

ผลของวิธีการสกัดต่อคุณสมบัติของสารสกัดเซลลูโลสจากกากเมล็ดมะรุม**

Effect of the Extraction Methods on the Properties of Moringa Seed Cake Cellulose**

ฐิตา ฟูเผ่า*¹ อัจฉรา พรหมแสง² พัทธรา อันโต² และ วีระ พุ่มเกิด¹

¹หลักสูตรเทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร โรงเรียนการเรือน มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

²หลักสูตรวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร โรงเรียนการเรือน มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

Tita Foophow*¹ Atchara Promsang² Phatchara Onto² and Weera Bhumgerd¹

¹Department of Food Processing Technology, School of Culinary Arts,
Suan Dusit Rajabhat University

²Department of Food Science and Technology, School of Culinary Arts,
Suan Dusit Rajabhat University

บทคัดย่อ

กากเมล็ดมะรุมเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากการสกัดน้ำมันเมล็ดมะรุม ซึ่งเป็นแหล่งของเส้นใยอาหารที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอาหารได้ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการสกัดเซลลูโลส 2 วิธี ได้แก่ การสกัดเบื้องต้นด้วยน้ำร้อนหรือเอนไซม์ร่วมกับวิธีการสกัดด้วยต่าง หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์คุณสมบัติของสารสกัดเซลลูโลสจากกากเมล็ดมะรุม ผลการศึกษาพบว่าองค์ประกอบทางเคมีของกากเมล็ดมะรุมประกอบด้วยปริมาณเส้นใยสูงถึง 31.03% โดยน้ำหนักแห้ง และวิธีการสกัดที่เหมาะสมในการสกัดเซลลูโลสจากกากเมล็ดมะรุมคือการสกัดเบื้องต้นด้วยน้ำร้อนร่วมกับวิธีการสกัดด้วยต่าง โดยใช้อุณหภูมิพรีไฮโดรไลซิสที่ 70 องศาเซลเซียส และความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5%(w/v) ได้ปริมาณเซลลูโลสของสารสกัดกากเมล็ดมะรุมอยู่ที่ 96.54% และเซลลูโลสที่ได้มีความสามารถในการพองตัว 8.79 กรัม/น้ำต่อกรัมตัวอย่างสารสกัดเซลลูโลสที่ได้มีความสามารถในการอุ้มน้ำและอุ้มน้ำมันที่ดีกว่าสารสกัดเซลลูโลสจากวิธีการสกัดด้วยเอนไซม์ สารสกัดเซลลูโลสที่ได้มีปริมาณเส้นใยสูงถึง 70.74% และเส้นใยที่มีความยาวประมาณ 30-60 ไมโครเมตร ดังนั้นกากเมล็ดมะรุมจึงเป็นวัสดุเหลือทิ้งที่เหมาะสมในการนำมาสกัดเซลลูโลส และเซลลูโลสที่สกัดได้สามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นวัตถุดิบแต่งอาหารได้ในอนาคต

คำสำคัญ : กากเมล็ดมะรุม เซลลูโลส การสกัด โยอาหาร

* ผู้ประสานงานหลัก (Corresponding Author)

e-mail: tita_foo@dusit.ac.th

**งานวิจัยเรื่องนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

Abstract

Moringa seed cake is a residue from Moringa oil extraction. The cake contains dietary fiber which can be used in food industry. The objectives of this research were to study the two prehydrolysis methods for extraction of cellulose from Moringa seed cake, and to analyze the properties of Moringa seed cake cellulose (MSC). The prehydrolysis is by using the pretreatment of hot water or enzyme prior to alkali extraction. The results showed that the cake consisted of fiber with an average value of 31.03% on a dry matter basis. The suitable method for cellulose extraction was the hot water extraction with a pre-hydrolysis temperature at 70°C and 5% NaOH (w/v). MSC contained 96.54% in cellulose content and 8.79 g water/g sample in swelling capacity. Moreover, the water and oil holding capacity of MSC from the hot water extract were higher than those of MSC from the enzyme extract. MSC consisted of high fiber with 70.74% on a dry matter basis, and had the length of 30-60 mm. Therefore, Moringa seed cake is the proper residue for cellulose extraction, which can be applied for use as a food additive in the future.

Keywords : Moringa seed cake, cellulose, extraction, dietary fiber

บทนำ

มะรุมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Moringa oleifera* Lam. จัดอยู่ในวงศ์ Moringaceae มะรุถูกนำมาใช้ประโยชน์ในด้านอุตสาหกรรมเพิ่มมากขึ้นทุกปีไม่ว่าจะเป็นทางด้านอาหาร ยา เครื่องสำอาง และสิ่งทอ เป็นต้น ในปัจจุบันได้มีการนำเมล็ดมะรุมาสกัดเป็นน้ำมัน และจำหน่ายเป็นผลิตภัณฑ์น้ำมันมะรุเพื่อใช้ในการปรุงอาหาร และบำรุงผิวพรรณ น้ำมันมะรุเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคอย่างมากเนื่องจากในน้ำมันมะรุมีสาร tocopherols ซึ่งมีคุณสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Mani, Jaya & Vadivambal, 2007) เมื่อเมล็ดมะรุถูกสกัดเอาน้ำมันออกแล้ว จะมีส่วนเหลือทิ้งที่เรียกว่ากากเมล็ดมะรุอยู่เป็นจำนวนมาก โดยกากเมล็ดมะรุได้มีการนำมาใช้ในการกรอง หรือทำน้ำให้บริสุทธิ์เป็นน้ำดื่มได้ เนื่องจากกากเมล็ดมะรุประกอบด้วยสาร Hemagglutinins หรือ Lectins ซึ่งมีคุณสมบัติในการเป็นยาฆ่าเชื้อแบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพสูง (Ferreira et al., 2011) แต่อย่างไรก็ตามการเพิ่มทางเลือกในการนำกากเมล็ดมะรุไปใช้ให้เกิดประโยชน์ก็เป็นสิ่งที่จำเป็นและน่าสนใจ ซึ่งเป็นการเพิ่มมูลค่าของวัสดุเหลือทิ้งได้อีกทางหนึ่ง

เซลลูโลส (Cellulose) เป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์ในพืช ซึ่งเป็นเส้นใยที่ไม่ละลายน้ำ โครงสร้างประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคส (Glucose) ต่อกันด้วยพันธะไกลโคซิดิก (Glycosidic Bond) ชนิด เบต้า-1,4 เป็นสายยาวมากกว่า 2,000 หน่วย แต่ละสายของเซลลูโลสเรียงตัวขนานกัน จับกันอย่างหลวม ๆ

เซลลูโลสมีความสำคัญในอุตสาหกรรมอาหารอย่างมาก เนื่องด้วยคุณสมบัติในการเป็นสารเพิ่มปริมาณ (Bulking agent) สารที่ทำให้คงตัว (Stabilizer) สารเพิ่มความข้นหนืด (Thickener) และสารกันการรวมตัว เป็นก้อน (Anticaking Agent) สามารถดูดซับน้ำหรือจับกับน้ำได้ดี ในอุตสาหกรรมอาหารมีการนำเซลลูโลส มาใช้เป็นสารให้ความคงตัวในน้ำผลไม้ ช่วยลดการอมน้ำมันในผลิตภัณฑ์อาหารทอด และช่วยเพิ่มการพอง ตัวในขนมขบเคี้ยว เป็นต้น (Ang & Miller, 1990) ด้วยคุณสมบัติที่หลากหลายของเซลลูโลส จึงมีงานวิจัยที่ ได้ทำการศึกษาถึงวิธีการสกัดและการทำให้เซลลูโลสบริสุทธิ์ในพืชหลายชนิด วิธีในการสกัดเซลลูโลสมักเป็น การกำจัดองค์ประกอบที่ไม่ต้องการออก ตัวอย่างเช่น การสกัดแป้งต้นด้วยน้ำร้อนร่วมกับวิธีการสกัดด้วย ต่าง (Sun et al., 2004; Prakongpan, Nitithamyong & Luangpituksa, 2002) ซึ่งมีการกำจัด องค์ประกอบและเส้นใยที่ละลายน้ำด้วยน้ำร้อน กำจัดลิกนินออกจากเส้นใยที่ไม่ละลายน้ำด้วยกรด และกำจัด โปรตีน เพคติน เฮมิเซลลูโลส สารประกอบพวกฟีนอลิกและสารในกลุ่มไขมันที่ไม่ละลายน้ำ ออกด้วยการใช้ ต่าง (Wallter et al., 1997) เป็นต้น วิธีการสกัดนี้ทำได้ง่าย ค่าใช้จ่ายน้อย และในกระบวนการสกัดมี การกวนผสมซึ่งส่งผลต่อความสามารถในการอุ้มน้ำที่สูงขึ้นและความหนาแน่นที่ลดลงของสารสกัดเซลลูโลส (Punnavarakul & Sangnark, 2009) นอกจากนี้ยังมีการสกัดแป้งต้นด้วยเอนไซม์ร่วมกับวิธีการสกัดด้วย ต่าง (Sun & Hughes, 1998) โดยมีการใช้เอนไซม์โปรตีเอสในการกำจัดโปรตีน เอนไซม์เพคตินเนสในการ กำจัดเพคติน หลังจากนั้นจึงนำเส้นใยที่ได้มากำจัดด้วยต่างต่อไป วิธีการนี้ในขั้นตอนสุดท้ายการปรับค่าความ เป็นกรด-ด่างให้เป็นกลาง มีการล้างด้วยน้ำกลั่นน้อย ส่งผลให้มีปริมาณผลผลิตสารสกัดค่อนข้างสูง

ในการนำกากเมล็ดมะรุมไปใช้ในเกิดประโยชน์จำเป็นต้องมีการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของ กากเมล็ดมะรุม เพื่อทราบถึงองค์ประกอบที่เหลืออยู่ในกากเมล็ดมะรุม จากผลการทดลองแป้งต้นพบว่า กากเมล็ดมะรุมมีเส้นใยสูงถึง 31.03% โดยน้ำหนักแห้ง ดังนั้นการสกัดเส้นใยจากกากเมล็ดมะรุมมาใช้ ประโยชน์จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาวิธีการสกัดและสภาวะในการสกัด เซลลูโลส ซึ่งเป็นเส้นใยที่มีประโยชน์และมีการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารที่หลากหลาย รวมทั้งมี การศึกษาคุณสมบัติของเซลลูโลสจากกากเมล็ดมะรุมที่ได้นี้จึงเป็นการนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร มาใช้ให้เกิดประโยชน์ และอาจนำมาประยุกต์ใช้เป็นวัตถุดิบแต่งในอาหารทดแทนเซลลูโลสผงทางการค้าได้ ในอนาคต

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาวิธีการสกัด และสภาวะในการสกัดเซลลูโลสจากกากเมล็ดมะรุม
2. ศึกษาคุณสมบัติของเซลลูโลสจากกากเมล็ดมะรุม

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1. เครื่องมือและอุปกรณ์

- 1.1 ตู้อบลมร้อน (Hot air oven) (Memmer/USA)
- 1.2 เครื่องวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (Soxtec2050/Sweden)
- 1.3 เครื่องวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (2200kjelttec/Sweden)
- 1.4 เครื่องวิเคราะห์ปริมาณเส้นใย (1020kjelttec/Sweden)
- 1.5 เตาเผา (Muffle furnace) (F6010Thermolyne/USA)
- 1.6 เครื่องชั่งแบบละเอียด 4 ตำแหน่ง (240Aprecisa/Switzerland)
- 1.7 เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH Meter) (Percisa/Switzerland)
- 1.8 เครื่องวัดสี (Portable Colorimeter) (CR300 Minolta/China)
- 1.9 เครื่องเหวี่ยงแยก (Centrifuge) (Beckman/USA)
- 1.10 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope) (Hitachi-S4700/Japan)

2. วิธีการทดลอง

2.1 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

นำกากเมล็ดมะรุมที่ได้หลังจากการสกัดน้ำมันมะรุมซึ่งได้รับความอนุเคราะห์จากมูลนิธิชัยพัฒนาและสารสกัดเซลลูโลสจากกากเมล็ดมะรุมมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ตามวิธีของ AOAC (2005)

2.2 ศึกษาวิธีการสกัด และสภาวะในการสกัดเซลลูโลสจากกากเมล็ดมะรุม

2.2.1 การสกัดเซลลูโลสเบื้องต้นด้วยน้ำร้อนร่วมกับวิธีการสกัดด้วยต่าง ดัดแปลงตามวิธีของ Sun et al. (2004)

ชั่งกากเมล็ดมะรุม 10 กรัม เติมน้ำกลั่นปริมาตร 200 มิลลิลิตร และศึกษาอุณหภูมิฟรีไฮโดรไลซิสโดยให้ความร้อน 2ระดับ ที่อุณหภูมิ 70 และ 90 องศาเซลเซียสจนผสมเป็นเวลา 1 ชั่วโมง กรองด้วยผ้าขาวบาง และนำใยอาหารที่ได้มาปรับด้วยสารละลายกรดอะซิติกความเข้มข้น 10% (v/v) ให้ได้ค่าความเป็นกรด-ด่างที่ 3.5-4.0 ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส จนผสมเป็นเวลา 2 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำมารองด้วยผ้าขาวบาง และนำใยอาหารที่ได้มาเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 5 และ 10% (w/v) ปริมาตร 150 มิลลิลิตรจนผสมที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 ชั่วโมงกรองด้วยผ้าขาวบาง และนำเซลลูโลสที่ได้ไปล้างด้วยน้ำกลั่น จนได้ค่าความเป็นกรด-ด่างที่ 6-7.5 อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง นำไปบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช

2.2.2 การสกัดเซลลูโลสเบื้องต้นด้วยเอนไซม์ร่วมกับวิธีการสกัดด้วยต่าง ดัดแปลงตามวิธีของ Sun & Hughes (1998)

ชั่งกากเมล็ดมะรุม 10 กรัม มาทำการย่อยโปรตีนโดยใช้เอนไซม์โปรตีเอส 2.8 มิลลิลิตร (22.5 units) ในสารละลายโซเดียมฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 7.5 ปริมาตร 100 มิลลิลิตร บ่มที่ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมงหลังจากนั้นเติมเอทานอลความเข้มข้น 95% ปริมาตร 400 มิลลิลิตร กรองด้วยผ้าขาวบาง และนำใยอาหารที่ได้มากำจัดเพคตินโดยเติม EDTA ความเข้มข้น 0.2% (w/v) ปริมาตร 200 มิลลิลิตร pH 3.3 บ่มที่ 85 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ชั่วโมงกรองใยอาหารด้วยผ้าขาวบาง และเติมเอนไซม์เพคตินเนส 2.89 กรัม (3,500 Units) ในสารละลายอะซิเตตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 4.4 ปริมาตร 200 มิลลิลิตร บ่มที่ 25 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2.5 ชั่วโมง กรองด้วยผ้าขาวบาง และนำใยอาหารที่ได้มาละลายในสารละลายกรดอะซิติกความเข้มข้น 10% (v/v) ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส กวนผสมเป็นเวลา 1 ชั่วโมงหลังจากนั้นนำมารองด้วยผ้าขาวบาง และนำใยอาหารที่ได้มาเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 5 (w/v) ปริมาตร 150 มิลลิลิตรกวนผสมที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 2 ชั่วโมงกรองด้วยผ้าขาวบางและนำเซลลูโลสที่ได้ไปล้างด้วยน้ำกลั่น จนได้ค่าความเป็นกรด-ด่างที่ 6-7.5 อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง นำไปบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช

นำเซลลูโลสที่สกัดได้จากทั้งสองวิธีมาวิเคราะห์หาปริมาณเซลลูโลส (Cellulose Content) ตามวิธีของ Committee on Codex Specifications (1981) และคุณสมบัติด้านต่าง ๆ

2.3 ศึกษาคุณสมบัติของเซลลูโลสจากกากเมล็ดมะรุม

นำสารสกัดเซลลูโลสที่ได้จากกากเมล็ดมะรุมมาศึกษาคุณสมบัติในด้านต่างๆ ดังนี้

2.3.1 คุณสมบัติทางเคมี

- ปริมาณเซลลูโลส (Cellulose Content) ตามวิธีของ Committee on Codex Specifications (1981) โดยชั่งตัวอย่าง 0.125 กรัม เติมสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมต และกรดซัลฟูริกเข้มข้น ต้มให้เดือด และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น หลังจากนั้นนำสารละลายที่ได้มาไทเทรตกับเหล็ก (II) แอมโมเนียมซัลเฟต โดยใช้เฟอร์รอนเป็นอินดิเคเตอร์

2.3.2 คุณสมบัติเชิงหน้าที่

- ความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water Holding Capacity: WHC) ตามวิธีของ Committee on Codex Specifications (1981) โดยชั่งตัวอย่าง 2 กรัม เติมน้ำกลั่น 30 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 10 นาที หลังจากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 2,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที แยกของเหลวออกและชั่งน้ำหนักตัวอย่าง

- ความสามารถในการอุ้มน้ำมัน (Oil Holding Capacity: OHC) ตามวิธีของ Committee on Codex Specifications (1981) โดยชั่งตัวอย่าง 2 กรัม เติมน้ำมันปาล์ม 30 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 10 นาที หลังจากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 2,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที แยกของเหลวออกและชั่งน้ำหนักตัวอย่าง

- ความสามารถในการพองตัว (Swelling Capacity: SC) ตามวิธีของ Suriyapunpong et al. (2002) โดยชั่งตัวอย่าง 1 กรัม เติมน้ำกลั่น 15 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที หลังจากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 3,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที แยกของเหลว ออกและชั่งน้ำหนักตัวอย่าง

- ความหนาแน่นจำเพาะ (Bulk density: BD) ตามวิธีของ Kaur et al. (2007)

2.3.3 คุณสมบัติทางกายภาพ

- ค่าสี วัดค่าสีด้วยระบบ CIE (L^* , a^* , b^*) ด้วยเครื่อง Portable colorimeter
- ลักษณะสัณฐานของเซลลูโลส โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

(Scanning Electron Microscope) ที่กำลังขยาย 1,000 เท่า

2.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้ในแต่ละขั้นตอน ได้ทำการทดลอง 3 ซ้ำในขั้นตอนการศึกษาสภาวะที่เหมาะสม ในการสกัดเซลลูโลสจากกากเมล็ดมะรุมได้ทำการวางแผนการทดลองแบบ Factorial in Completely Randomized Design (CRD) โดยทำการศึกษา 2 ปัจจัยคือ อุณหภูมิ 2 ระดับที่ 70 และ 90 องศาเซลเซียส และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 2 ระดับที่ร้อยละ 5 และ 10 และทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของข้อมูลด้วยวิธีแบบ Analysis of Variance (ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ในส่วนของการเปรียบเทียบคุณสมบัติของเซลลูโลสได้ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของข้อมูล ด้วยวิธีแบบ F-Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's New Multiple Range Test โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติวิเคราะห์ SPSS Version 17.0

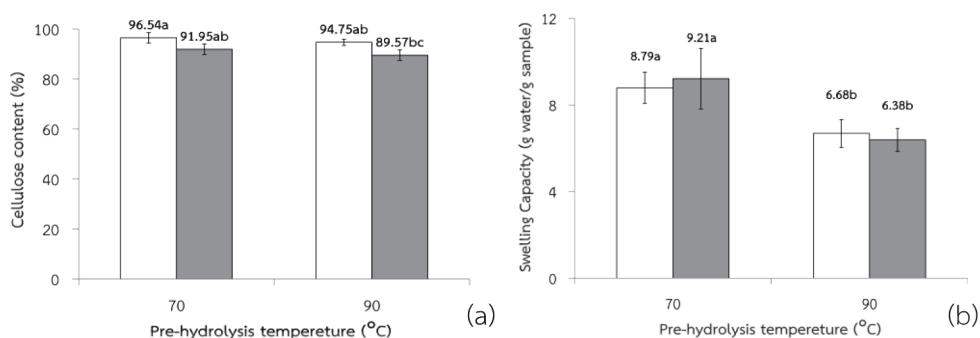
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. องค์ประกอบทางเคมีของกากเมล็ดมะรุม

กากเมล็ดมะรุมมีลักษณะเป็นแผ่นสีเขียวอมน้ำตาล แข็งและค่อนข้างแห้ง ซึ่งได้มาจากการสกัด น้ำมันมะรุม ดังนั้นจึงเป็นวัตถุดิบเหลือทิ้งที่มีการสกัดเอาไขมันออกเพียงอย่างเดียว ยังคงมีองค์ประกอบทางเคมีอื่นๆ เหลืออยู่ เมื่อนำกากเมล็ดมะรุมมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่า กากเมล็ดมะรุมมีปริมาณเส้นใยสูงถึง $31.03 \pm 0.41\%$ โดยน้ำหนักแห้งโดยปกติเซลลูโลสที่นำมาบริโภคควรสกัดมาจากพืช หรือส่วนของพืชที่บริโภคได้ และควรมีปริมาณเส้นใยอย่างต่ำ 15% โดยน้ำหนัก (Thompson, 1984) เมื่อทำการวิเคราะห์ถึงปริมาณเซลลูโลสในกากเมล็ดมะรุม พบว่า กากเมล็ดมะรุมมีปริมาณเซลลูโลสอยู่ $85.11 \pm 2.16\%$ ซึ่งมีปริมาณค่อนข้างสูง ดังนั้นกากเมล็ดมะรุมจึงเป็นวัตถุดิบที่เหมาะสมในการนำมาสกัดเซลลูโลส แต่อย่างไรก็ตามองค์ประกอบทางเคมีอื่น ๆ ของกากเมล็ดมะรุมควรมีการกำจัดออก เพื่อให้ได้ปริมาณเซลลูโลสสูงสุด และสามารถนำไปพัฒนาหรือเสริมในผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพต่อไป

2. ศึกษาวิธีการสกัด และสภาวะในการสกัดเซลลูโลสจากกากเมล็ดมะรุม

2.1 การสกัดเซลลูโลสเบื้องต้นด้วยน้ำร้อนร่วมกับวิธีการสกัดด้วยต่างดัดแปลงตามวิธีของ Sun et al., 2004 โดยได้ทำการศึกษาตัวแปร 2 ชนิด คือ อุณหภูมิพรีไฮโดรไลซิส และความเข้มข้นของ โซเดียมไฮดรอกไซด์ ได้ผลดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ผลของสภาวะการสกัดต่อปริมาณเซลลูโลสของสารสกัด (a) และความสามารถในการพองตัวของสารสกัดเซลลูโลสจากกากเมล็ดมะรุม (b) (□ คือความเข้มข้นโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5% (w/v) และ ■ คือความเข้มข้นโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10% (w/v))

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยตามตัวอักษร a-c ที่ต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า อุณหภูมิพรีไฮโดรไลซิสที่ 70 และ 90 องศาเซลเซียส ไม่มีผลต่อปริมาณเซลลูโลสของสารสกัดกากเมล็ดมะรุม (ภาพที่ 1a) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Punnavarakul & Sangnark (2009) ที่ใช้อุณหภูมิพรีไฮโดรไลซิสที่ 80-100 องศาเซลเซียส ในการสกัดเซลลูโลสจากกากอ้อย และพบว่าไม่มีผลต่อปริมาณเซลลูโลสที่สกัดได้แต่อย่างไรก็ตามอุณหภูมิพรีไฮโดรไลซิสจะส่งผลต่อความสามารถในการพองตัว โดยเมื่อใช้อุณหภูมิพรีไฮโดรไลซิสที่ 70 องศาเซลเซียส สารสกัดเซลลูโลสมีความสามารถในการพองตัวที่สูงกว่าอุณหภูมิพรีไฮโดรไลซิสที่ 90 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 1b) แสดงว่าลักษณะของเส้นใยที่ได้จากทั้ง 2 สภาวะมีความแตกต่างกัน ซึ่งขนาดอนุภาค รูปร่าง และจำนวนรูพรุนของเส้นใยจะส่งผลต่อความสามารถในการอุ้มน้ำและกักเก็บน้ำ (Pongnoree & Kongbangrerd, 2006) ส่วนความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ไม่มีผลต่อปริมาณเซลลูโลสและความสามารถในการพองตัวของสารสกัดเซลลูโลสจากกากเมล็ดมะรุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ดังนั้นการสกัดเซลลูโลสเบื้องต้นด้วยน้ำร้อนร่วมกับวิธีการสกัดด้วยต่างจึงเลือกใช้อุณหภูมิพรีไฮโดรไลซิสที่ 70 องศาเซลเซียส และความเข้มข้นโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5% (w/v)

2.2 การสกัดเซลลูโลสเบื้องต้นด้วยเอนไซม์ร่วมกับวิธีการสกัดด้วยต่าง ดัดแปลงตามวิธีของ Sun & Hughes (1998) โดยใช้เอนไซม์โปรติเอสและเพคติเนสในการกำจัดสารที่ไม่ต้องการออก ผลการทดลองพบว่าปริมาณเซลลูโลสของสารสกัดจากกากเมล็ดมะรุมสูงถึง $94.17 \pm 2.06\%$ เนื่องด้วยเอนไซม์ที่ใช้ในการสกัดมีความจำเพาะเจาะจงต่อสารตั้งต้นสูง ทำให้ได้ปริมาณเซลลูโลสสูง และมีความสามารถในการพองตัวของเซลลูโลสที่สกัดได้ค่อนข้างสูง อยู่ที่ 10.50 ± 0.14 กรัม น้ำต่อกรัม ตัวอย่าง

3. คุณสมบัติของสารสกัดเซลลูโลสจากกากเมล็ดมะรุม

ได้ทำการเปรียบเทียบคุณสมบัติของสารสกัดเซลลูโลสจากกากเมล็ดมะรุมที่สกัดเบื้องต้นด้วยน้ำร้อน และเอนไซม์ร่วมกับวิธีการสกัดด้วยต่างโดยศึกษาคุณสมบัติทางเคมี เชิงหน้าที่ และทางกายภาพของสารสกัดเซลลูโลสจากกากเมล็ดมะรุมผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 1 พบว่าปริมาณเซลลูโลสของสารสกัดมีค่าที่ใกล้เคียงกัน แสดงว่าไม่ว่าจะใช้วิธีการสกัดเบื้องต้นด้วยน้ำร้อนหรือเอนไซม์ร่วมกับวิธีการสกัดด้วยต่างก็สามารถกำจัดองค์ประกอบอื่นๆออกได้ จนมีปริมาณเซลลูโลสที่ค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับปริมาณเซลลูโลสเริ่มต้นในกากเมล็ดมะรุม (Control)

ในด้านคุณสมบัติเชิงหน้าที่ พบว่าความสามารถในการอุ้มน้ำและความสามารถในการอุ้มน้ำมันของสารสกัดเซลลูโลสจากกากเมล็ดมะรุมที่สกัดด้วยน้ำร้อนดีกว่าสารสกัดด้วยเอนไซม์อย่างไรก็ตามจะสังเกตได้ว่าความสามารถในการอุ้มน้ำจะมีค่ามากกว่าความสามารถในการอุ้มน้ำมัน เนื่องจากคุณสมบัติที่ชอบน้ำของเซลลูโลส ทำให้มีการสร้างพันธะที่แข็งแรงระหว่างเซลลูโลสกับน้ำได้ดีกว่าพันธะระหว่างเซลลูโลสกับน้ำมัน ซึ่งมีคุณสมบัติเป็น Hydrophobic สำหรับความสามารถในการพองตัวของวิธีการสกัดด้วยน้ำร้อนมีค่าน้อยกว่าวิธีการสกัดด้วยเอนไซม์ เนื่องจากลักษณะโครงสร้าง และการจัดเรียงตัวของโมเลกุลเซลลูโลสมีความแตกต่างกัน (Surojanamethakul, Lohona, Auttaviboonkul & Niyomvit, 1998) นอกจากนี้วิธีการสกัดด้วยน้ำร้อนมีการกวนผสม ทำให้โครงสร้างของเซลลูโลสเกาะกันหลวมขึ้นซึ่งส่งผลต่อความสามารถในการอุ้มน้ำ และความหนาแน่นที่ดีขึ้น

ในด้านคุณสมบัติทางกายภาพ พบว่าเซลลูโลสจากกากเมล็ดมะรุม จะมีลักษณะเป็นเกล็ดสีเหลืองอมน้ำตาล ไม่มีกลิ่น เนื่องจากเซลลูโลสจากกากเมล็ดมะรุมผ่านการลดขนาดด้วยเมชที่มีขนาดใหญ่และไม่ได้ผ่านกระบวนการฟอกสี เมื่อทำการวัดค่าสีของเซลลูโลสทั้ง 2 ชนิด พบว่าเซลลูโลสจากกากเมล็ดมะรุมมีสีที่ใกล้เคียงกัน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) หากต้องการฟอกสีเซลลูโลสสามารถทำได้โดยใช้สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Prakongspan et al., 2002) เพื่อช่วยในการฟอกสีแล้วยังช่วยในการกำจัดลิกนิน แป้ง และสารที่ไม่ใช่เซลลูโลสหรือใช้สารละลายโซเดียมคลอไรด์ (Pereira et al., 2011) เนื่องด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์มีสมบัติในการฟอกสี และยังช่วยในการกำจัดลิกนิน และเอมิเซลลูโลสออกไปส่งผลให้เซลลูโลสที่ได้มีสีขาวเพิ่มมากขึ้น

ตารางที่ 1 ผลของชนิดสารสกัดเซลลูโลสต่อคุณสมบัติด้านต่าง ๆ

คุณสมบัติ	กากเมล็ดมะรุม (Control)	สารสกัดเซลลูโลส จากกากเมล็ดมะรุม (MSC)	
		การสกัดด้วย น้ำร้อน	การสกัดด้วย เอนไซม์
ปริมาณเซลลูโลส (%)	85.11±2.17 ^b	96.54±2.10 ^a	94.17±2.06 ^a
ความสามารถในการอุ้มน้ำ (g Water/g Sample)	2.14±0.10 ^c	5.92±0.27 ^a	3.18±0.34 ^b
ความสามารถในการอุ้มน้ำมัน (g Oil/g Sample)	1.28±0.01 ^c	4.58±0.01 ^a	2.84±0.28 ^b
ความสามารถในการพองตัว (g Water/g Sample)	3.07±0.17 ^c	8.75±0.71 ^a	10.50±0.14 ^b
ความหนาแน่นจำเพาะ (g/ml)	0.64±0.01 ^a	0.29±0.00 ^b	0.26±0.00 ^c
ค่าสี L	26.17±0.60 ^b	48.43±0.35 ^a	47.50±1.05 ^a

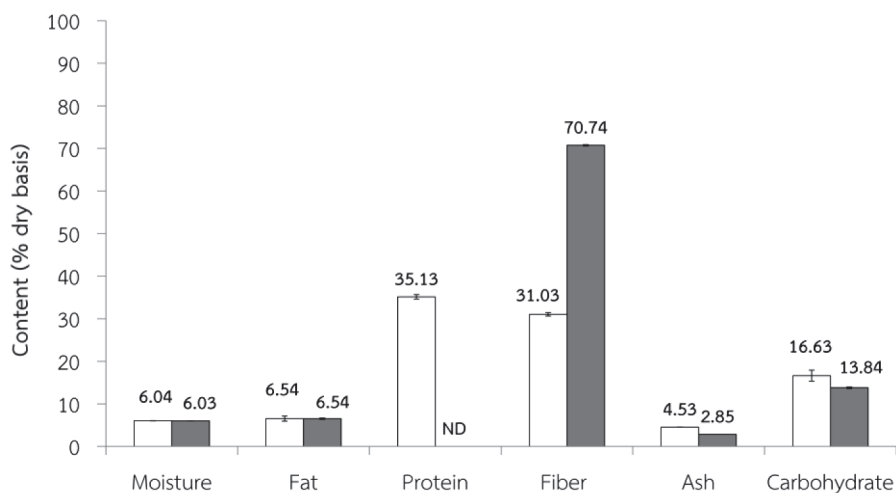
หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยตามตัวอักษร a-c ที่ต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากผลการศึกษาคุณสมบัติด้านต่าง ๆ พบว่า เซลลูโลสจากกากเมล็ดมะรุมที่สกัดด้วยน้ำร้อนมีคุณสมบัติเชิงหน้าที่ในด้านความสามารถในการอุ้มน้ำ และอุ้มน้ำมันที่ดีกว่าเซลลูโลสจากกากเมล็ดมะรุมที่สกัดด้วยเอนไซม์ ซึ่งคุณสมบัติเชิงหน้าที่เป็นคุณสมบัติที่สำคัญในการนำสารสกัดเซลลูโลสไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร รวมทั้งต้นทุนในการสกัดด้วยน้ำร้อนค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับการใช้เอนไซม์ในการสกัด ดังนั้นจึงได้เลือกเซลลูโลสที่สกัดเบื้องต้นด้วยน้ำร้อนร่วมกับวิธีการสกัดด้วยด่างมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และลักษณะพื้นฐานของสารสกัดต่อไป

4. องค์ประกอบทางเคมีและลักษณะพื้นฐานของสารสกัดเซลลูโลสจากกากเมล็ดมะรุม

ได้ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดเซลลูโลสจากกากเมล็ดมะรุมและเทียบกับกากเมล็ดมะรุม (ภาพที่ 2) พบว่า สารสกัดที่ได้มีปริมาณเส้นใยที่สูงมาก และมีปริมาณโปรตีนที่ลดต่ำลงอย่างมากจนไม่สามารถหาค่าได้ และมีปริมาณเถ้าและคาร์โบไฮเดรตที่ลดลง แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของสภาวะที่ใช้ในการสกัด สามารถกำจัดองค์ประกอบอื่นได้ เมื่อทำการตรวจสอบลักษณะพื้นฐานของสารสกัดเซลลูโลสจากกากเมล็ดมะรุมด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (ภาพที่ 3) พบว่า มีรูปร่างเป็น

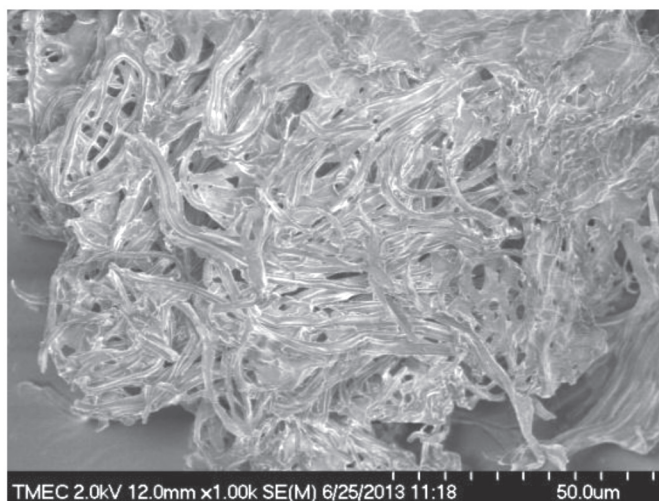
เส้นใย ผิวนุ่มข้างเรียบ มีความยาวระหว่าง 30-60 ไมโครเมตร ซึ่งความยาวของเส้นใยที่เหมาะสมสำหรับนำมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารอยู่ที่ 22-290 ไมโครเมตร (Ang, 1991) ดังนั้นสารสกัดเซลลูโลสที่ได้จึงสามารถนำไปพัฒนาหรือเสริมในผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพได้ต่อไป



ภาพที่ 2 ผลขององค์ประกอบทางเคมีของกากเมล็ดมะรุม (□) และสารสกัดเซลลูโลสจากกากเมล็ดมะรุม (■)

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยตามตัวอักษร a-c ที่ต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ND หมายถึงมีปริมาณน้อยมากจนไม่สามารถตรวจวัดปริมาณได้



ภาพที่ 3 ลักษณะสัณฐานของสารสกัดเซลลูโลสจากกากเมล็ดมะรุม ที่กำลังขยาย 1,000 เท่า

สรุปผลการทดลอง

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกากเมล็ดมะรุม พบว่า กากเมล็ดมะรุมมีปริมาณเส้นใยสูงถึง $31.03 \pm 0.41\%$ โดยน้ำหนักแห้งและมีปริมาณเซลลูโลสอยู่ $85.11 \pm 2.16\%$ แสดงให้เห็นว่ากากเมล็ดมะรุมเป็นวัตถุดิบที่มีความเหมาะสมในการนำมาสกัดเซลลูโลส เนื่องจากมีปริมาณเซลลูโลสอยู่สูง

วิธีการสกัดและสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเซลลูโลสจากกากเมล็ดมะรุมคือการสกัดเบื้องต้นด้วยน้ำร้อนร่วมกับวิธีการสกัดด้วยด่างที่ดัดแปลงตามวิธีของ Sun et al. (2004) โดยใช้อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ $5\% (w/v)$ ซึ่งจะให้ปริมาณเซลลูโลสของสารสกัดและความสามารถในการอุ้มน้ำและอุ้มน้ำมันในระดับที่ดี รวมทั้งมีต้นทุนในการสกัดค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับการใช้เอนไซม์ในการสกัดเมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดเซลลูโลสจากกากเมล็ดมะรุม พบว่า องค์ประกอบโดยส่วนใหญ่เป็นเส้นใย มีอยู่ถึง 70% และเส้นใยที่ได้มีลักษณะเป็นเส้น ผิวเรียบ มีความยาวประมาณ 30-60 ไมโครเมตร ซึ่งจากคุณสมบัติและลักษณะของเส้นใย แสดงให้เห็นว่าสารสกัดเซลลูโลสที่ได้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารได้

ข้อเสนอแนะ

1. ในขั้นตอนการกรองและการล้างด้วยน้ำกลั่น จะมีการสูญเสียปริมาณสารสกัดได้ค่อนข้างสูง ดังนั้นเพื่อเพิ่มปริมาณผลผลิตของสารสกัดเซลลูโลสควรมีการระมัดระวังในขั้นตอนนี้ และอาจใช้กระดาษกรองแทนผ้าขาวบาง ทำให้ได้ปริมาณผลผลิตสารสกัดเซลลูโลสที่มากขึ้น
2. เพิ่มขั้นตอนในการกำจัดคาร์โบไฮเดรตและไขมัน เพื่อได้ปริมาณเส้นใยที่เพิ่มมากขึ้น

References

- Ang, J. F. (1991). Water retention capacity and viscosity effect of powdered cellulose. *Journal of Food Science*, 56, 1682-1684.
- Ang, J. F., & Miller, W. B. (1990). *Reduction of fat in douts containing a new form of powder cellulose*. Solka-Floc Division: James River Corporation.
- Associatiattion of Official Analytical Chemists (AOAC). (2005). *Official Methods of Analysis*. (18th ed). Washington D.C.: Associatiattion of Official Analytical Chemists.
- Committee on Codex Specifications.(1981). *Food Chemical Codex (3rded)*. Washington DC: National Academy Press.

- Ferreira, R. S., Napoleao, T. H., Santos, A. F. S., Sa', R. A., Carneiro-da-Cunha, M. G., Morais, M. M. C., Silva-Lucca, R. A., Oliva, M. L. V., Coelho, L. C. B. B. & Paiva, P. M. G. (2011). Coagulant and antibacterial activities of the water-soluble seed lectin from *Moringa oleifera*. *Letters in Applied Microbiology*, 53, 186-192.
- Kaur, M., Sandhu, S. K., & Singh, N. (2007). Comparative study of the functional thermal and pasting properties of flours from different field pea (*Pisum sativum* L.) and pigeon pea (*Cajanus cajan* L.) cultivars. *Food Chemistry*, 104, 259-267.
- Mani, S., Jaya, S., & Vadivambal, R. (2007). Optimization of solvent extraction of Moringa (*Moringa oleifera*) seed kernel oil using response surface methodology. *Food and Bioproducts Processing*, 85, 328-335.
- Pereira, P. H. F., Voorwald, H. C. J., Cioffi, M. O. H., Mulinari, D. R., Luz, S. M. D., & Da Silva, M. L. C. P. (2011). Sugarcane bagasse pulping and bleaching: thermal and chemical characterization. *Bioresources*, 6(3), 2471-2482.
- Pongnoree, J., & Kongbangkerd, T. (2006). Preparation of cellulose from corncobs I: Study on cellulose extraction. *Songklanakarin J. Sci. Technol.*, 28(1), 191-199. (in Thai)
- Prakongpan, T., Nittithamyong, A., & Luangpituksa, P. (2002). Extraction and application of dietary fiber and cellulose from pineapple cores, *Journal of Food Science*, 67(7), 1308-1313.
- Punnavarakul, N., & Sangnark, A. (2009). Production and Fortification of Cellulose Powder Prepared from Sugarcane Bagasse in Steam Cake, *Agricultural Science Journal*, 40(1), 417-420.
- Sun, R. C., & Hughes, S. (1998). Fractional extraction and physico-chemical characterization of hemicelluloses and cellulose from sugar beet pulp. *Carbohydrate Polymers*, 36, 293-299.
- Sun, J. X., Sun, X. F., Zhao, H., & Sun, R. C. (2004). Isolation and characterization of cellulose from sugarcane bagasse. *Polymer Degradation and Stability*, 84, 331-339.
- Suriyapunpong, D., Tunvichien, S., Managit, C., & Shuwisitkul, D. (2009). *Isolation and characterization of cellulose from water hyacinth, sugar cane bagasse, and narrow leaf cattail*. Faculty of Pharmacy, Srinahkarinwirot University, Thailand. (in Thai)

- Surojanamethakul, V., Lohana, T., Auttaviboonkul, P., & Niyomvit, B. (1998). Utilization of Roselle Wastes and Soybean Hulls for Powdered Cellulose Production. *Food Journal*, 28 (4), 255-267. (in Thai)
- Thompson, J. B. (1984). Process Preparaing cellulose. *Journal of Food Science*, 80, 655-674.
- Walter, R. H. (1977). Development and characterization of an apple cellulose gel. *Food Science*, 42 (6), 241-243.

คณะผู้เขียน

ดร.จิตา พูเฒ่า

หลักสูตรเทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร โรงเรียนการเรือน
มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต
e-mail: tita_foo@dusit.ac.th

นางสาวอัจฉรา พรหมแสง

หลักสูตรวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
โรงเรียนการเรือน มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต
e-mail: atchara_promsang@hotmail.co.th

นางสาวพัชรา อันโต

หลักสูตรวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร โรงเรียนการเรือน
มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต
e-mail: phatchara_onto@hotmail.co.th

อาจารย์วีระ พุ่มเกิด

หลักสูตรเทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร โรงเรียนการเรือน
มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต
e-mail: veera_poo@dusit.ac.th

