละ 80 และการเพิ่มความคงตัวของน้ำกะทิแปรผันตรงกับปริมาณ CMC ที่เติมลงไป การเติม CMC ที่ได้จากกากมะพร้าวในปริมาณ 0.1-0.5% w/v ไม่เพียงพอต่อการเพิ่มความคงตัวกะทิ แต่เมื่อเพิ่มปริมาณมากกว่าร้อยละ 0.6 พบว่ากะทิจะมีความหนืดมากขึ้นจนเกินไปจนเปลี่ยนเป็นสภาพคล้ายเจล ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจากกากมะพร้าวที่ระดับความเข้มข้น 0.6% w/v สามารถป้องกันการรวมตัวของเม็ดไขมันได้

Table 3 Effects of coconut milk powder production using carboxymethyl cellulose from coconut residue as a emulsifier on spray drying.

Treatment	%yield	Powder recovery (%)	Solubility (%)	Wettability (s)	aw
1 (MD 20g)	16.20±0.175 ^{ns}	74.28±0.389 ^{ns}	92.21±0.163 ^a	5.56±0.090 ^a	0.36±0.003 ^{ns}
2 (MD 25g)	16.43±0.135 ^{ns}	73.72±0.676 ^{ns}	92.31±0.266 ^a	5.49±0.140 ^a	0.35±0.018 ^{ns}
3 (MD 20g + CMC coconut residue 0.6g)	16.39±0.057 ^{ns}	73.95±0.192 ^{ns}	98.10±0.189 ^b	4.19±0.085 ^b	0.35±0.068 ^{ns}
4 (MD 25g + CMC coconut residue 0.6g)	16.32±0.066 ^{ns}	73.91±0.469 ^{ns}	98.87±0.246 ^b	4.33±0.342 ^b	0.35±0.099 ^{ns}

a,b,c,d Different letters in the same column mean significant differences ($p > 0.05$)

ns is not significantly different statistically at 95%

เมื่อได้อัตราส่วนที่เหมาะสมของการเติม CMC จากกากมะพร้าวเพื่อทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟเออร์ จึงทำการทดลองทำแห้งกะทิผงด้วยวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอย อัตราส่วนของกะทิและอิมัลซิไฟเออร์ที่อัตราส่วนสารตัวพา 20 กรัม ต่อกะทิ 100 กรัม และเติมสาร CMC 0.6 กรัม จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าปริมาณผลผลิต (%yield) และ %Powder recovery ของกะทิผงมีค่าซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่ปริมาณ % Powder recovery สูงแสดงให้เห็นว่ามีการเกาะติดของผงที่ผนังของเครื่องอบแห้งในปริมาณที่น้อย

ค่าการละลาย ตามตารางที่ 3 ผลการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เห็นได้ว่ากะทิผงที่ใช้ CMC จากกากมะพร้าวเป็นอิมัลซิไฟเออร์มีความสามารถในการละลายน้ำได้ดีกว่ากะทิผงที่ใช้ MD เพียงอย่างเดียว

ความสามารถในการเปียก คือ ความสามารถของผงที่จะยอมให้น้ำแทรกผ่านเข้าไปที่อุณหภูมิหนึ่งเป็นคุณสมบัติที่บ่งบอกถึงความสามารถคืนตัวเมื่อเติมน้ำของอาหารขงละลายทันที จากค่า Wettability ของกะทิผงที่ใช้ CMC จากกากมะพร้าวเป็นอิมัลซิไฟเออร์พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับกะทิผงที่ใช้สารตัวพาเพียงอย่างเดียว

ปริมาณ aw ของกะทิผงไม่แตกต่างกันมาก จากผลการทดลองมีค่าอยู่ระหว่าง 0.35-0.36 ซึ่งในอาหารแห้งควรมีค่าน้อยกว่า 0.6 aw มีบทบาทสำคัญมากต่อการแปรรูปและการเก็บรักษาอาหารอบแห้งโดยมีผลต่อปฏิกิริยาที่ทำให้อาหารเน่าเสีย การเจริญหรือความคงตัวของจุลินทรีย์ และปฏิกิริยาทางชีวเคมีที่เกิดขึ้นภายในอาหารซึ่งมีความสัมพันธ์กับความคงตัวของอาหาร

สรุป

กากมะพร้าวที่ได้จากการคั้นกะทิและบดลดขนาดมาลดปริมาณไขมันจนเหลือปริมาณไขมันเท่ากับ 0.73% นำไปสกัดเซลลูโลสจากนั้นนำไปสังเคราะห์ CMC สามารถใช้เป็นอิมัลซิไฟเออร์ในการเตรียมตัวอย่างอบแห้งกะทิผงโดยใช้สภาวะการทำแห้งคือ อุณหภูมิอากาศเข้าและขาออกที่ 180 °C และ 110 °C ตามลำดับ และใช้ปริมาณ MD เป็นสารตัวพา 20 ต่อกะทิ 100 กรัม และเติมสาร CMC 0.6 กรัม การทดลองพบว่า CMC จากกากมะพร้าวช่วยให้ส่วนผสมก่อนอบแห้งมีค่า Emulsion stability (ES) สูงที่สุด กะทิผงมีคุณภาพดีและมีปริมาณผลผลิตที่ได้สูง และ Wettability ต่ำ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์วีระเชษฐ์ จิตตานิษฐ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุวิมล เจริญสิทธิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้เสียสละเวลาและกรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ พร้อมทั้งปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ด้วยความเอาใจใส่อย่างดียิ่งตลอดมา

ขอขอบคุณสาขาอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้ความกรุณาสับสนุน
มอบทุนนำเสนองานในการประชุมทางวิชาการ

เอกสารอ้างอิง

- คณิตนันท์ เอช. 2557. การศึกษาผลของสภาวะการอบแห้งแบบพ่นฝอยที่มีต่อคุณภาพและลักษณะทางกายภาพของ
น้ำตาลมะพร้าวผง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- มุก ลีมนัน, พิณทิพย์ รัมภากาภรณ์. 2560. การเตรียมกากมะพร้าวจากกากคั้นกะทิเพื่อนำไปดัดแปรทางเคมีและเสริมใน
ผลิตภัณฑ์อาหาร. ใน: รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 55. สาขา
วิทยาศาสตร์และพันธุวิศวกรรม, สาขาสถาปัตยกรรมศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์, สาขาอุตสาหกรรมเกษตร,
สาขาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. หน้า 811-812.
- ไศรดา กนกพานนท์, ชารีฟ อินทพันธ์, อภิตา บุญศิริ. 2560. การสังเคราะห์คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจากเปลือกมะพร้าว
อ่อน. วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์ 4(4): 60-65.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2528. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกะทิสำเร็จรูป. มอก. 582-2528.
มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.
- Rachtanapun, P.; Luangkamin, S.; Tanprasert, K.; Suriyatem, R. 2012. Carboxymethyl cellulose film from durian
rind. LWT-Food Sci. Technol. 48: 52-58.
- Yalegama, L. L. W. C., Karunaratne, D. N., Sivakanesan, R., Jayasekara, C. 2013. Chemical and functional
properties of fibre concentrates obtained from by-products of coconut kernel. Food Chemistry. 141(1): 124-130.