

การสกัดโปรตีนจากกากงา

Protein extraction from sesame meal

คณินิต ศรีเมืองเบา

พลากร สุสวดไม้

วริศรา นามแดง

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และตยงยั้งองเิงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะอุตสาหกรรมอาหาร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2566



ใบรับรองปัญหาพิเศษ

การสกัดโปรตีนจากกากงา

Protein extraction from sesame meal

จัดทำโดย

คณินนิต ศรีเมืองบัว รหัสนักศึกษา 62080172

พลากร สุธวดไม้ รหัสนักศึกษา 62080211

วริศรา นามแดง รหัสนักศึกษา 62080221

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

ธงชัย

15 มิย 66

(ผศ.ดร.ธงชัย พุฒิทองศิริ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

| | |
|------------------|---|
| หัวข้อปัญหาพิเศษ | การสกัดโปรตีนจากกากงา |
| ชื่อนักศึกษา | คณิงนิต ศรีเมืองบัว รหัสนักศึกษา 62080172 |
| | พลากร สุธวดไม้ รหัสนักศึกษา 62080211 |
| | วริศรา นามแดง รหัสนักศึกษา 62080221 |
| หลักสูตร | วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร |
| พ.ศ. | 2566 |
| อาจารย์ที่ปรึกษา | ผศ.ดร.ธงชัย พุฒิตองศิริ |

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาการสกัดโปรตีนจากกากงา เนื่องจากโรงงานผลิตน้ำมันงา จะคั้นเมล็ดงาให้ออกมาเป็นน้ำมันงา และจะมีกากงาเหลือทิ้งเป็นจำนวนมาก ด้วยเหตุนี้จึงนำกากงาเหลือทิ้งมาสกัดโปรตีน เพื่อจะนำไปเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการได้ต่อไป ซึ่งวิธีการสกัดคือ ใช้น้ำในอัตราส่วนกากงาต่อน้ำ 1:6 1:8 1:10 และนำไปปรับค่าพีเอชเป็น 10 ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ผสมและกวนด้วยเครื่องกวนนาน 1 ชั่วโมง นำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 6,000 รอบต่อนาที นาน 15 นาที แยกส่วนใสด้านบนออกมาปรับพีเอชให้เท่ากับจุดไอโซอิเล็กทริก (Isoelectric point) ด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก เพื่อตกตะกอนโปรตีน นำสารละลายที่ได้ไปปั่นเหวี่ยงที่ 6,000 รอบต่อนาที นาน 15 นาที เพื่อแยกตะกอนโปรตีนงาและล้างด้วยน้ำกลั่นแล้วปรับพีเอชเป็น 7 ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ จากนั้นนำโปรตีนงาที่ได้ไปทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze dry) ซึ่งจากการวิเคราะห์แล้ว พบว่าองค์ประกอบทางเคมีของกากงายังคงเหลืออยู่ ซึ่งมีโปรตีนถึง 22% คาร์โบไฮเดรต 20% เยื่อใย 10% ถ้านำมาสกัดในปริมาณมากจะสามารถเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและสร้างรายได้เพิ่มมากขึ้นได้

คำสำคัญ กากงา โปรตีน ปั่นเหวี่ยง ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ธงชัย พุฒทองศิริ ที่ได้สละเวลา มาเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา แนะนำ ตรวจสอบ ตลอดจนปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ เพื่อให้ปัญหาพิเศษนี้ มีความถูกต้องและสมบูรณ์

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ในคณะอุตสาหกรรมอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ช่วยอบรมสั่งสอน และมอบความรู้อันเป็นประโยชน์ จนทำให้ปัญหาพิเศษฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการและนักวิทยาศาสตร์ประจำคณะอุตสาหกรรมอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่คอยให้คำแนะนำการใช้เครื่องมือต่างๆ และอำนวยความสะดวกในการการเก็บอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ นอกจากนี้ขอขอบคุณเพื่อนๆที่คอยให้ กำลังใจ คอยช่วยเหลือและคอยให้คำปรึกษาตลอดการทำปัญหาพิเศษฉบับนี้ รวมถึงขอบคุณบิดามารดาและ ครอบครัวที่ได้มอบโอกาสให้ศึกษาเล่าเรียนและสนับสนุนตลอดจนให้กำลังใจเสมอมา

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยหวังว่าปัญหาพิเศษฉบับนี้จะมีประโยชน์ สำหรับข้อบกพร่องต่างๆ ที่อาจจะเกิดขึ้น ผู้วิจัยขอน้อมรับและยินดีฟังความคิดเห็นและคำแนะนำจากทุกท่านเพื่อนำมาพัฒนาในงานต่อไป

คณิงนิต ศรีเมือง बै้า

พลากร สุสวดไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 วิชา วริศรา นามแดง
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

| | |
|--|-----|
| บทคัดย่อภาษาไทย..... | I |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... | II |
| กิตติกรรมประกาศ..... | III |
| สารบัญ..... | IV |
| สารบัญตาราง..... | VI |
| สารบัญภาพ..... | VII |
| บทที่ 1 บทนำ..... | 1 |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา..... | 1 |
| 1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... | 1 |
| บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... | 2 |
| 2.1 งาม..... | 2 |
| 2.2 โพรตีน..... | 4 |
| 2.3 การสกัดโพรตีน..... | 6 |
| 2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... | 6 |
| บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง..... | 8 |
| 3.1 วัสดุดิบและสารเคมี..... | 8 |
| 3.2 อุปกรณ์..... | 9 |
| 3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง..... | 9 |
| บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์..... | 15 |
| เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า | |
| ไม่ว่ากรณีใดก็ตาม ผลการวิเคราะห์การสกัดโพรตีนจากกากงาด้วยวิธีอัตร้าส่วนกากงาต่อน้ำทุกครั้งที่มีกรรมวิธีให้ | 15 |

สารบัญ(ต่อ)

| | หน้า |
|---|------|
| 4.2 ผลการวิเคราะห์ค่าความชื้นและปริมาณน้ำอิสระ..... | 17 |
| 4.3 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการละลาย..... | 18 |
| บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ..... | 19 |
| 5.1 สรุปผล..... | 19 |
| 5.2 ข้อเสนอแนะ..... | 19 |
| บรรณานุกรม..... | 20 |
| ภาคผนวก..... | 25 |
| ภาคผนวก ก..... | 26 |
| ภาคผนวก ข..... | 28 |
| ภาคผนวก ค..... | 35 |
| ประวัติผู้เขียน..... | 38 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

| ตารางที่ | หน้า |
|----------|--|
| 2.1 | องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดงาแต่ละสายพันธ์.....3 |
| 4.1 | องค์ประกอบทางเคมีของกากงา.....16 |
| 4.2 | ปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระ.....17 |
| 4.3 | ความสามารถในการละลาย.....18 |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

| ภาพที่ | หน้า |
|--|------|
| 2.1 เมล็ดงาดำและเมล็ดงาขาว..... | 2 |
| 2.2 โครงสร้างของกรดอะมิโน..... | 4 |
| 3.1 กากงาขาว..... | 8 |
| 4.1 กากงาขาวที่ผ่านกระบวนการ freeze dry..... | 16 |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เมล็ดงาเป็นพืชน้ำมันที่สำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่ง เป็นที่ต้องการของตลาดทั้งภายในประเทศ และต่างประเทศจึงทำให้มีแนวโน้มการเติบโตที่ดี (จิรวัดน์ และประสิทธิ์, 2550) เมล็ดงามีคุณค่าทางโภชนาการสูง ประกอบไปด้วยน้ำมันร้อยละ 47-60 และโปรตีนร้อยละ 24-26 ซึ่งถ้าเปรียบเทียบกับปริมาณโปรตีนเมล็ดงากับไข่ไก่จะพบว่าโปรตีนจากเมล็ดงาจะมีปริมาณมากกว่าไข่ไก่ประมาณร้อยละ 5 (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2540) ความน่าสนใจของเมล็ดงาอยู่ตรงที่มีกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย 2 ชนิด คือเมไทโอนีนและซิสตีน ซึ่งในพืชส่วนใหญ่มักจะพบน้อยหรือไม่มีเลย จึงทำให้น้ำมันเมล็ดงามาผสมในเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพหรือเป็นของว่าง นอกจากนี้ยังมีการนำเมล็ดงา และโปรตีนที่สกัดจากงามาผสมในแป้งสาลีเพื่อทำขนมปังซึ่งมีผลทำให้ปริมาณโปรตีน และแร่ธาตุมากขึ้น เมื่อมีการทดสอบขนมปังกับผู้บริโภคพบว่าไม่มีความแตกต่างกันระหว่างขนมปังที่ทำจากแป้งสาลี และขนมปังที่ทำจากแป้งสาลีผสมเมล็ดงาหรือโปรตีนจากงา (El-Adawy, 1997) จากงานวิจัยข้างต้นจะเห็นได้ว่าโปรตีนสกัดจากกากงานั้นสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้มากมาย

สำหรับในประเทศไทยนิยมใช้งาเป็นส่วนประกอบในของว่าง เครื่องดื่ม และน้ำมันงา โดยเฉพาะน้ำมันงามีการเติบโตที่สูงขึ้น เนื่องจากมีการใช้ในธุรกิจสปาด้วย (จิรวัดน์ และประสิทธิ์, 2550) ในการบวนการผลิตน้ำมันงานิยมใช้วิธีบีบอัดด้วยเครื่องไฮดรอลิก (hydraulic press) จึงทำให้เกิดของเหลือจากกระบวนการผลิตคือ กากงา ซึ่งนิยมนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ แต่กากงาที่เหลือยังมีคุณค่าทางโภชนาการอยู่ โดยเฉพาะโปรตีนพบในกากงาถึงร้อยละ 28-44 (ภาควิชาพืชไร่ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2542; วิศนี และคณะ, 2548) ดังนั้นกากงาจึงเป็นวัตถุดิบเหลือใช้ที่น่าสนใจศึกษาหาแนวทางในการใช้ประโยชน์

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

- 1.2.1 เพื่อศึกษาการอัตราส่วนกากงาต่อน้ำที่เหมาะสมต่อการสกัดโปรตีน
- 1.2.2 เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของกากงา

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.3.1 ทราบถึงวิธีการสกัดโปรตีนจากกากงาในอัตราส่วนกากงาต่อน้ำที่เหมาะสม
- 1.3.2 ทราบถึงการนำกากงาเหลือทิ้งไปใช้ประโยชน์เพื่อเพิ่มมูลค่าของกากงา
- 1.3.3 สามารถหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพื่อให้ได้ร้อยละผลผลิตของร้อยละผลได้ของโปรตีน

นอกจากนี้ยังหวังว่าผู้ที่สนใจจะนำผลการศึกษานี้ไปใช้ในการศึกษาหรือนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 งา (Sesamum indicum L)



รูปที่ 2.1 เมล็ดงาดำและเมล็ดงาขาว

ที่มา: <https://mthai.com/lifestyle/health/43995.html>

งา (*Sesamum indicum*) เป็นพืชน้ำมันชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย และมีอัตราการเจริญเติบโตสูงขึ้นทุกปี (ภาพ 2.1) เนื่องจากเป็นพืชที่มีความต้องการทางตลาดสูงทั้งในประเทศและต่างประเทศและมีราคาดีขึ้นทุกๆปี อีกทั้งยังเป็นพืชที่สามารถเพาะปลูกได้ง่าย และให้ผลผลิตที่ดี มีความคงทนต่อสภาพแวดล้อม ผู้ปลูกนิยมปลูกก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวพืชหลัก (สมจินตนา และอิสระ, 2550)

เมล็ดงา (Sesame seed) มีขนาดเล็ก รูปไข่ หรือรูปหัวใจ มีสีดำ ขาว เมล็ดงาประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน ได้แก่ เปลือกหุ้มเมล็ด (Seed coat) มีลักษณะเรียบหรือขรุขระ ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ มีน้ำหนัก 1,000 เมล็ด เท่ากับ 2 ถึง 4 กรัม

เมล็ดงามีโครงสร้างภายในที่ประกอบไปด้วยชั้นเซลล์ epidermis ซึ่งเป็นเซลล์ชั้นนอก ที่มีรูปร่างยาว เรียงตัวเป็นรัศมี แต่ละเซลล์มีเม็ดสี (Pigment) ทำให้เห็นสีของเมล็ดงา และพบผลึกของแคลเซียมออกซาลेटอยู่จำนวนมาก เมล็ดงามีหลายสีขึ้นอยู่กับพันธุ์ สีขาวและสีดำ ผิวมัน กลิ่นและรสของเมล็ดคล้ายกับถั่วโดยมีน้ำมันเป็นองค์ประกอบสำคัญในเมล็ด (Onsaard, 2012)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งาเป็นพืชที่มีคุณค่าและประโยชน์มากมาย ในเมล็ดงามี องค์ประกอบทางเคมีคือน้ำมันร้อยละ 44 ถึง 58 โปรตีนร้อยละ 18 ถึง 25 คาร์โบไฮเดรตประมาณร้อยละ 13.5 และเถ้าประมาณร้อยละ 5 (Kahyaoglu and Kaya, 2006, Kamel-Eldin and Appelqvist, 1994a, Mohamed and Awatif, 1998, Shyu and Hwang, 2002, Yoshida, 1994) โดยองค์ประกอบทางเคมีจะแตกต่างกันตามสายพันธุ์ของเมล็ดงา แสดงดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดงาแต่ละสายพันธุ์

| องค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละ) | | | | | | |
|----------------------------|-----------|-----------|--------------|---------|---------|----------|
| พันธุ์งา | ไขมัน | โปรตีน | คาร์โบไฮเดรต | เยื่อใย | เถ้า | ความชื้น |
| งาดำ | 48.4-56.7 | 22.8-30.3 | 3.4-10.8 | 2.8-7.2 | 4.4-5.5 | 4.6-6.4 |
| งาขาว | 50.1-51.7 | 22.6-24.1 | 7.9-13.2 | 5.3-7.5 | 4.2-4.5 | 4.4-4.7 |

ที่มา: Hwang, 2005

จากองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดงา พบว่า เมล็ดงาเป็นพืชอาหารที่มีปริมาณไขมันสูง โดยองค์ประกอบสำคัญของไขมันในงา คือ กรดไขมันอิ่มตัว (Saturated fatty acid) น้อยกว่าร้อยละ 20 โดยส่วนใหญ่เป็นกรดปาล์มมิติก (Palmitic) ร้อยละ 7.9 ถึง 12 รองลงมาเป็นกรดสเตียริก (Stearic) ร้อยละ 4.8 ถึง 6.1 และยังมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวมากกว่าร้อยละ 80 โดยประกอบด้วยกรดโอเลอิก (Oleic acid) ร้อยละ 35.9 ถึง 42.3 และกรดลิโนเลอิก (Linoleic acid) ร้อยละ 41.5 ถึง 47.9 (Hwang, 2005) ถึงแม้ว่ากรดโอเลอิกไม่ใช่กรดไขมันที่จำเป็น แต่ก็เป็กรดไขมันที่มีประโยชน์ต่อร่างกายช่วยป้องกันไม่ให้ระดับคอเรสเตอรอลและไตรกลีเซอไรด์ในกระแสเลือดเพิ่มขึ้น นอกจากนี้จะให้กรดไขมันที่มีประโยชน์แล้วในเมล็ดงายังมีสารที่มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วย (กัลยารัตน์ หมิ่นวณิชกุล, 2551) โปรตีนในเมล็ดงานั้นมีปริมาณของกรดอะมิโนที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ โดยกรดอะมิโนในงาจะมีปริมาณไลซีน (Lysine) ต่ำ แต่เมไทโอนิน (Methionine) ซีสเทอีน (Cysteine) อาร์จินิน (Arginine) และลูซีน (Leucine) มีปริมาณสูง ส่วนคาร์โบไฮเดรตในเมล็ดงา ส่วนใหญ่เป็นน้ำตาลรีดิวิซร้อยละ 5 มีกลูโคสและฟรุคโตสในปริมาณน้อย (วาสนา วงษ์ใหญ่, 2550) นอกจากนี้ในเมล็ดงายังอุดมไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการได้แก่ แคลเซียม (Calcium; Ca) โพแทสเซียม (Potassium; K) ฟอสฟอรัส (Phosphorus; P) และเหล็ก (Iron; Fe) โดยเฉพาะแคลเซียมมีมากกว่านมวัวถึง 6 เท่า และยังประกอบไปด้วยวิตามินบี1 บี2 บี6 วิตามินอี และโฟเลต (กัลยารัตน์ หมิ่นวณิชกุล, 2551)

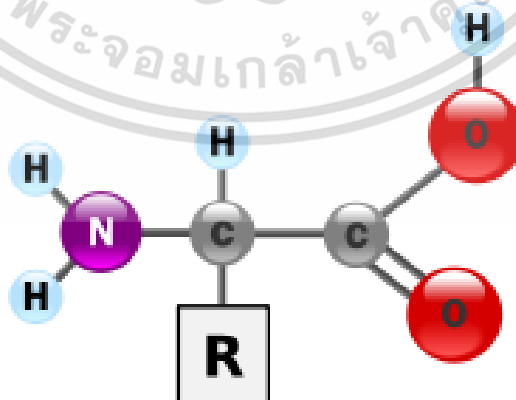
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 การใช้ประโยชน์ของงา

การนำงามาใช้ประโยชน์มักจะอยู่ในรูปของเมล็ดและน้ำมันงา โดยในรูปเมล็ดจะใช้เป็นส่วนผสมต่างๆในอาหาร โดยเฉพาะในอาหารเจหรือมังสวิรัต เพื่อช่วยเพิ่มโปรตีนให้กับอาหารที่ส่วนใหญ่ผลิตมาจากถั่วเหลือง เนื่องจากถั่วเหลืองมีกรดอะมิโนเมไทโอนีนและซิสตีนต่ำจึงต้องเสริมด้วยงา ซึ่งมีกรดอะมิโนทั้งสองชนิดนี้อยู่ ส่วนในรูปของน้ำมันงาก็มีการใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากน้ำมันงาจัดว่าเป็นน้ำมันคุณภาพดี (จิรวัด และประสิทธิ์, 2550) กระบวนการผลิตน้ำมันงาส่วนใหญ่จะใช้วิธีการบีบอัดด้วยเครื่องไฮดรอลิกเพรส เนื่องจากทำให้ได้น้ำมันงาที่มีคุณภาพและไม่ค่อยมีสิ่งเจือปนอยู่ ด้วยวิธีการผลิตดังกล่าวจึงทำให้เกิดของเหลือจากกระบวนการผลิตนั้นคือกากงา โดยนิยมมาใช้เป็นส่วนประกอบในอาหารสัตว์ แต่ได้มีงานวิจัยที่ได้ทำการตรวจคุณภาพของกากงาที่เหลือจากการผลิตน้ำมันงาโดยใช้วิธีบีบอัดพบว่ายังมีน้ำมันเหลืออยู่ร้อยละ 5-28 และโปรตีนอยู่ร้อยละ 28-44 จากผลงานวิจัยข้างต้นจะเห็นได้ว่า ในกากงายังมีส่วนที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อยู่ (ภาควิชาพืชไร่ฯ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2543; วิศนี และคณะ, 2548)

2.2 โปรตีน

โปรตีนเป็นส่วนประกอบสำคัญของสิ่งมีชีวิต มีบทบาทต่อการทำงานของร่างกาย โดยโปรตีนทำหน้าที่เป็นเอนไซม์ เป็นฮอร์โมน เป็นต้น นอกจากนี้โปรตีนยังมีบทบาทที่สำคัญในอาหารด้วย โดยโปรตีนจะทำให้อาหารมีเนื้อสัมผัส สี กลิ่น และรสชาติแตกต่างกันไป องค์ประกอบที่สำคัญของโปรตีนคือ คาร์บอนร้อยละ 50-55 ออกซิเจนร้อยละ 20-23 ไนโตรเจนร้อยละ 12-19 ไฮโดรเจนร้อยละ 6-7 และกำมะถันร้อยละ 0.2-3 โปรตีนบางชนิดอาจจะมีฟอสฟอรัส เหล็ก แมงกานีส ทองแดง ไอโอดีน และอื่นๆ (Damodaran, 1996) โปรตีนเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง ประกอบด้วยหน่วยย่อยเรียกว่ากรดอะมิโน (Amino acid) หลายชนิดมาเชื่อมต่อกัน กรดอะมิโนมีสูตรโครงสร้างดังภาพ 2.2



ภาพ 2.2 โครงสร้างกรดอะมิโน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ที่มา : Wikipedia (2023)

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 โปรตีน

โมเลกุลที่ประกอบด้วยกรดอะมิโน 2 ตัวมาต่อกันด้วยพันธะเปปไทด์เรียกว่า ไดเปปไทด์ (dipeptide) ส่วนโมเลกุลที่มีการเชื่อมโยงของกรดอะมิโนมากกว่า 2-50 เรียกว่า เปปไทด์(peptide) และโมเลกุลที่มีการเชื่อมมากกว่า 50 เรียกว่า โปรตีนหรือโพลีเปปไทด์(polypeptide)

สมบัติของโปรตีน (กิงกมล, 2547; นิธิยา, 2545)

1. การละลายและการตกตะกอนของโปรตีน

โปรตีนเมื่อผสมกับน้ำจะเป็นสารพวกคอลลอยด์(colloid) ไม่ละลายเป็นเนื้อเดียวกัน เนื่องจากโปรตีนมีโมเลกุลขนาดใหญ่ โดยการละลายน้ำของโปรตีนขึ้นอยู่กับค่าพีเอช กำลังไอออนิก และ อุณหภูมิ โปรตีนจะละลายน้ำได้น้อยที่สุดที่พีเอช เพราะโปรตีนจะมีประจุบวกเท่ากับประจุลบ แรงผลักรันระหว่างโมเลกุลจึงไม่มี แต่ถ้าพีเอชสูงหรือต่ำกว่าพีเอช โปรตีนจะมีประจุบวกหรือประจุลบ จึงผลักรัน ไม่สามารถเข้าใกล้กันได้ จึงเกิดการกระจายตัวของโปรตีน

โปรตีนนั้นตกตะกอนได้ง่าย เมื่อถูกความร้อน กรด ต่าง และสารเคมีอื่นๆ ปกติโปรตีนในสารละลายที่มีน้ำอยู่ด้วย โมเลกุลของโปรตีนจะจับกับโมเลกุลของน้ำได้ดีกว่าจับกับโมเลกุลของโปรตีนด้วยกันเอง ทำให้โปรตีนสามารถละลายได้ ถ้าทำให้โปรตีนจับกับน้ำได้น้อยลงโปรตีนจะตกตะกอน แต่ถ้าใช้วิธีเติมกรดหรือด่าง ให้ค่าพีเอชเท่ากับค่าพีเอชของโปรตีน หรือเติมเกลือที่เป็นกลาง จะทำให้โปรตีนถูกตกตะกอนได้โดยไม่เสียสภาพธรรมชาติ

2. การจับกับน้ำของโปรตีน

โปรตีนสามารถจับตัวกับน้ำได้ โดยการจับตัวกับน้ำของโปรตีนเกิดจากไนโตรเจนและออกซิเจนมีอิเล็กตรอนอิสระ 1 คู่ ซึ่งสามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนกับน้ำได้ โดยไนโตรเจนของหมู่อะมิโนอิสระ และหมู่คาร์บอกซิลของกรดอะมิโนที่อยู่ปลายสุดของโมเลกุลของโปรจะจับกับไฮโดรเจนในโมเลกุลของน้ำ

การใช้ประโยชน์ของโปรตีนในอุตสาหกรรมอาหาร

ในอุตสาหกรรมอาหารนิยมใช้โปรตีนเป็นองค์ประกอบในการผลิตอาหาร มีการเติมโปรตีนสกัดในรูปแบบต่างๆ ในอาหารเช่น โปรตีนเข้มข้น โปรตีนไอโซเลต และโปรตีนไฮโรไลเสต เพื่อให้ได้กรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายครบถ้วน

โดยมีการให้ความหมายของโปรตีนสกัดไว้ (Codex alimentarius commission, 1981)

1. โปรตีนเข้มข้น (Protein concentrate) ต้องมีปริมาณโปรตีนไม่น้อยกว่าร้อยละ 65 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้โดยผู้จัดทำเอกสารนี้ไว้เพื่อใช้ในการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. โปรตีนไอโซเลต (Protein isolate) ต้องมีปริมาณโปรตีนไม่น้อยกว่าร้อยละ 90

2.3 การสกัดโปรตีน

ในการสกัดโปรตีนส่วนมากจะต้องทำการสกัดน้ำมันออกก่อน โดยวิธีที่นิยมใช้คือการสกัดน้ำมันด้วยสารละลาย (นิธิยา, 2548) ใช้ในการสกัดน้ำมันออกจากเมล็ดพืชที่มีปริมาณน้ำมันต่ำ หรือสกัดน้ำมันออกจากกากที่เหลือจากการบีบด้วยเครื่องอัด โดยสารละลายที่ใช้ในการสกัดน้ำมันออกคือ เฮกเซน (ปริญดา, 2535; Bairy *et al.*, 2008; Prakash and Nandi, 1978; Radha *et al.*, 2007; Shahidi *et al.*, 2006; Shyu and Hwang, 2002) จากนั้นทำการแยกสารละลายออกแล้วนำมาสกัดโปรตีน

สารสกัดที่นิยมใช้ในการสกัดโปรตีนคือ น้ำ โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) และโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) โดยมีหลักการในการสกัดดังนี้ ทำการปรับพีเอชสารละลายให้เท่ากับพีเอชที่โปรตีนในตัวอย่างจะสามารถละลายออกได้มากที่สุด ทำการสกัดโปรตีนจากนั้นทำการหมุนเหวี่ยงแยกกากเพื่อให้ได้สารละลายโปรตีนออกมา นำสารละลายโปรตีนที่ได้มาทำการปรับค่าพีเอช เพื่อให้มีค่าเข้าใกล้ค่าพีเอชของโปรตีนชนิดนั้นๆ เพื่อให้เกิดการตกตะกอนของโปรตีน (ปริญดา, 2535; วิศนี และคณะ, 2548; Bairy *et al.*, 2008; Khalid *et al.*, 2003; Kong *et al.*, 2008) หลังจากตกตะกอนโปรตีนแล้วก็นำมาทำแห้งเป็นผงโปรตีน

วิธีที่นิยมใช้ในการทำแห้งโปรตีนคือ การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (freeze dry) เนื่องจากเป็นการทำแห้งที่ช่วยคงคุณภาพของโปรตีนให้ได้มากที่สุด (Bera and Mukherjee, 1989; Bilgi and Celik, 2004; Mirmoghtadaie *et al.*, 2009; Ogunwolu *et al.*, 2009; Radha *et al.*, 2007) มีหลักการในการทำแห้งโดยใช้กระบวนการระเหิดของน้ำแข็ง โดยน้ำที่สถานะของเหลวจะถูกทำให้อยู่ในสถานะของแข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียสก่อนทำการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง หลังจากนั้นน้ำในอาหารที่แช่แข็งมากกว่าร้อยละ 98 จะถูกกำจัดออกโดยการระเหิดในระหว่างการทำแห้งภายใต้สภาวะสุญญากาศ (สมบัติ, 2550)

การสกัดโปรตีนด้วยค่าพีเอช 7 ถึง 10 จะได้ปริมาณโปรตีนงามากที่สุด แสดงให้เห็นว่า โปรตีนจะสามารถละลายในสารละลายต่างมากกว่าสารละลายกรด (Maneemegalai and Prasad, 2011 และ Achouri *et al.*, 2012)

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Inyang and Iduh (1996) นำกากงามาอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จนความชื้นลดลงน้อยกว่าร้อยละ 10 นำไปบดด้วยเครื่องบดจากนั้นนำมาบดร้อน นำมาสกัดน้ำมันที่เหลืออยู่ในกากโดยใช้เฮกเซนเกรดอาหาร ในอัตราส่วนระหว่างกากงาต่อเฮกเซน 1:8 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ด้วยเครื่องกวนสาร (Magnetic stirrer) นาน 1 ชั่วโมง ทำการเปลี่ยนเฮกเซน 3 ครั้ง กรองแยกกากงาที่สกัดน้ำมันออกแล้ว จากนั้นเอกลำเป็นเอกลำที่สงวนไว้สำหรับงานเพื่อการศึกษานี้ ไม่นานนักให้นำไปไซประโยชน์ด้านการค้า ทำการระเหยเฮกเซนออกด้วยการตั้งทิ้งไว้ในตู้ดูดควัน (Laboratory Chemical Fume Hood) ก่อนนำไปอบไม่วารณใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดับเพลิงและต้องอ้างอิงเงาของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่อุณหภูมร้อน จนกากงามีความชื้นสุดท้ายไม่เกินร้อยละ 5 และปริมาณน้ำมันในกากงาไม่เกินร้อยละ 5 นำกากงาที่อบแล้วไปบด แล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช บรรจุแป้งงาในถุงอลูมิเนียมพอยล์แบบสุญญากาศเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเพื่อรอการวิเคราะห์ต่อไป

Gandhi and Srivastava (2007) นำแป้งงาที่สกัดน้ำมันออกแล้วมาละลายในน้ำกลั่นอัตราส่วนระหว่างแป้งงาต่อน้ำกลั่น 1:10 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ปรับพีเอชเป็น 10 ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 1 โมลาร์ ผสมและกวนด้วยเครื่องกวนนาน 1 ชั่วโมง นำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 3,000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที แยกส่วนใสด้านบนออกมาปรับพีเอชให้เท่ากับจุดไอโซอิเล็กทริก (Isoelectric point) ด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่ความเข้มข้น 1 นอร์มอล เพื่อตกตะกอนโปรตีน นำสารละลายที่ได้ไปปั่นเหวี่ยงที่ 5,000 รอบต่อนาที นาน 10 นาที เพื่อแยกตะกอนโปรตีนงาและล้างด้วยน้ำกลั่นแล้วปรับพีเอชเป็น 7 ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 0.2 โมลาร์ จากนั้นนำโปรตีนงาที่ได้ไปทำแห้งแบบระเหิด (Freeze-dried) ผลการทดลองที่ได้คือผลผลิตโปรตีนงาเข้มข้น (SPC) ภายหลังสกัดจากกากงา พบว่าผลผลิตที่ได้จากกากทั้ง 3 สายพันธุ์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยโปรตีนงาดำเข้มข้น (BSPC) มีค่าร้อยละ 43.10 โปรตีนงาแดงเข้มข้น (RSPC) มีค่าร้อยละ 41.67 และโปรตีนงาขาวเข้มข้น (WSPC) มีค่าร้อยละ 39.02

ผลการทดลองปริมาณโปรตีนของโปรตีนงาเข้มข้น (SPC) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Onsaard et al. (2010) ซึ่งรายงานว่าการผลิตโปรตีนงาเข้มข้นจากแป้งงาที่ผ่านการสกัดไขมันออก 2 วิธี คือ (1) การละลายโปรตีนด้วยสารละลายเกลือแล้วตกตะกอนโปรตีนที่จุดไอโซอิเล็กทริก (SPC-salt) และ (2) การละลายโปรตีนด้วยสารละลายต่างพีเอช 9 (SPC-PH9) หรือ 11 (SPC-pH11) แล้วตกตะกอนโปรตีนที่จุดไอโซอิเล็กทริก พบว่าปริมาณโปรตีนของ SPC-salt มีค่าร้อยละ 75.5 SPC-pH9 มีค่าร้อยละ 82.9 หรือ SPC-pH11 มีค่าร้อยละ 83.3 และงานวิจัยของ Chatterjee et al. (2015) ทดลองสกัดโปรตีนงาจากแป้งงาแดงซึ่งมีปริมาณโปรตีนที่ร้อยละ 55.6 พบว่า โปรตีนงาแดงเข้มข้นที่ผลิตได้มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 78.3 อย่างไรก็ตามการที่องค์ประกอบทางเคมีของโปรตีนงาที่สกัดได้แตกต่างกัน อาจขึ้นอยู่กับวัตถุดิบกระบวนการผลิตและขั้นตอนการสกัดโปรตีน ทำให้องค์ประกอบทางเคมีของโปรตีนงาที่สกัดได้มีความแตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

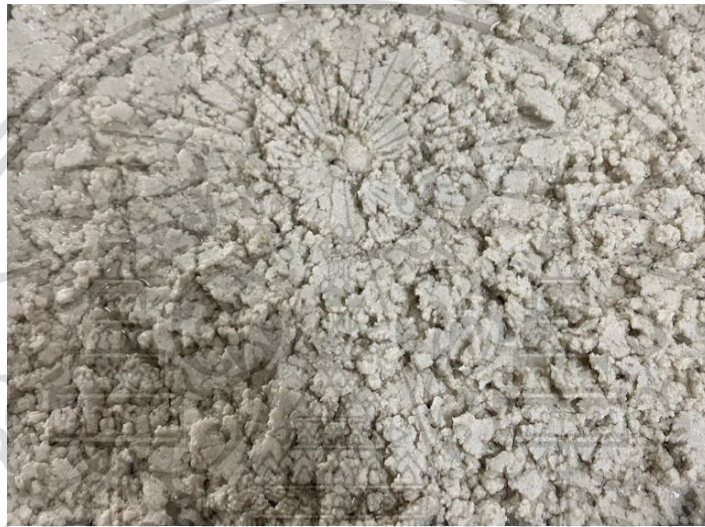
บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัสดุดิบและสารเคมี

3.1.1 วัสดุดิบ

กากงาขาวที่เหลือใช้จากการสกัดนม



รูปที่ 3.1 กากงาขาว

3.1.2 สารเคมี

เฮกเซน n-hexene 95% (KemAus, Australia)

น้ำกลั่น (Distilled water)

โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Carlo Erba, France)

กรดไฮโดรคลอริก (RCI Labscan, Thailand)

กรดซัลฟูริก (RCI Labscan, Thailand)

กรดบอริก (Carlo Erba, France)

ปิโตรเลียมอีเธอร์ (J.T.Baker, USA)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 อุปกรณ์

ตู้อบลมร้อน (Hot air Oven: Binder, ED 56, Germany)

เครื่องกวนแม่เหล็กไฟฟ้า (EGO, Germany)

เครื่องวัดค่าพีเอช (pH meter, METTLER TOLEDO, Switzerland)

เครื่องปั่นเหวี่ยง (Refrigerated Centrifuge Eppendorf, 5804R, US)

ขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร

บีกเกอร์ปริมาตร 250 ml

เครื่อง Freeze Dry 1 (Thailand)

โถดูดความชื้น

เครื่องวัดวอเตอร์แอกทีวิตี (Water Activity AQUA LAB รุ่น 4CE, USA)

เครื่องวัดค่าปริมาณความชื้น (Moisture Halogen Metter : Toledo รุ่น HX204, USA)

เครื่อง SOX THERM ยี่ห้อ (Gerhardt, Germany)

ชุดกลั่นและย่อยไนโตรเจน (เครื่องย่อยไนโตรเจน) ยี่ห้อ (Gerhardt, Germany)

เครื่อง Fibertherm ยี่ห้อ (Gerhardt, Germany)

3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

3.3.1 การเตรียมกากงา

สกัดไขมันออกจากกากงาด้วย n-hexane แช่ไว้เป็นเวลา 8 ชั่วโมง และนำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

3.3.2 วิธีการทดลอง

3.3.2.1 นำกากงาไปทำการทดลองนี้โดยการเตรียมอัตราส่วนระหว่างกากงาต่อน้ำ 1:6 1:8 1:10

3.3.2.2 ทำการสกัดโปรตีนที่ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 10 ± 0.1 โดยปรับด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1.0 นอร์มัล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2.3 ทำการกวนด้วยเครื่องกวนแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นเวลา 60 นาที

3.3.2.4 นำสารละลายมาหมุนเหวี่ยงเพื่อแยกกาก ด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยง(centrifuge) ที่ความเร็วรอบ 6000 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 15 นาที

3.3.2.5 นำสารละลายส่วนใสด้านบน (supernatant) มาปรับค่าความเป็นกรด-ด่างให้เท่ากับ 5 ± 0.1 ซึ่งเป็นจุดไอโซอิเล็กทริกของโปรตีนในกากา ด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 1.0 นอร์มัล

3.3.2.6 นำสารละลายมาหมุนเหวี่ยงอีกครั้ง เพื่อแยกตะกอนโปรตีนออกมาด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 6000 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 15 นาที

3.3.2.7 ละลายตะกอนโปรตีนในน้ำกลั่น และปรับค่าความเป็นกรด-ด่างให้เป็นกลางที่ 7 ± 0.1 ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1.0 นอร์มัล

3.3.2.8 นำมาทำแห้งด้วยวิธีการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (freeze dry) ที่อุณหภูมิ -40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 42 ชั่วโมง

3.3.2.9 เก็บตัวอย่างออกจากเครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ทำการบรรจุใส่ถุงอะลูมิเนียมพอยล์ปิดผนึกด้วยสุญญากาศเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จนกว่าจะนำไปใช้

3.3.3 วิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ผลผลิตผลิตภัณฑ์ (Product Yield (%))

คำนวณปริมาณผลผลิตที่ได้จาก (product yield) จากสมการ

$$\text{Yield\%} = \frac{\text{โปรตีนที่ได้หลังการสกัด(\%)}}{\text{โปรตีนกากกก่อนการสกัด (\%)}} \times 100$$

3.3.4 วิเคราะห์ปริมาณโปรตีนทั้งหมด (Protein)

วิธีหาปริมาณโปรตีนทั้งหมดดังนี้

3.3.4.1 ชั่งตัวอย่างอาหารประมาณ 0.5 - 1 กรัม ใส่ลงในหลอดย่อยขนาด 250 มล.

3.3.4.2 ใส่ลูกแก้ว 1 ลูก และ Catalyst mixture 7 กรัม หรือประมาณ 1 ช้อนชา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4.3 ใส่กรดซัลฟูริกเข้มข้น 20 มล. นำไปย่อยบนเตาย่อย (โดยครั้งแรกใช้ไฟอ่อน) 250 เซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที แล้วจึงเร่งไฟให้มีความร้อนสูงขึ้นถึง 380-400 เซลเซียส จนได้สารละลายในหลอด เป็นสีเขียว-น้ำเงิน (เมื่อเย็นสารละลายเปลี่ยนเป็นฟ้าใส)

3.3.4.4 ปิดสวิทซ์ไฟแล้วยกชุดหลอดย่อยวางไว้เหนือเตาย่อย ทิ้งไว้ให้เย็นในตู้ดูดควัน

3.3.4.5 เมื่อสารละลายเย็นดีแล้วย้ายหลอดย่อยมาวางบน rack วางหลอด แล้วนำหลอดย่อย พร้อมตัวอย่างที่ย่อยแล้วไปใส่ในเครื่องกลั่น

3.3.4.6 นำสารละลายกรดบอริก 4 % ที่เตรียมไว้ใส่ในฟลาสขนาด 250 มล. ประมาณ 75 มล.

3.3.4.7 ใส่อินดิเคเตอร์ผสม (bromocresol green ผสมกับ methyl red) 2-3 หยด นำไป วางต่อเข้ากับเครื่องกลั่น Vopodest 30 ให้ปลาย Condenser จุ่มลงในสารละลายกรดบอริกในฟลาส

3.3.4.8 ดำเนินการกลั่น ปิดประตูเครื่องกลั่นให้สนิท กดปุ่ม Run เครื่องจะเริ่มทำการกลั่น ตัวอย่าง

3.3.3.9 นำสารละลายสีเขียวในฟลาสไปไตเตรตกับกรดซัลฟูริกมาตรฐาน 0.1N จนได้ end point สีชมพู

3.3.4.10 ทำ Blank ด้วยวิธีการดังกล่าวข้างต้น แต่ไม่ใส่ตัวอย่างอาหาร หาปริมาณกรด H₂SO₄ 0.1 N ทั้งหมดที่ใช้ไตเตรตกับ blank

3.3.5 วิเคราะห์ปริมาณไขมันทั้งหมด (Fat)

วิธีหาปริมาณไขมันทั้งหมดมีดังนี้

3.3.5.1 นำปิกเกอร์ขอบแบนขนาด 250 มล. ใส่หิน (Boiling stones) 2-3 ชิ้น นำไปอบใน ตู้อบที่ อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นในโหลดูดความชื้นแล้วนำออกมาชั่งให้ได้ น้ำหนักที่คงที่

3.3.5.2 ชั่งตัวอย่างอาหารที่เตรียมไว้บนกระดาษกรอง ให้ได้น้ำหนักแน่นอนประมาณ 2 กรัม แล้วห่อให้เรียบร้อยใส่ในภาด

3.3.5.3 อบตัวอย่างอาหารนั้นในตู้อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เพื่อ ไล่ความชื้น เอกสารที่ส่งวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.5.4 นำตัวอย่างอาหารนี้ใส่ extraction thimble ใส่ลงในที่รองรับแบบโลหะ

3.3.5.5 เติมปิโตรเลียมอีเธอร์ (Petroleum ether) ลงในบีกเกอร์ ประมาณ 150 มล. ปิดด้วย
สำลี าสาร

3.3.5.6 เปิดอ่างทำความเย็น โดยตั้งอุณหภูมิที่ประมาณ 20 องศาเซลเซียส เพื่อให้น้ำเย็น
ไหล ผ่านเครื่องควบแน่นตลอดเวลา เสียบปลั๊กปัมลม

3.3.5.7 นำบีกเกอร์ที่บรรจุปิโตรเลียมอีเธอร์แล้ว ต่อเข้ากับเครื่องควบแน่น ผลักบีกเกอร์เข้า
แบบตรงๆ จนแน่นสนิท (สังเกตว่าก้นบีกเกอร์ลงพอดีกับ แผ่นให้ความร้อนไม่ให้ค้างอยู่ด้านขอบหลุม)

3.3.5.8 เตรียมเปิดเครื่อง SOXTHERM เพื่อทำการวิเคราะห์ไขมัน ตามเวลาที่ตั้งไว้ในเครื่อง
ใช้เวลาสกัดทั้งหมด 2 ชม.50นาที

3.3.5.9 นำบีกเกอร์ออกจากชุดสกัด นำเหล็กกรองที่ใส่ extraction thimble ออก(โดยใช้คีม
คีบ) แล้วนำบีกเกอร์เข้าอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

3.3.5.10 นำบีกเกอร์ที่อบแล้วนั้น นำไปใส่ไว้ในโหลดูดความชื้น (30นาที) แล้วชั่งให้ได้
น้ำหนักที่แน่นอน

3.3.6 วิเคราะห์ปริมาณเถ้าทั้งหมด (Ash)

วิธีหาปริมาณเถ้าทั้งหมดมีดังนี้

3.3.6.1 เผลถ้วยกระเบื้องที่สะอาดและแห้งในเตาเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เป็น
เวลานาน 1 ชั่วโมง แล้วลดอุณหภูมิเตาเผาไปที่ 120° เซลเซียส และรอจนอุณหภูมิลดลงถึง 120° เซลเซียส
จากนั้นย้ายถ้วยกระเบื้องจากเตาเผาไปใส่ไว้ในโหลดูดความชื้น ทิ้งไว้ให้เย็นเท่ากับ อุณหภูมิห้อง (ใช้เวลา
ประมาณ 40 นาที) แล้วนำไปชั่งเพื่อหาน้ำหนักที่แน่นอน การชั่งควรทำความรวดเร็วเพื่อป้องกันการดูดซึม
ความชื้น

3.3.6.2 ชั่งตัวอย่างให้ได้หนัก 0.3-0.5 กรัม ใส่ลงถ้วยกระเบื้องที่ทราบน้ำหนักแล้วนั้น จาก
ข้อ 3.4.5.1

3.3.6.3 นำตัวอย่างอาหารจากข้อ 3.4.5.2 ไปเผาบนเตาไฟฟ้าในตู้อบควันให้หมดควัน แล้ว
จึงนำเข้าไปเผาในเตาเผา ตั้งอุณหภูมิเตาเผา 600° เซลเซียส เผลจนกระทั่งได้เถ้าเป็นขาวหรือสีเทา ปกติใช้
เวลาประมาณ 3-4 ชั่วโมง (จับเวลาเมื่ออุณหภูมิขึ้นถึง 600 เซลเซียส) ลดอุณหภูมิเตาเผาเป็น 120 ° เซลเซียส
และรอจนอุณหภูมิลดลงถึง 120° เซลเซียส
เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของสำนักงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.6.4 ใช้คีมคีบถ้วยกระเบื้องจากเตาเผา นำไปใส่ในโหลดูดความชื้นและไว้ทิ้งให้เย็น (ใช้เวลาประมาณ 40 นาที) แล้วชั่งน้ำหนักของถ้วยกระเบื้องที่มีใ้ล้าอยู่นั้นอย่างละเอียด

3.3.7 การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น (Moisture content)

วิธีการหาปริมาณความชื้นโดยการทำให้แห้งด้วยตู้อบลมร้อน มีดังนี้

อบถ้วยอลูมิเนียมสำหรับหาความชื้นพร้อมฝาเป็นเวลา 2 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส นำถ้วยอะลูมิเนียมและฝาปิดมาพักให้เย็นในโหลดูดความชื้น ชั่งน้ำตัวอย่าง 1-2 กรัม จากนั้นนำมาหาความชื้นในเครื่อง Moisture Halogen ทำการวัดแบบอัตโนมัติ ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ค่าความชื้นจะแสดงผลบนหน้าจอของเครื่อง Moisture Halogen

3.3.8 วิเคราะห์ปริมาณเยื่อใย (Fiber)

วิธีหาปริมาณเยื่อใยทั้งหมดดังนี้

3.3.8.1 เขียนเบอร์ตัวอย่างบน FibreBags แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำออกใส่ในโหลดูดความชื้น 15 นาที จากนั้นชั่งน้ำหนัก

3.3.8.2 ใส่ Glass spacers ลงใน FibreBags ที่ทราบน้ำหนักแล้ว และนำไปใส่ในชุด Carousel ให้ครบทั้ง 12 ช่อง

3.3.8.3 ชั่งตัวอย่างปริมาณ 1 กรัม ใส่ลงใน FibreBags จดน้ำหนักที่แน่นอน

3.3.8.4 เมื่อชั่งตัวอย่างครบแล้วยกชุด Carousel ไปใส่ใน Glass container การยกชุด Carousel เข้าหรือออกจาก Glass container ต้องใช้ quick clamping และให้นำ quick clamping ออกจากการอ่านวิเคราะห์

3.3.8.5 ทำการค่า Blank สามารถหาได้โดยการวิเคราะห์ควบคู่ไปกับการวิเคราะห์ตัวอย่าง (FibreBags ไม่ใส่ตัวอย่าง) ค่าที่ได้ควรต่ำกว่า 1 มก.

3.3.8.6 นำ Glass container ที่บรรจุชุด Carousel ตัวอย่าง ไปวางบนเตาที่เครื่อง FIBERTHERM โดยวางให้ตรงกับวงที่อยู่บนเตา เพื่อให้ชุด Carousel ตรงกับชุดหมุนด้านบนตัวเครื่อง

3.3.8.7 เครื่องจะเริ่มทำงานตามโปรแกรมที่เลือก หน้าจอจะแสดงขั้นตอนการทำงานโดยเริ่มตั้งแต่ขั้นตอนแรก สำหรับการวิเคราะห์เยื่อใย คือการย่อยด้วยกรดซัลฟูริก (H₂SO₄) 1.25 % 30 นาที ดูดสารละลายกรดทิ้ง ทำการชะล้างกรดด้วยน้ำกรองที่ร้อน จากนั้นย่อยกากที่เหลือด้วยด่างทิ้ง ทำการชะล้างด่างด้วยน้ำกรองที่ร้อน ซึ่งใช้เวลาในการวิเคราะห์ประมาณ 1.30 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่... ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า...
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.8.8 นำ Glass container ออกจากเครื่อง FIBERTHERM จากนั้นนำ FibreBags และ กากที่เหลือออกจาก Glass spacers โดยชะล้างตัวอย่างที่ติดอยู่ที่ Glass spacers ด้วยน้ำกลั่น

3.3.8.9 นำ FibreBags และกากใส่ลงใน Crucible ที่ผ่านการ pre-ashed ที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส จากนั้นนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมงหรือข้ามคืน จากนั้นนำ ออกมาใส่ไว้ในโหลดูดความชื้น 30 นาที ชั่งน้ำหนัก Crucible และ FibreBags พร้อมกาก

3.3.8.10 นำ FibreBags พร้อมกากใน Crucible ไปเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เป็น เวลา 4 ชั่วโมง จากนั้นลดอุณหภูมิเตาเผาเป็น 120 องศาเซลเซียส รอจนอุณหภูมิลดลงเหลือ 120 องศา เซลเซียส นำ Crucible และถ้ำออกจากเตา และทิ้งให้เย็นในโหลดูดความชื้นจนถึงอุณหภูมิห้อง (ใช้เวลา ประมาณ 40 นาที) ชั่งน้ำหนัก Crucible และถ้ำ

3.3.9 วิเคราะห์ค่าวอเตอร์แอกทีวิตี (water activity, aw) (AOAC, 2000)

วิธีการหาค่าวอเตอร์แอกทีวิตี

โดยใช้เครื่อง Water Activity meter บรรจุจากงาไม่น้อยกว่าครึ่งหนึ่งลงในภาชนะวัด ปิดฝา เครื่อง หมุนปุ่มวัดเพื่ออ่านค่ารอจนเครื่องทำงานเสร็จจะมีเสียงเตือน แล้วบันทึกค่า aw ที่ได้

3.3.10 วิเคราะห์ความสามารถในการละลาย (Water solubility)

วิธีวิเคราะห์ความสามารถในการละลายน้ำตาลดแปลงตามวิธีการของ Yousf et al. (2017) นำ ผงโปรตีน 1 กรัม ผสมกับน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร นำไปกวนผสมด้วยเครื่องกวนสาร เป็นเวลา 30 นาที แล้วจึง นำไป หมุนเหวี่ยงแยกตะกอนด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงที่ 3,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที แล้วเก็บส่วนใส เทลงในถ้วยอะลูมิเนียมทำการอบระเหยน้ำส่วนเกินออกด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วจึงทำการชั่งน้ำหนักหลังการทำแห้ง พร้อมคำนวณค่าร้อยละความสามารถในการละลายน้ำของผงโปรตีน (Water Solubility Index, WSI)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ผลจากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกากงา

จากการศึกษาอัตราส่วนปริมาณน้ำต่อกากงาในการสกัดโปรตีนจากกากงาโดยการเตรียมกากงาด้วยการสกัดไขมันด้วย n-hexene ผ่านการอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง และการสกัดโปรตีนจากกากงาด้วยวิธีสกัดอัตราส่วนปริมาณน้ำต่อกากงา 1:6 1:8 และ 1:10 ที่ผ่านการทำแห้งแบบเยือกแข็ง (Freeze dry) ที่อุณหภูมิ -40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมงดังรูปที่ 4.1 จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกากงาขาวอัตราส่วน 1:6 1:8 และ 1:10 แสดงดังตารางที่ 4.1 พบว่าปริมาณโปรตีนของกากงาขาวไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) อัตราส่วน 1:6 มีปริมาณสูงที่สุดคือ 22.78% รองลงมาคืออัตราส่วน 1:8 ร้อยละ 22.26 และอัตราส่วน 1:10 ร้อยละ 22.25 ในส่วนของปริมาณไขมันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) อัตราส่วน 1:6 มีปริมาณไขมันร้อยละ 38.55 อัตราส่วน 1:8 มีปริมาณไขมันร้อยละ 38.26 และอัตราส่วน 1:10 มีปริมาณไขมันร้อยละ 39.46 ปริมาณเถ้าที่ได้ผลจากการวิเคราะห์ พบว่าปริมาณเถ้ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) อัตราส่วน 1:6 มีปริมาณเถ้าร้อยละ 3.37 อัตราส่วน 1:8 มีปริมาณเถ้าร้อยละ 2.97 และอัตราส่วน 1:10 มีปริมาณเถ้าร้อยละ 3.13 ปริมาณเยื่อใยที่ได้ผลจากการวิเคราะห์พบว่าปริมาณเถ้ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) อัตราส่วน 1:6 มีปริมาณเยื่อใยร้อยละ 9.97 อัตราส่วน 1:8 มีปริมาณเยื่อใยร้อยละ 10.03 และอัตราส่วน 1:10 มีปริมาณเยื่อใยร้อยละ 9.98 และปริมาณความชื้นที่ได้ผลจากการวิเคราะห์พบว่ามีความแตกต่างกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) อัตราส่วน 1:6 พบปริมาณความชื้นร้อยละ 4.22 อัตราส่วน 1:8 พบปริมาณความชื้นร้อยละ 4.02 และ อัตราส่วน 1:10 พบปริมาณความชื้นร้อยละ 4.36 จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีแสดงให้เห็นว่ากระบวนการสกัดไขมันด้วย n-hexene สกัดไขมันได้ไม่ทั่วถึง ทำให้มีน้ำมันหลงเหลือในกากงาส่ง เมื่อเปรียบเทียบผลการทดลององค์ประกอบเคมีของกากงาสอดคล้องกับ FAO (1990) รายงานว่าองค์ประกอบทางเคมีของกากงา มีปริมาณความชื้นอยู่ระหว่างร้อยละ 4-17 โปรตีน ร้อยละ 23-46 ไขมันร้อยละ 1.4-27 เยื่อใยร้อยละ 5-12 และเถ้าร้อยละ 7.5 - 17.5 นอกจากนี้ผลการทดลองที่ได้ใกล้เคียงกับ สุขน ตั้งทวีวัฒน์ และบุญล้อม ชีวะอิสระกุล (2537) ได้รายงาน องค์ประกอบทางเคมีของกากงาว่ามีความชื้นร้อยละ 4.27 โปรตีนร้อยละ 35.42 ไขมันร้อยละ 33.90 เยื่อใยร้อยละ 7 และเถ้าร้อยละ 8.28 อย่างไรก็ตามการที่องค์ประกอบทางเคมีของโปรตีนงาที่สกัดได้แตกต่างกัน อาจขึ้นอยู่กับวัตถุดิบ กระบวนการผลิตและขั้นตอนการสกัดโปรตีน ทำให้องค์ประกอบทางเคมีของกากงาที่สกัดได้มีความแตกต่างกัน Onsaard *et al.* (2010)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.1 กากงาขาวที่ผ่านกระบวนการ freeze dry

ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบทางเคมีของกากงา

| Sample | Protein ^{ns} (%) | Fat ^{ns} (%) | Ash (%) | Fiber (%) | Moisture ^{ns} (%) |
|--------|---------------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------------|
| 1:6 | 22.78±0.52 | 38.55±1.72 | 3.37±0.10 ^a | 9.97±0.30 ^b | 4.22±0.43 |
| 1:8 | 22.26±0.29 | 38.26±4.77 | 2.97±0.55 ^b | 10.03±0.20 ^a | 4.02±0.36 |
| 1:10 | 22.25±0.37 | 39.46±1.02 | 3.13±0.19 ^{ab} | 9.98±0.020 ^b | 4.36±0.39 |

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในกลุ่มเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระ (Moisture content, a_w)

ผลจากการวิเคราะห์หาปริมาณน้ำอิสระจากตารางที่ 4.2 แสดงผลการวิเคราะห์ความชื้นและปริมาณน้ำอิสระของกากงาที่ได้จากการสกัดอัตราส่วนที่แตกต่างกัน พบว่าปริมาณน้ำอิสระนั้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) อัตราส่วน 1:6 มีปริมาณน้ำอิสระเท่ากับ 0.40 อัตราส่วน 1:8 มีปริมาณน้ำอิสระเท่ากับ 0.19 และอัตราส่วน 1:10 มีปริมาณน้ำอิสระเท่ากับ 0.15 สังเกตได้ว่าอัตราส่วน 1:6 มีปริมาณน้ำอิสระมากที่สุดและลดลงมาตามลำดับ อัตราส่วน 1:10 มีปริมาณน้อยที่สุด และปริมาณความชื้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) พบปริมาณความชื้นอยู่ที่ 4.02-4.36 % จะเห็นได้ว่าเมื่อปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้น ปริมาณน้ำอิสระของโปรตีนที่ได้จากการสกัดจากกากงาจะเพิ่มขึ้นด้วย โดยทั่วไปโปรตีนที่ผ่านการทำให้แห้งแบบเยือกแข็งจะเสถียรมากกว่าโปรตีนในรูปของเหลวอย่างไรก็ตามเมื่อโปรตีนที่ผ่านการทำให้แห้งแบบเยือกแข็งได้รับความชื้น ทำให้กระบวนการทางเคมีมีอัตราการเปลี่ยนแปลงเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากความยืดหยุ่นของโครงรูปสามมิติ (conformation) เพิ่มขึ้น และโมเลกุลที่ว่องไวในการเข้าทำปฏิกิริยา (active) มีการเคลื่อนที่มากขึ้น ความชื้นทำให้เกิดกระบวนการย่อยสลายทางเคมีซึ่งมีผลกระทบต่อคุณสมบัติทางกายภาพ เช่น โครงรูปสามมิติ การละลาย และการจับตัวเป็นก้อน ทำให้คุณสมบัติทางกายภาพและชีวโมเลกุลของโปรตีนแตกต่างกันในอาหารที่ผ่านกระบวนการแปรรูป (Manning et al., 1989)

ตารางที่ 4.2 ปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระ (Moisture content, a_w)

| sample | Moisture ^{ns} (%) | a_w |
|--------|----------------------------|------------------------|
| 1:6 | 4.22±0.43 | 0.40±0.01 ^a |
| 1:8 | 4.02±0.36 | 0.19±0.01 ^b |
| 1:10 | 4.36±0.39 | 0.15±0.01 ^c |

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการละลาย (Water solubility)

ผลค่าความสามารถในการละลายแสดงในตาราง 4.3 พบว่าค่าความสามารถในการละลายมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จะเห็นได้ว่าค่าความสามารถในการละลายจะอยู่ในช่วงร้อยละ 33.00 ถึง 76.00 ซึ่งอัตราส่วนที่มีค่าร้อยละความสามารถในการละลายมากที่สุดคืออัตราส่วน 1:10 และอัตราส่วนที่มีค่าร้อยละความสามารถในการละลายน้อยที่สุดคือ 1:6 แสดงให้เห็นว่าการที่โปรตีนสามารถละลายได้เนื่องจากไนโตรเจนที่อยู่ในโปรตีนที่ได้จากการสกัดโปรตีนจากกากงา นั้นส่งผลกับความสามารถในการละลายของโปรตีนโดยตรง ซึ่งยังคงอยู่ในสภาพที่ละลายได้ภายใต้สภาวะเฉพาะโดยความสามารถในการละลายของโปรตีนที่ได้จากการสกัดจากกากงาได้รับผลกระทบจากปัจจัยต่างๆ เช่น ขนาดโมเลกุล ค่า pH ของตัวกลาง การให้น้ำของโปรตีน จึงทำให้ความสามารถในการละลายอาจแตกต่างกัน Zayas JF (1997)

ตารางที่ 4.3 ความสามารถในการละลาย (Water solubility)

| Sample | Solubility % |
|--------|-------------------------|
| 1:6 | 33.00±0.02 ^c |
| 1:8 | 65.00±0.01 ^b |
| 1:10 | 76.00±0.00 ^a |

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในกลุ่มเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

5.1.1 อัตราส่วนน้ำต่อกากงาที่เพิ่มขึ้นหรือลดลง ไม่มีผลต่อค่าปริมาณผลที่ได้ของโปรตีน

5.1.2 ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ในอัตราส่วนน้ำต่อกากงา 1:6 22.78% 1:8 22.26% และ 1:10 22.25% ซึ่งอัตราส่วน 1:6 มีปริมาณโปรตีนมากที่สุด

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรเพิ่มปัจจัยในการทดลองให้มากขึ้น เพื่อหาความแตกต่างของผลการทดลอง

5.2.2 ควรเพิ่มวิธีที่ใช้ในการสกัด เพื่อเปรียบเทียบหรือหาวิธีที่สามารถให้ปริมาณผลผลิตที่มากที่สุด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

ภาควิชาพืชไร่นา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2542. พืชเศรษฐกิจ. กรุงเทพฯ; สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จิรวัดน์ สนิทชน และประสิทธิ์ ใจศิล, 2550. งา พืชเมล็ดเล็กแต่คุณภาพไม่เล็ก. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://info.matichon.co.th/techno/techno.php?srctag=05105151250&srcday=2007/12/15&search=no>. (28 พฤษภาคม 2566).

กึ่งกมล สีสัจจาวรณ. 2547. เอกสารคำสอนวิชาเคมีอาหาร 2. คณะเทคโนโลยีชีวภาพมหาวิทยาลัยรังสิต ปทุมธานี.

นิธิยา รัตนাপนนท์. 2545. เคมีอาหาร. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.

พรรณวดี วิถีสำราญธรรม. 2540. การสกัดโปรตีนเข้มข้นจากเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษและการปรับปรุงคุณภาพของโปรตีนที่ได้โดยการเสริมด้วยโปรตีนเข้มข้นจากเมล็ดงาและถั่วเหลือง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

รัชฎาภรณ์ คะประสบ, ณัฐภรณี เลหาทกุลจิตต์ และอรพิน เกิดชูชื่น. 2553. คุณลักษณะของโปรตีนไฮโดรไลเซทจากงาที่ได้จากการย่อยสลายด้วยเอนไซม์โปรตีเอส. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 41: 685-688.

วาสนา วงศ์ใหญ่. งา พืชศาสตร์ การปลูก ปรับปรุงพันธุ์ และการใช้ประโยชน์. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2550.

วราทิพย์ วงษ์เอี่ยม. 2552. การเสริมคุณค่าแป้งข้าวเจ้าด้วยโปรตีนที่สกัดจากงาดำ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สุกัญญา สุนทรส และวิเชียร ริมพนิชยกิจ. ชีวะโมเลกุล. 2547. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุขน ตั้งทวีวัฒน์ และบุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2537. การใช้กากงาเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนกากถั่วเหลืองในอาหารสัตว์ปีก. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

อริยาภรณ์พงษ์รัตน์. 2556. "งา" การผลิต การปรับปรุงพันธุ์ และการแปรรูป. คณะเกษตรศาสตร์: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

สมจินตนา ทুমแสน และอิสระ พุทธสิมมา. 2550. งา. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า <http://oard3kk.dynds.org/agriculture/pdfdata/3k3UpCFTue104346.pdf>.
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(25 พฤษภาคม 2566)

El-Adawy, T.M. 1997. Effect of sesame seed protein supplementation on the nutritional, physical, chemical and sensory properties of wheat flour bread. *Food Chemistry*. 59: 7-14,

Lilian E Abugoch 1, Nalda Romero, Cristián A Tapia, Jorge Silva, Mónica Rivera. 2008. Study of some physicochemical and functional properties of quinoa (*Chenopodium Quinoa Willd.*) protein isolates. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 56(12): 4745-4750.

Achouri, A. ,Nail, V. and Boye, J.I. 2012. Sesame protein isolate: Fractionation, secondary structure and functional properties. *Food Research International*. 46:360-369.

Anilakumar, K. R., Pal, A. Khanum, F. and Bawa, A.S. 2010. Nutritional, Medicinal and Industrial uses of sesame (*Sesamum indicum L.*) seeds - An Overview. *Agriculturae Conspectus Scientificus*. 75: 159-168.

Bandyopadhyay, K. and Ghosh, S. .2002. Preparation and Characterization of Papain- Modified Sesame (*Sesamum indicum L.*) Protein Isolates. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 50(23): 6854-6857.

Botelho J.R.S., Botelho, N.G. Medeiros, A.M.C. Rodrigues, M.E. Araújo, N.T. Machado, R.N.C. Júnior. 2013. Production of black sesame (*Sesamum indicum L.*) seeds extract by supercritical fluid extraction: Iso-Therms of global yield and determination of total fatty acids. *Iberoamerican Conference on Supercritical Fluids Cartagena de Indias (Colombia)*. 3: 1-6.

Cano-Medina , Hugo Jiménez-Islas , Luc Dendooven , Rosalba Patiño Herrera , Guillermo González-Alatorre , Eleazar M. Escamilla-Silva. 2011. Emulsifying and foaming capacity and emulsion and foam stability of sesame protein concentrates. *Food Research International*. 44: 684-692.

Carter, C. L., Cirino, V. O. and Allen, L. E. 1961. Effect of Processing on the Composition of Sesame seed and Meal. *The journal of the American Oil Chemists' society*. 38:148-150.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ การเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตถือว่าผิดกฎหมาย
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Chandi, G. K. and Sogi, D. S. 2007. Functional properties of rice bran protein concentrates. *Journal of Food Engineering*. 79(2): 592-597.

Ehalid, E.K, Babiker, E.E. and EL Tinay, A.H. 2003. Solubility and functional properties of sesame seed proteins as influenced by pH and/or salt concentration. *Food Chemistry*. 82:361-366.

FAO/WHO. 1991. Protein Quality Evaluation. Report of the Joint FAO/WHO Expert Consultation, FAO Food and Nutrition Paper 51. Rome: FAO.

Gandhi, A. P. and Srivastava. J. 2007. Studies on the production of protein isolates from defatted sesame seed (*Sesamum indicum*) flour and their nutritional profile. *Asean Food Journal*. 14:175-180.

Guerra, M. J. and Park, Y. K. 1975. Extraction of sesame seed protein and determination of its molecular weight by sodium dodecyl sulfate polyacrylamide gel electrophoresis. *Journal of the American Oil Chemists Society*. 52(3):73-75.

Hwang, L.S. 2005. Sesame Oil. in *Bailey's Industrial Oil and Fat Products*. 6th ed. New York: John Wiley & Sons, Inc.

Inyang, U.E. and Iduh, A.O. 1996. Influence of pH and salt concentration on protein solubility, emulsifying and forming properties of sesame protein concentrate. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 73(12):1663-1667.

Kanu P.J., Philip John Kanu, Zhu Kerui, Zhou Hui Ming, Qian Haifeng, Jestina Baby Kanu and Zhu Kexue. 2007. Sesame protein 11: Functional properties of sesame (*Sesamum indicum* L.) protein isolate as influenced by pH, Temperature, Time and Ratio of Flour to water during its production. *Asian Journal of Biochemistry*. 2(5): 289-301.

Kanu, P.J. 2011. Biochemical analysis of black and white sesame seeds from China. *American Journal of Biochemistry and Molecular Biology*. 1: 145-157.

Khalid, E. K., Babiker, E. E. and El Tinay, A. H. 2003. Solubility and functional properties of sesame seed properties as influence by pH and/or salt concentration. *Food Chem*. 82: 361-366.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยามให้ดูไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Latif, A. and Anwar, F. 2011. Aqueous enzymatic sesame oil and protein extraction. *Food Chemistry*. 125: 679-684.
- Maneemegalai, S. and Prasad, R. 2011. Evaluation of amino acid composition and protein solubility profile of commercially available sesame and groundnut seed meal. *Asian Journal of Food and Agro-Industry*. 4(03): 161-166.
- Moure, J. Sineiro, Herminia Dominguez, Juan Carlos Parajó. 2006. Functionality of oilseed protein product: A review. *Food and Research International*. 39:945-963.
- J.M. Nzikou, Matos, Bouanga-Kalou, Ndangui, Pambou-Tobi, Kimbonguila, Silou, Linder, Desobry. 2009. Chemical composition on the seeds and oil of Sesame (*Sesamum indicum* L.) grown in Congo-Brazzaville. *Advance Journal of Food Science and Technology*. 1: 6-11.
- Okubo, k., Nishimura, N. and Shibasaki, K. 1979. Separation of the 13S globulin in sesame seeds into two groups of acidic and basic subunits, and their physicochemical properties. *Cereal Chem*. 56(4): 317-320.
- Ekasit Onsaard, Patchaneepun Pomsamud, Poonpun Audtum. 2010. Functional properties of sesame protein concentrates from sesame meal. *Asian Journal Food Agro-Industry*. 3(04): 420-431.
- Orruno, E. and Morgan, M. R. A. 2007. Purification and characterization of the 7S globulin storage protein from sesame (*Sesamum indicum* L.). *Food Chem*. 100:926-934.
- Ranganayaki, S., Vidhya, R. and Jaganmohan, R. 2012. Isolation and proximate determination of protein using defatted sesame seed oil cake. *International Journal of Nutrition and Metabolism*. 4(10): 141-145.
- Robison, H. W., and Hodgen, C. G. 1940. The biuret reaction in the determination of serum protein. 1. A study of the condition necessary for the production of the stable color which bears a quantitative relationship to the protein concentration. *Journal of Biological Chemistry*. 135: 170-725.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Salunkhe, D.K., Chavan, J.K., Adsule, R.N. ,Kadam, S.S. 1992.World oilseeds: chemistry, technology and utilization.New York: Van Nostrand. Reinhold.

Hiroyuki Tomotake, Iwao Shimaoka, Jun Kayashita, Misao Nakajoh, Norihisa Kato. 2002.Physicochemical and functional properties of buckwheat proteinproduct.Journal of Agricultural and Food Chemistry. 50(7): 2125-2129.

Vojdani, F. 1996.Solubility.in Methods of Testting protein functionality. G.M. Hall.London: Blackie Acedemic & Professional, an imprint of Chapman & Hall.

Zayas, J.F. and Lin, C.S. 1989.Water retention of two types of hexane-defatted corn germ proteins and soy protein flour.Journal of Cereal Chem. 66(1): 51-55.

Zayas,J.F. 1997.Functionality of proteins in food.Germany: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

สูตรการคำนวณ

ก.1 สูตรการคำนวณหาค่าปริมาณโปรตีน

$$\% \text{ Protein} = \frac{1.4(V)N \times 6.25}{W}$$

เมื่อ V = ปริมาตรของกรดซัลฟูริกที่ใช้ไตเตรต

N = ความเข้มข้น Normal ของ H₂SO₄

W = น้ำหนักตัวอย่าง

ก.2 สูตรการคำนวณหาปริมาณโปรตีน

$$\% \text{ Ash} = \frac{b - a}{w} \times 100$$

เมื่อ a = น้ำหนักของถ้วยกระเบื้อง

b = น้ำหนักของถ้วยกระเบื้องกับน้ำหนักเถ้าภายหลังการเผา

w = น้ำหนักของตัวอย่างอาหารที่ใช้ในการวิเคราะห์

ก.3 สูตรการคำนวณหาปริมาณเถ้า

$$\% \text{ Ash} = \frac{b - a}{w} \times 100$$

เมื่อ a = น้ำหนักของถ้วยกระเบื้อง

b = น้ำหนักของถ้วยกระเบื้องกับน้ำหนักเถ้าภายหลังการเผา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ยกเว้น กรณีที่เห็นเหตุจำเป็น และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.4 สูตรการคำนวณหาปริมาณเยื่อใย

$$\% \text{ Fiber} = \frac{(M3 - M1 - M4) \times 100}{M2}$$

เมื่อ M1 = น้ำหนัก FibreBags (กรัม)

M2 = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

M3 = น้ำหนัก Crucible + น้ำหนักแห้งของ FibreBags และกากหลังอบ

M4 = น้ำหนัก Crucible + fiber bag + ถ้ำหลังเผา

ก.5 สูตรการคำนวณหาร้อยละความสามารถในการละลาย

$$\text{ร้อยละความสามารถในการละลาย} = \left(\frac{m2 - m1}{m3} \right) \times 100$$

เมื่อ m1 คือ น้ำหนักถ้วยอลูมิเนียมเปล่า

m2 คือ น้ำหนักถ้วยอลูมิเนียมหลังอบ

m3 คือ น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

เครื่องมือและวิธีการ



ภาพที่ ข1 เครื่องปั่นเหวี่ยง (Centrifuge 5804 R)

วิธีการใช้งาน

1. เปิดสวิตช์ ON /OFF ทางด้านขวามือของตัวเครื่อง จากนั้นกดปุ่ม Power เพื่อเริ่มการใช้งาน
2. เปิดฝาเครื่องใส่หัว Rotor ตามขนาดหลอด 50 ml ปิดฝาเครื่องจากนั้นตั้งค่าอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส จำนวนรอบ 5000 รอบต่อนาที และเวลาที่ 15 นาที
3. โดยการตั้งค่าอุณหภูมิ ความเร็ว และเวลา ทำโดยกดปุ่มที่ต้องการตั้งแต่ค่าค้างไว้ เมื่อตัวเลขกระพริบแล้วจึงกดปุ่มลูกศรเพื่อปรับค่าตามที่ต้องการ รอจนตัวเลขไม่กระพริบถือว่าเสร็จสิ้นการตั้งค่า
4. นำตัวอย่างใส่ลงในหลอด เปิดฝาเครื่องและนำตัวอย่างใส่ลงในช่องอะแดปเตอร์ทั้ง 7 ช่อง ให้น้ำหนักเท่าๆกัน จากนั้นปิดฝาเครื่อง และกดปุ่ม Start เพื่อเริ่มต้นการใช้งาน
5. เมื่อเครื่องทำงานครบเวลาแล้ว ปุ่ม Open จะมีพริบขึ้นจึงจะสามารถเปิดฝาเครื่อง และนำตัวอย่างออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ข2 เครื่องวัดวอเตอร์แอกทีวิตี (Water Activity AQUA LAB รุ่น 4CE)

วิธีการใช้งาน

1. เปิดสวิตช์ ON/OFF ที่ด้านหลังเครื่องเพื่อให้เครื่องเริ่มทำงาน
2. เลื่อนสวิตช์ READ /OPEN อยู่บนเครื่องไปด้านขวา เพื่อเปิดฝาเครื่องสำหรับใส่ตัวอย่าง
3. จากนั้นนำตัวอย่างซึ่งแล้วใส่ในตลับสำหรับการวัดวอเตอร์แอกทีวิตี แล้วจึงเปิดฝาของเครื่อง
4. นำตัวอย่างใส่ลงในช่องสำหรับวัดค่าวอเตอร์แอกทีวิตี จากนั้นปิดฝาแล้วเลื่อนสวิตช์ READ/OPEN ไปทางด้านซ้ายมือเพื่ออ่านค่าของตัวอย่างเป็นแบบอัตโนมัติ
5. หลังจากอ่านค่าเสร็จเครื่องจะส่งสัญญาณเตือน 3 ครั้ง และแสดงสัญลักษณ์แผ่นบันทึก (Diskette) นอนเสร็จสิ้นการวัดค่า จากนั้นเลื่อนสวิตช์ READ/OPEN ไปทางขวามือและเปิดฝาเพื่อนำตัวอย่างออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ข3 เครื่องวัดค่าปริมาณความชื้น (Moisture Halogen Metter : Toledo รุ่น HX204)

วิธีการใช้งาน

- 1.เปิดสวิตช์ ON/OFF ที่ด้านหลังเครื่องเพื่อให้เครื่องเริ่มทำงาน
- 2.เลื่อนสวิตช์ READ /OPEN อยู่บนเครื่องไปด้านขวา เพื่อเปิดฝาเครื่องสำหรับใส่ตัวอย่าง
- 3.จากนั้นนำตัวอย่างซึ่งแล้วใส่ในตลับสำหรับการวัดวอเตอร์แอกทิวิตี้ แล้วจึงเปิดฝาของเครื่อง
- 4.นำตัวอย่างใส่ลงในช่องสำหรับวัดค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้ จากนั้นปิดฝาแล้วเลื่อนสวิตช์ READ/OPEN ไปทางด้านซ้ายมือเพื่ออ่านค่าของตัวอย่างเป็นแบบอัตโนมัติ
- 5.หลังจากอ่านค่าเสร็จเครื่องจะส่งสัญญาณเตือน 3 ครั้ง และแสดงสัญลักษณ์แผ่นบันทึก (Diskette) เสร็จสิ้นการวัดค่า จากนั้นเลื่อนสวิตช์ READ/OPEN ไปทางขวามือและเปิดฝาเพื่อนำตัวอย่างออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ข4 เครื่อง SOX THERM

วิธีการใช้งาน

- 1.เสียบปลั๊กและเปิดสวิทช์เครื่องด้านหลังเพื่อตั้งโปรแกรมควบคุมการทำงาน
- 2.โดยเข้าหน้าจอ Multistat Menu กดลูกศรขึ้น เลื่อนขึ้น เพื่อเข้าหน้าจอ Analysis start
- 3.จะปรากฏหน้าจอ Programing กด Enter เพื่อเข้าสู่โปรแกรมการวิเคราะห์ แล้วกด ลูกศรขึ้น จนเจอหน้าจอ Feed Test
- 4.กด Enter ไปเรื่อยๆ จนจบโปรแกรม (Finish) ทำการกด Run ที่ตัวเครื่อง เครื่องจะทำการสกัดไขมันจนครบเวลาที่ตั้งโปรแกรมไว้ (เครื่องหยุด แล้วจะยกชุดบีกเกอร์ขึ้น ให้กด RUN อีกครั้ง เพื่อระเหยปิโตรเลียมอีเธอร์ออกจนแห้ง แล้วกดปุ่ม STOP)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ข5 ชุดกลั่นและย่อยไนโตรเจน (เครื่องย่อยไนโตรเจน) ยี่ห้อ Gerhardt

วิธีการใช้งาน

ตั้งโปรแกรมการกลั่นตัวอย่างซึ่งมี 5 step ดังนี้

- step 1 กดที่ Prog 1 ครั้ง ที่จอ Step จะขึ้นเลข 1 พร้อมมีไฟสีเขียว) กระพริบที่ปุ่ม H₂O กดที่ปุ่ม + (เพิ่ม) หรือ - (ลด) ให้ที่จอ Time เป็นเลข 3 เพื่อตั้งการเติมน้ำกลั่น 45 มล. (อัตราการเติมน้ำกลั่น 15 มล./วินาที)
 - step 2 ต่อจาก step 1 กดที่ Prog 1 ครั้ง ที่จอ Step ขึ้นเลข 2 พร้อมมีไฟสีเขียว) กระพริบที่ปุ่ม NaOH กดที่ปุ่ม + (เพิ่ม) หรือ - (ลด) ให้ที่จอ Time เป็น 12 เพื่อตั้งการเติม NaOH 32 % จำนวน 120 มล. (อัตราการเติม NaOH 32 % 10 มล./วินาที สามารถตั้งจำนวนเติม NaOH ได้ตั้งแต่ 0 - 30 วินาที)
 - step 3 ต่อจาก step 2 กดที่ Prog 1 ครั้ง ที่จอ Step จะขึ้นเลข 3 กดที่ปุ่ม + (เพิ่ม) หรือ - (ลด) ให้ที่จอ Time เป็น 015 เพื่อตั้งเวลาการทำปฏิกิริยา 15วินาที (สามารถตั้งเวลาในการทำปฏิกิริยาได้ตั้งแต่ 0 - 999 วินาที)
 - step 4 ต่อจาก step 3 กดที่ Prog 1 ครั้ง ที่จอ Step จะขึ้นเลข 4พร้อมมีไฟสีเขียว) กระพริบที่ Steam กดที่ปุ่ม + (เพิ่ม) หรือ - (ลด) ให้ที่จอ Time เป็นเลข 180
- เพื่อตั้งเวลาการกลั่น 180 วินาที (สามารถตั้งเวลาการกลั่นได้ตั้งแต่ 0 - 999 วินาที) จากนั้นให้กดที่ Prog 1 ครั้ง ที่จอ Step จะขึ้นเลข 04 กดที่ปุ่ม + (เพิ่ม) หรือ - (ลด) ให้ที่จอ Time เป็นเลข 070 เพื่อตั้งการผลิตไอน้ำเป็น 70 % (สามารถตั้งโปรแกรมการผลิตไอน้ำได้ตั้งแต่ 40 - 100 %)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

- step 5 ต่อจาก step 4 ให้กดที่ปุ่ม Prog 1 ครั้ง ที่จอ Step จะขึ้นเลข

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแบบสงวนเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5 พร้อมมีไฟสีเขียวกระพริบที่ปุ่ม Empty กดที่ปุ่ม + (เพิ่ม) หรือ - (ลด) ให้ที่จอ Time เป็นเลข 030 เพื่อตั้งการดูดสารในหลอดย่อยทิ้ง 30 วินาที (อัตราการดูดสารทิ้ง 10 มล.วินาที สามารถตั้งเวลาการดูดสารทิ้งได้ตั้งแต่ 0 - 999 วินาที)

- เมื่อการตั้งโปรแกรม step 5 เสร็จ ให้กดที่ Prog 1 ครั้ง ที่จอ Step จะขึ้นตัวอักษร P ที่จอ Time จะขึ้นเป็นขีด — เป็นการบันทึกโปรแกรม และ กลับมายังตำแหน่ง start ในการเริ่มต้นการใช้เครื่อง
- ปิดประตูเครื่องกลับให้สนิท กดที่ปุ่ม Run เครื่องจะเริ่มทำการกลั่นตัวอย่าง

หมายเหตุ

ถ้าสารละลายในหลอดย่อยยังคงเป็นสีฟ้าไม่เปลี่ยนสีไปเป็นสีน้ำเงินเข้มแสดงว่าปริมาณ NaOH 32 ที่เติมไม่เพียงพอในการทำปฏิกิริยา ให้กด NaOH ค้างไว้ จนสารละลายในหลอดย่อยเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงินเข้มหรือสีดำ

- เมื่อสิ้นสุดการกลั่นจะมีเสียงเตือนและหน้าจอ Step จะแสดงอักษร Pr จอ Time จะแสดง End นำหลอดย่อยที่กลั่นเสร็จออกจากเครื่อง
- นำฟลาสบอริคออกชะล้างปลายท่อนำก๊าซด้วยน้ำกลั่นเล็กน้อย
- เมื่อต้องการกลั่นต่อ นำหลอดย่อยที่จะกลั่นมาใส่ในเครื่อง พร้อมฟลาสบอริค 4 % ใบใหม่มาวางใต้หลอดนำก๊าซ จากนั้นกดที่ปุ่ม Run
- นำสารละลายในฟลาสไปไตเตรตด้วยกรด H₂SO₄ 0.1N จนเป็นกลาง
- ทำ blank วิธีการเดียวกับที่กล่าวมาข้างต้น โดยไม่ต้องใส่ตัวอย่างอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ข6 เครื่อง Fibretherm

วิธีการใช้งาน

- 1.เปิดเครื่อง Fibretherm
- 2.เปิดเครื่องกรองน้ำ (เป็นน้ำที่ใช้ล้างตัวอย่าง)
- 3.เปิดเครื่องทำน้ำเย็น (น้ำหล่อ condenser ซึ่งสามารถเปิดทิ้งไว้ในระหว่างการเตรียมตัวอย่างเพื่อให้เย็น)
- 4.เปิดปั๊มลมไปที่ 1
- 5.กดปุ่ม Menu ที่เครื่อง Fibretherm จนกว่าจะเจอ Method execution
- 6.กดปุ่ม Enter เพื่อเลือกเข้าเมนู Method execution เลือกโปรแกรมที่ได้ตั้งไว้เพื่อใช้วิเคราะห์ โดยกดเครื่องหมาย - หรือ + เพื่อค้นหาโปรแกรม
- 7.เมื่อได้โปรแกรมตามที่ต้องการแล้วกดปุ่ม Enter เพื่อเลือก
- 8.เมื่อเครื่องทำงานจนครบทุกขั้นตอนหน้าจจะแสดง Method No.....Finished
- 9.กดปุ่ม Esc เพื่อกลับมาสู่หน้าจอเมนูหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ภาพขณะดำเนินงานวิจัย



กากงาที่ผ่านกระบวนการสกัดน้ำมันแล้ว



กากงาที่เตรียมสกัดโปรตีนด้วยอัตราส่วนกากงาต่อน้ำ 1:6 1:8 และ 1:10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

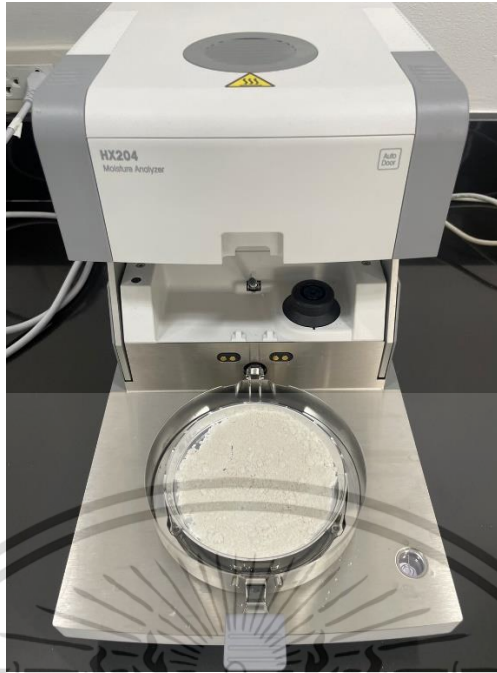


กากงาที่ผ่านกระบวนการสกัดโปรตีนและทำแห้งด้วยกระบวนการ freeze dry



ภาพขณะนำกากงาเข้าเครื่อง Fibretherm เพื่อทำการวิเคราะห์เชื้อยีส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพขณะนำกากงาเข้าเครื่อง Moisture Halogen Metter เพื่อทำการวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น



ภาพขณะนำกากงาเข้าเครื่อง Centrifuge เพื่อวิเคราะห์ความสามารถในการละลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

| | |
|--------------------|---|
| ชื่อ-นามสกุล | นางสาว คณิงนิต ศรีเมืองบัว |
| วัน เดือน ปี เกิด | 9 ตุลาคม 2543 |
| ประวัติการศึกษา | จบการศึกษามัธยมศึกษาจากโรงเรียนรัตนโกสินทร์สมโภชลาดกระบัง |
| ปัจจุบัน | ปัจจุบันกำลังศึกษาในคณะอุตสาหกรรมอาหาร หลักสูตรวิทยาศาสตร์ บัณฑิต สาขาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้า คุณทหารลาดกระบัง |
| ทำงานวิจัย | การสกัดโปรตีนจากกากงา Protein extraction from sesame meal |
| รางวัลที่เคยได้รับ | - |
| ชื่อ-นามสกุล | นางสาว วริศรา นามแดง |
| วัน เดือน ปี เกิด | 27 ธันวาคม 2543 |
| ประวัติการศึกษา | จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนเซนต์โยเซฟทิพวัล |
| ปัจจุบัน | กำลังศึกษาในคณะอุตสาหกรรมอาหาร หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง |
| ทำงานวิจัย | การสกัดโปรตีนจากกากงา Protein extraction from sesame meal |
| รางวัลที่เคยได้รับ | - |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อ-นามสกุล นาย พลากร สุสวัสดิ์

วัน เดือน ปี เกิด 24 พฤษภาคม 2544

ประวัติการศึกษา จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนมัธยมวัดหนองจอก

ปัจจุบัน กำลังศึกษาในคณะอุตสาหกรรมอาหาร หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ทำงานวิจัย การสกัดโปรตีนจากกากงา
Protein extraction from sesame meal

รางวัลที่เคยได้รับ -



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้