

การศึกษาการสกัดเส้นใยอาหารจากเปลือกมะม่วง

STUDY ON THE DIETARY FIBER EXTRACTION FROM MANGO PEELS



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

STUDY ON THE DIETARY FIBER EXTRACTION FROM MANGO PEELS



THIS THESIS IS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN FOOD ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2022

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2565

ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การศึกษาการสกัดเส้นใยอาหารจากเปลือกมะม่วง


STUDY ON THE DIETARY FIBER EXTRACTION FROM MANGO PEELS

ผู้จัดทำ

1. จักรพรรดิ เวสาร์ช รหัสประจำตัว 62010102

2. อริสมา กวางประเสริฐ รหัสประจำตัว 62011041


..... หัวหน้าภาค
(ผศ.ดร.เจษฎา ชัยโถม)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผศ.ดร.กัณฑ์กนิษฐ์ ขวัญพฤษ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การศึกษาการสกัดเส้นใยอาหารจากเปลือกมะม่วง
นักศึกษา	จักรพรรดิ เวสารัช อริสมา กวางประเสริฐ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.กัณฑ์กนิษฐ์ ขวัญพฤษ
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมอาหาร
ปีการศึกษา	2565

บทคัดย่อ

มะม่วงเป็นอีกหนึ่งผลผลิตทางการเกษตรที่ถูกนำไปแปรรูปทำให้มีเปลือกมะม่วงซึ่งมีสัดส่วนประมาณ 15-20% ของผลมะม่วงทั้งหมด เหลือทิ้งปริมาณ 100 ตันต่อเดือนในช่วงปีพ.ศ. 2564 ส่งผลให้มีเศษวัสดุเหลือทิ้งที่ไม่สามารถนำมาบริโภคได้ในปริมาณสูง โดยการนำเปลือกมะม่วงที่เป็นผลพลอยได้มาใช้ให้เกิดประโยชน์เป็นทางเลือกที่สามารถลดปริมาณขยะได้จำนวนมาก โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของวิธีการสกัดเส้นใยอาหารจากเปลือกมะม่วงเพื่อพัฒนาและเพิ่มมูลค่าผลพลอยได้ทางการเกษตร และเพื่อศึกษาคูณสมบัติทางเคมีและกายภาพของปริมาณเส้นใยอาหารจากผงเปลือกมะม่วงที่มีวิธีการ และอุณหภูมิการสกัดที่แตกต่างกัน พบว่าการสกัดด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีปริมาณเส้นใยที่ละลายน้ำมากที่สุดที่ 41.59 กรัม/50 กรัม และการสกัดด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีปริมาณเส้นใยที่ละลายน้ำมากที่สุดที่ 8.47 กรัม/50 กรัม เมื่อนำเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำที่ได้มาวัดผล พบว่ามีความชื้นของเส้นใยอาหารจากผงเปลือกมะม่วงที่สกัดได้อยู่ในช่วง 4.39-8.95% (wb) และมีค่าวอเตอร์แอกทีวิตี้อยู่ในช่วง 0.37-0.57 การวัดความเป็นกรด-ด่าง เส้นใยอาหารจากผงเปลือกมะม่วงที่ผ่านการสกัดด้วยน้ำ กรด และ ด่าง มีค่า pH อยู่ในช่วง 4.37-4.58, 2.58-2.80 และ 10.49-11.80 ตามลำดับ ซึ่งการสกัดด้วยน้ำมีผลค่อนข้างจะเป็นกรด การสกัดด้วยกรดจะให้ค่าที่เป็นกรด และการสกัดด้วยด่างจะให้ค่าที่เป็นด่าง การนำไปวิเคราะห์ความสามารถในการอุ้มน้ำ การสกัดด้วยน้ำจะมีความสามารถในการอุ้มน้ำมากที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดด้วยด่าง และ กรด ตามลำดับ และความสามารถในการอุ้มน้ำมัน การสกัดด้วยน้ำจะมีความสามารถในการอุ้มน้ำมันมากที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดด้วยด่าง และ กรด ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	Study On The Dietary Fiber Extraction From Mango Peels
Students	Mr. Jakapad Waysarach Miss Aridsama Kwangpraserd
Thesis advisor	Asst. Prof. Dr. Kankanit Khwanpruk
Degree	Bachelor of Engineering
Program	Food Engineering
Academic year	2022

ABSTRACT

Mango is another agricultural product that is processed, In 2021, this will result in around 100 tons of mango peel waste per month, which constitutes about 15-20% of the entire weight of mango fruit. This leads to a significant amount of waste material that cannot be consumed. This research aims to study the effects of extracting food fibers from mango peel to develop and increase the agricultural value, as well as the chemical and physical properties of the amount of dietary fiber powder obtained from mango peel and the different of extraction and temperature. It was found that extracting with water at a temperature of 60 degrees Celsius produced the highest amount of fiber that was not soluble in water at 41.59 grams/50 grams, while extracting with an alkaline solution at a temperature of 60 degrees Celsius produced the highest amount of soluble fiber at 8.47 grams/50 grams. When the non-soluble food fiber was measured, it was found that the moisture content ranged from 4.39-8.95% (wet basis) and the water activity was between 0.37-0.57. As for the acidity-alkalinity, dietary fiber extracted from mango peel with water, acid, and alkali had pH values ranging from 4.37-4.58, 2.58-2.80, and 10.49-11.80, respectively. The mango peel extracted with water was found to be relatively acidic, while extracting with an alkaline solution produced an alkaline value, and extracting with an acid produced an acidic value. When analyzing the water-holding capacity, extracting with water resulted in the highest water-holding capacity, followed by alkaline extraction, and then acid extraction. As for oil-holding capacity, extracting with water resulted in the highest oil-holding capacity, followed by alkaline extraction, and then acid extraction in that order.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์และสนับสนุนเป็นอย่างดีจาก ผศ.ดร.กัณฑ์นิษฐ์ ขวัญพุกฤษ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา ความรู้ ข้อเสนอแนะ และปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ จนกระทั่งปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการและธุรการ ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้คำแนะนำ ให้ความช่วยเหลือในด้านสถานที่ และอุปกรณ์ในการดำเนินงาน

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการและธุรการ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านสถานที่ และอุปกรณ์ในการดำเนินงาน

ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้จะมีประโยชน์ไม่มากนักน้อยสำหรับผู้สนใจในรายละเอียดที่เกี่ยวข้อง และท้ายที่สุดนี้หากมีข้อผิดพลาดประการใด ผู้วิจัยขอภัยเป็นอย่างสูงไว้มา ณ ที่นี้ด้วย

จักรพรรดิ เวสารัช

อริสมา กวางประเสริฐ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	IV
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	V
กิตติกรรมประกาศ	VI
สารบัญ	VII
สารบัญตาราง	X
สารบัญรูป.....	XI
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 มะม่วง.....	3
2.1.1 ลักษณะของมะม่วง	3
2.1.2 สายพันธุ์.....	4
2.1.3 ประเภทของมะม่วง	4
2.1.4 เปลือกมะม่วง	4
2.2 เส้นใยอาหาร.....	6
2.2.1 ประเภทของเส้นใยอาหาร	6
2.2.2 แหล่งของเส้นใยอาหาร	9
2.2.3 คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพและสมบัติเชิงหน้าที่ของเส้นใยอาหาร.....	10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.2.4 คุณสมบัติของเส้นใยอาหาร	12
2.2.5 ชนิดของผักและผลไม้เหลือทิ้งที่สามารถนำมาแปรรูปเป็นเส้นใยอาหารผง	13
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	14
บทที่ 3 วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง	16
3.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้	16
3.2 ขั้นตอนการเตรียมผงเปลือกมะม่วง	17
3.3 ขั้นตอนการสกัดเส้นใยอาหารจากผงเปลือกมะม่วง	18
3.3.1 การสกัดด้วยน้ำ.....	18
3.3.2 การสกัดด้วยกรด.....	18
3.3.3 การสกัดด้วยด่าง	18
3.4 การตรวจสอบสมบัติทางเคมีของผงเปลือกมะม่วง	18
3.4.1 การวัดปริมาณความชื้น (Moisture Content)	18
3.4.2 วอเตอร์แอคทีวิตี (Water Activity)	19
3.4.3 การวัดความเป็นกรด-ด่าง	19
3.5 การตรวจสอบสมบัติทางกายภาพของผงเปลือกมะม่วง	19
3.5.1 ความสามารถในการอุ้มน้ำ	19
3.5.2 ความสามารถในการอุ้มน้ำมัน	20
3.6 การวางแผนการทดลอง.....	20
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	21
4.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณผลผลิตเส้นใยอาหารจากเปลือกมะม่วง.....	21
4.2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยอาหารจากเปลือกมะม่วง	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2.1 วัดปริมาณความชื้น (Moisture Content).....	24
4.2.2 วอเตอร์แอกทีวิตี (Water Activity).....	25
4.2.3 วัดความเป็นกรด-ด่าง (pH).....	26
4.3 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพของเส้นใยอาหารจากเปลือกมะม่วง.....	27
4.3.1 ความสามารถในการอุ้มน้ำ (WHC).....	27
4.3.2 ความสามารถในการอุ้มน้ำมัน (OHC).....	29
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ.....	30
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	30
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	30
บรรณานุกรม.....	31
ภาคผนวก.....	34
ภาคผนวก ก วิธีการทดลอง.....	35
ภาคผนวก ข ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ.....	41

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญมีอยู่ในเปลือกมะม่วง (Afifa et al., 2016)	5
4.1 ปริมาณผลผลิตเส้นใยอาหารทั้งหมดจากวิธีการและอุณหภูมิในการสกัดที่ต่างกัน	23
4.2 ปริมาณค่าวอเตอร์แอกทีวิตี้ ความชื้น และค่าความเป็นกรด-ด่าง ของเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำจากวิธีการและอุณหภูมิในการสกัดที่ต่างกัน	25
4.3 ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ และน้ำมัน ของเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ จากวิธีการและอุณหภูมิในการสกัดที่ต่างกัน.....	28



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 โครงสร้างทางเคมีของเซลลูโลส	7
2.2 โครงสร้างทางเคมีของเฮมิเซลลูโลส	7
2.3 โครงสร้างทางเคมีของลิกนิน	8
2.4 โครงสร้างทางเคมีของเพคติน	9
3.1 ขั้นตอนการเตรียมและสกัดเส้นใยอาหาร	17
4.1 เส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำด้วยวิธีการสกัดด้วยน้ำ ที่อุณหภูมิต่างๆ (แถวบน), เส้นใยอาหารที่ละลายน้ำด้วยวิธีการสกัดด้วยน้ำ ที่อุณหภูมิต่างๆ (แถวล่าง)	21
4.2 เส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำด้วยวิธีการสกัดด้วยกรด ที่อุณหภูมิต่างๆ (แถวบน), เส้นใยอาหารที่ละลายน้ำด้วยวิธีการสกัดด้วยกรด ที่อุณหภูมิต่างๆ (แถวล่าง)	21
4.3 เส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำด้วยวิธีการสกัดด้วยด่าง ที่อุณหภูมิต่างๆ (แถวบน), เส้นใยอาหารที่ละลายน้ำด้วยวิธีการสกัดด้วยด่าง ที่อุณหภูมิต่างๆ (แถวล่าง)	22
4.4 ปริมาณผลผลิตเส้นใยอาหารทั้งหมดจากวิธีการและอุณหภูมิในการสกัดที่ต่างกัน	23
4.5 ปริมาณความชื้นของเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำจากวิธีการและอุณหภูมิในการสกัดที่ต่างกัน.....	24
4.6 ค่าวอเตอร์แอกทีวิตีของเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำจากวิธีการและอุณหภูมิในการสกัดที่ต่างกัน	26
4.7 ค่าความเป็นกรดต่างของเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำจากวิธีการและอุณหภูมิในการสกัดที่ต่างกัน	27
4.8 ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ จากวิธีการและอุณหภูมิในการสกัดที่ต่างกัน	28
4.9 ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำมันของเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำจากวิธีการและอุณหภูมิในการสกัดที่ต่างกัน	29
ก.1 คัดแยกเปลือกมะม่วง	35
ก.2 ล้างทำความสะอาดเปลือกมะม่วง	35
ก.3 นำเปลือกมะม่วงมาอบที่ตู้อบลมร้อนแบบภาค 60 องศาเซลเซียส 6 ชั่วโมง	36
ก.4 นำเปลือกที่อบเสร็จมาปั่นเป็นผงให้ละเอียด	36
ก.5 ผงเปลือกมะม่วงชั่งน้ำหนัก 50 กรัม	37
ก.6 สกัดในอ่างควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ก.7 นำผงเปลือกมะม่วงที่สกัดเสร็จไปกรองสุญญากาศ	37
ก.8 ส่วนที่ไม่ผ่านการกรองไปอบที่ตู้อบลมร้อน 55 องศาเซลเซียส 48 ชั่วโมง	38
ก.9 ส่วนที่ผ่านการกรองไประเหยที่ Rotary evaporator 70 องศาเซลเซียส จนเหลือ 25 มิลลิลิตร	38
ก.10 นำส่วนที่ระเหยไปแช่เอทานอล 10 นาที จากนั้นกรองส่วนใสออก แล้วนำไปอบที่ตู้อบลมร้อน 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 สัปดาห์	38
ก.11 การวิเคราะห์ความชื้นด้วยตู้อบลมร้อน (Memmert, UFB400, Germany)	39
ก.12 การวิเคราะห์วอเตอร์แอกทีวิตี้ด้วยเครื่องวัดปริมาณความชื้นอิสระ (Aqua lab, Model series 3TE)	39
ก.13 การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง ด้วยเครื่อง pH meter (EZDO, 7200, China)	39
ก.14 การวิเคราะห์ความสามารถในการอุ้มน้ำ ด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงความเร็วสูง (EBA 12, Hettich, Singapore)	40
ก.15 การวิเคราะห์ความสามารถในการอุ้มน้ำมัน ด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงความเร็วสูง (EBA 12, Hettich, Singapore)	40
ข.1 การทดสอบผลกระทบระหว่างตัวแปร (Tests of Between-Subjects Effects) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของผลผลิตเส้นใยอาหารทั้งหมด	41
ข.2 การเปรียบเทียบแบบคู่ (Pairwise Comparisons) ของวิธีการสกัดแต่ละวิธี ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของผลผลิตเส้นใยอาหารทั้งหมด	41
ข.3 การเปรียบเทียบแบบคู่ (Pairwise Comparisons) ของอุณหภูมิสกัดแต่ละอุณหภูมิ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของผลผลิตเส้นใยอาหารทั้งหมด	42
ข.4 การจัดกลุ่มด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของผลผลิตเส้นใยอาหารทั้งหมด	42
ข.5 การทดสอบผลกระทบระหว่างตัวแปร (Tests of Between-Subjects Effects) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของผลผลิตเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ	43
ข.6 การเปรียบเทียบแบบคู่ (Pairwise Comparisons) ของวิธีการสกัดแต่ละวิธี ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของผลผลิตเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ข.7 การเปรียบเทียบแบบคู่ (Pairwise Comparisons) ของอุณหภูมิสกัดแต่ละอุณหภูมิ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของผลผลิตเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ	43
ข.8 การจัดกลุ่มด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของผลผลิตเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ	44
ข.9 การทดสอบผลกระทบระหว่างตัวแปร (Tests of Between-Subjects Effects) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของผลผลิตเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ	44
ข.10 การเปรียบเทียบแบบคู่ (Pairwise Comparisons) ของวิธีการสกัดแต่ละวิธี ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของผลผลิตเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ	44
ข.11 การเปรียบเทียบแบบคู่ (Pairwise Comparisons) ของอุณหภูมิสกัดแต่ละอุณหภูมิ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของผลผลิตเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ	45
ข.12 การจัดกลุ่มด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของผลผลิตเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ	45
ข.13 การทดสอบผลกระทบระหว่างตัวแปร (Tests of Between-Subjects Effects) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของผลวิเคราะห์ความชื้น	45
ข.14 การเปรียบเทียบแบบคู่ (Pairwise Comparisons) ของวิธีการสกัดแต่ละวิธี ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของผลวิเคราะห์ความชื้น	46
ข.15 การเปรียบเทียบแบบคู่ (Pairwise Comparisons) ของอุณหภูมิสกัดแต่ละอุณหภูมิ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของผลวิเคราะห์ความชื้น	46
ข.16 การจัดกลุ่มด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของผลวิเคราะห์ความชื้น	46
ข.17 การทดสอบผลกระทบระหว่างตัวแปร (Tests of Between-Subjects Effects) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของผลวิเคราะห์วอเตอร์แอกทิวิตี	47
ข.18 การเปรียบเทียบแบบคู่ (Pairwise Comparisons) ของวิธีการสกัดแต่ละวิธี ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของผลวิเคราะห์วอเตอร์แอกทิวิตี	47
ข.19 การเปรียบเทียบแบบคู่ (Pairwise Comparisons) ของอุณหภูมิสกัดแต่ละอุณหภูมิ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของผลวิเคราะห์วอเตอร์แอกทิวิตี	47

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ข.20 การจัดกลุ่มด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของผลวิเคราะห์ วอเตอร์แอกทีวิตี	48
ข.21 การทดสอบผลกระทบระหว่างตัวแปร (Tests of Between-Subjects Effects) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของผลวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง	48
ข.22 การเปรียบเทียบแบบคู่ (Pairwise Comparisons) ของวิธีการสกัดแต่ละวิธี ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของผลวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง	48
ข.23 การเปรียบเทียบแบบคู่ (Pairwise Comparisons) ของอุณหภูมิสกัดแต่ละอุณหภูมิ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของผลวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง	49
ข.24 การจัดกลุ่มด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของผลวิเคราะห์ ค่าความเป็นกรด-ด่าง	49
ข.25 การทดสอบผลกระทบระหว่างตัวแปร (Tests of Between-Subjects Effects) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของผลวิเคราะห์ความสามารถในการอุ้มน้ำ	49
ข.26 การเปรียบเทียบแบบคู่ (Pairwise Comparisons) ของวิธีการสกัดแต่ละวิธี ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของผลวิเคราะห์ความสามารถในการอุ้มน้ำ	50
ข.27 การเปรียบเทียบแบบคู่ (Pairwise Comparisons) ของอุณหภูมิสกัดแต่ละอุณหภูมิ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของผลวิเคราะห์ความสามารถในการอุ้มน้ำ	50
ข.28 การจัดกลุ่มด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของผลวิเคราะห์ ความสามารถในการอุ้มน้ำ	50
ข.29 การทดสอบผลกระทบระหว่างตัวแปร (Tests of Between-Subjects Effects) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของผลวิเคราะห์ความสามารถในการอุ้มน้ำมัน	51
ข.30 การเปรียบเทียบแบบคู่ (Pairwise Comparisons) ของวิธีการสกัดแต่ละวิธี ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของผลวิเคราะห์ความสามารถในการอุ้มน้ำมัน	51
ข.31 การเปรียบเทียบแบบคู่ (Pairwise Comparisons) ของอุณหภูมิสกัดแต่ละอุณหภูมิ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของผลวิเคราะห์ความสามารถในการอุ้มน้ำมัน	51
ข.32 การจัดกลุ่มด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของผลวิเคราะห์ ความสามารถในการอุ้มน้ำมัน	52

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ในปัจจุบันผลผลิตทางการเกษตรของประเทศไทย เป็นสินค้าที่มีคุณภาพและได้รับการยอมรับจากหลากหลายประเทศ นอกจากนี้ยังมีการนำผลผลิตทางการเกษตรมาสร้างมูลค่าเพิ่มโดยการแปรรูปเพื่อเป็นสินค้าประเภทต่างๆ แต่อย่างไรก็ตามก็จำเป็นต้องมีการตัดแต่งก่อนนำไปแปรรูป ทำให้มีเศษวัตถุดิบเหลือทิ้งที่ไม่สามารถนำมาบริโภคได้ในปริมาณที่สูงมาก โดยเฉพาะส่วนของพืชและผลไม้ที่เหลือจากการแปรรูป เช่น เปลือก และ แกนเมล็ด ซึ่งจัดเป็นแหล่งที่อุดมไปด้วยเส้นใยอาหาร (วีระสิทธิ์ ธรรมวโร, 2557) โดยมีมะม่วงเป็นอีกหนึ่งผลผลิตทางการเกษตรที่ถูกนำไปแปรรูป ทำให้มีเปลือกมะม่วงเหลือทิ้งประมาณ 100 ตันต่อเดือน ซึ่งในเปลือกมะม่วงอุดมไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระเป็นจำนวนมาก (ข่าวประชาสัมพันธ์., 2564) เปลือกมะม่วงมีสัดส่วนประมาณ 15-20% ของน้ำหนักผลมะม่วงทั้งหมด (Hyeonji Kim et al., 2012) การนำเปลือกมะม่วงที่เป็นผลพลอยได้มาใช้ให้เกิดประโยชน์ จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ ที่สามารถช่วยลดปริมาณขยะที่เกิดขึ้นจากวัตถุดิบเหลือใช้ ที่สำคัญยังเพิ่มมูลค่าให้กับเปลือกมะม่วงได้อีกด้วย

ผลพลอยได้ทางการเกษตรเหล่านี้ มีสารต้านอนุมูลอิสระและเส้นใยอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายเป็นจำนวนมากซึ่งสามารถนำมาสกัดเพื่อแปรรูปเป็นเส้นใยอาหารเพื่อนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ โดยเส้นใยอาหารหมายถึง ส่วนของผนังเซลล์พืชที่ไม่สามารถถูกย่อยด้วยเอนไซม์ในระบบทางเดินอาหารแต่จุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่สามารถย่อยและดูดซึมได้ (อภีรักษ์ เพ็ชรมงคล, 2549) แต่ไม่ถูกจัดเป็นอาหารเนื่องจากไม่ให้พลังงาน ถึงแม้ว่าเส้นใยอาหารจะไม่ถูกจัดเป็นอาหารแต่ก็มีบทบาทสำคัญต่อระบบทางเดินอาหารและระบบขับถ่ายของร่างกายที่จะควบคุมให้ทำงานได้ปกติ ลดการดูดซึมปริมาณน้ำตาลเข้ากระแสเลือดและลดระดับคอเลสเตอรอลในร่างกาย (ดวงจันทร์ เสงส์สวัสดิ์, 2545) สำหรับประเภทของเส้นใยอาหารนั้นจะแบ่งได้ตามความสามารถในการละลายน้ำโดยแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ เส้นใยอาหารที่ละลายน้ำและเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ โดยเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ สามารถย่อยสลายได้ในลำไส้ใหญ่ มีคุณสมบัติในการสร้างความหนืดเมื่อดูดซับน้ำเข้าไป ทำให้ดูดซับสารที่มีประจุได้ข้างลง และเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ แบคทีเรียในลำไส้ใหญ่ไม่สามารถย่อยได้ แต่มีคุณสมบัติที่สามารถอุ้มน้ำได้ดี เมื่อจับกับน้ำแล้วเกิดการพองตัวลักษณะคล้ายฟองน้ำ ทำให้ช่วยเพิ่มปริมาตรของกากอาหารลดปัญหาท้องผูกได้ (จรรยา วัฒนทวีกุล, 2545) ในส่วนของเปลือกและเมล็ดเป็นแหล่งที่มีเส้นใยอาหารสูงและเป็นผลพลอยได้การบริโภค และแปรรูป จึงได้เล็งเห็นถึงปัญหาในการนำส่วนเหลือทิ้งมาใช้ให้เกิดประโยชน์ (ปาริชาติ สักกะทำนุ, 2540)

จุดประสงค์ในการสกัดผงไฟเบอร์จากเปลือกมะม่วง เพื่อศึกษาวิธีการสกัดเส้นใยอาหารจากเปลือกมะม่วง เพื่อพัฒนาและเพิ่มมูลค่าผลพลอยได้ทางการเกษตรและคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของปริมาณเส้นใยอาหารจากผงเปลือกมะม่วงที่มีวิธีการ ระยะเวลา และอุณหภูมิการสกัดที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์

- 1) เพื่อศึกษาผลของวิธีการสกัดเส้นใยอาหารจากเปลือกมะม่วง เพื่อพัฒนาและเพิ่มมูลค่าผลพลอยได้ทางการเกษตร
- 2) เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของปริมาณเส้นใยอาหารจากเปลือกมะม่วงที่มีวิธีการ และอุณหภูมิการสกัดที่แตกต่างกัน

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

- 1) วัตถุดิบที่ใช้คือ เปลือกมะม่วงของมะม่วงพันธุ์แก้วขมิ้น
- 2) เปรียบเทียบผลการสกัดใยอาหารจากเปลือกมะม่วง จากวิธีการ และอุณหภูมิของการสกัดที่แตกต่างกัน
- 3) ศึกษาคุณลักษณะทางเคมีและกายภาพของเปลือกมะม่วง

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

- 1) สามารถเตรียมเส้นใยอาหารจากเปลือกมะม่วงด้วยวิธีการสกัดไฟเบอร์ด้วยน้ำ การสกัดไฟเบอร์ด้วยกรด และการสกัดไฟเบอร์ด้วยด่าง
- 2) สามารถพัฒนาผลพลอยได้ทางการเกษตร เพื่อนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ และเพิ่มมูลค่าของเศษวัตถุดิบเหลือทิ้งได้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 มะม่วง

มะม่วง ชื่อวิทยาศาสตร์ *Mangifera indica* L. อยู่ในวงศ์ Anacardiaceae หรือเรียกว่าวงศ์มะม่วง มะม่วงเป็นที่นิยมจึงมีชื่อที่ใช้เรียกอย่างกว้างขวาง ภาษาอังกฤษและสเปน เรียกว่า Mango ภาษาฝรั่งเศส เรียกว่า mangot, mangue และ manguier ภาษาโปรตุเกส เรียกว่า manga และ mangueira ภาษาดัตช์ เรียกว่า manja และในบางส่วนของแอฟริกา เรียกว่า mangou หรือ mangoro แตกต่างกันไปตามชนเผ่า มะม่วงมีถิ่นกำเนิดในเอเชียใต้ โดยเฉพาะอินเดียตะวันออก พม่า และหมู่เกาะอันดามัน (Julia F Morton, 1987) เป็นผลไม้ประจำชาติของประเทศอินเดีย ปากีสถาน และฟิลิปปินส์ มีการผลิตมะม่วงมากกว่า 43 ล้านตันทั่วโลก ประเทศอินเดียเป็นผู้ผลิตมะม่วงรายใหญ่ที่สุดในโลก (BBC, 2022) มะม่วงของประเทศไทยได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก เนื่องจากมีผลผลิตตลอดทั้งปี มีหลากหลายสายพันธุ์ ในปี 2564 ประเทศไทยเป็นผู้ส่งออกมะม่วงเป็นอันดับ 2 ในอาเซียน และเป็นอันดับ 7 ของโลก (กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ, 2565)

มะม่วงมะม่วงสามารถรับประทานได้หลายรูปแบบ ทั้งกินแบบดิบ กินแบบสุก หรือนำมาปรุงได้ทั้งอาหารคาวและอาหารหวาน และผลิตภัณฑ์ที่นิยมนำมะม่วงดิบมาแปรรูป เช่น มะม่วงกวน มะม่วงดอง มะม่วงแช่อิ่ม เป็นต้น ส่วนผลิตภัณฑ์ที่นิยมนำมะม่วงสุกมาแปรรูป เช่น มะม่วงแช่แข็ง แยมมะม่วง มะม่วงกวน น้ำมะม่วง เป็นต้น (สารานุกรมเสรี, 2564) แต่อย่างไรก็ตาม การนำมะม่วงมาแปรรูปทำให้เกิดปริมาณของเสียจำนวนมาก และของเสียจากมะม่วงเหล่านี้มักถูกนำไปทิ้งอย่างไร้ค่า

2.1.1 ลักษณะของมะม่วง

มะม่วงเป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ มีความสูงประมาณ 10-30 เมตร ใบมีลักษณะเป็นใบเดี่ยวสีเขียวปลายแหลม ออกดอกเป็นช่อ เกสรมีสีแดง ออกดอกในช่วงเดือนธันวาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ ออกผลในช่วงฤดูร้อน ผลมีความยาวประมาณ 5-20 เซนติเมตร มีความกว้าง 4-8 เซนติเมตร มีเมล็ด 1 เมล็ด (ข้อมูลพรรณไม้, 2564). มะม่วงดิบจะมีผลสีเขียวเนื้อด้านในจะเป็นสีขาว มีรสชาติเปรี้ยว แต่บางสายพันธุ์จะเป็นมะม่วงมัน จะรสชาติหวานมันเนื้อกรอบ ส่วนมะม่วงสุกจะมีผลและเนื้อด้านในเป็นสีเหลือง หรือเหลืองส้ม รสชาติจะหวาน (สารานุกรมเสรี, 2564)

2.1.2 สายพันธุ์

มะม่วงมีหลายร้อยสายพันธุ์ที่กระจายอยู่ทั่วโลก โดยในเอเชียและอินเดียมีมากกว่า 500 สายพันธุ์ (Bompard et al., 1997) สายพันธุ์มะม่วงในประเทศไทยตามที่ปรากฏในหนังสือพรรณพฤกษามีกว่า 50 สายพันธุ์ (สารานุกรมเสรี, 2564)

2.1.3 ประเภทของมะม่วง

มะม่วงอาจแบ่งประเภทตามลักษณะการบริโภค ดังนี้

- 1) มะม่วงแบบบริโภคผลดิบ เช่น พิมเสนมัน แรด เขียวเสวย มันหนองแขง ฟาลัน เป็นต้น
- 2) มะม่วงแบบบริโภคผลสุก เช่น อกร่อง น้ำดอกไม้ หนังกกลางวัน ทองดำ เป็นต้น
- 3) มะม่วงที่นำไปแปรรูป มะม่วงสำหรับการนำไปดอง เช่น มะม่วงแก้ว เป็นต้น มะม่วงสำหรับนำไปบรรจุกระป๋องคั้นน้ำหรือทำมะม่วงแช่อิ่ม เช่น มะม่วงสามปี เป็นต้น (Allkaset, 2565)

2.1.4 เปลือกมะม่วง

เปลือกมะม่วงจากผลิตภัณฑ์แปรรูปจากมะม่วง ก่อให้เกิดของเสียจากมะม่วงมากมาย เช่น เปลือก และ เม็ด เปลือกมะม่วงที่เหลือทิ้ง มีประมาณ 15-20% ของมะม่วง (Ajila et al., 2006) เปลือกเหล่านี้ถูกทิ้งอย่างไร้ประโยชน์ ในเปลือกมะม่วงยังเป็นแหล่งที่ดีของโพลีเคมีคอล เช่น โพลีฟีนอล แคโรทีนอยด์ ไขมัน โปรตีน และเส้นใยอาหาร (Ajila et al., 2007) ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของมะม่วงขึ้นอยู่กับชนิดพันธุ์ของมะม่วง ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่สามารถนำมาเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของอาหารได้ และในเปลือกมะม่วงยังมี ส่วนประกอบที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น แมงจิเฟอร์ลิน ฟลาโวนอยด์ คาเทชิน กรดฟีนอล กรดแกลลิก และ อนุพันธ์ของกรดแกลลิก (Afifa et al., 2016)

ตารางที่ 1.1 สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญมีอยู่ในเปลือกมะม่วง (Afifa et al., 2016)

สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ	ลักษณะทางเคมี
Mangiferin	Xanthonoid
Proanthocyanidins	Flavonoides
Epicatechin	Flavonoides
Quercetin	Flavonoides
Isoquercetin	Flavonoides
Astragalin	Flavonoides
Epicatechin	Catechin
Epigallocatechin	Catechin
Epicatechin gallate	Catechin
Gallic acid propyl ester	Phenolic acid
3,4- dihydroxybenzoic acid	Phenolic acid
Dihydroxybenzoic acid	Phenolic acid
Ellagic acid	Phenolic acid derivative

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 เส้นใยอาหาร

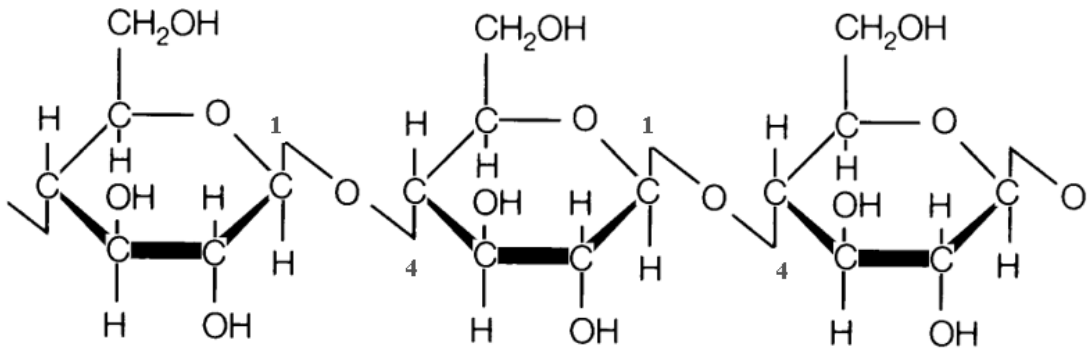
เส้นใยอาหาร (dietary fiber) หมายถึง ส่วนของผนังเซลล์พืชที่ไม่สามารถถูกย่อยด้วยเอนไซม์ในระบบทางเดินอาหารแต่จุลินทรีย์บางชนิดในลำไส้ใหญ่สามารถย่อยและดูดซึมส่วนประกอบบางส่วนได้ (อิริรักษ์ เพียรมงคล, 2549) ถึงแม้ว่าเส้นใยอาหารจะไม่ใช้สารอาหารและไม่ให้พลังงานแก่ร่างกาย แต่ก็มีบทบาทสำคัญต่อสุขภาพของมนุษย์และภาวะโภชนาการ เช่นช่วยทำให้ระบบทางเดินของอาหารและระบบขับถ่ายทำงานเป็นปกติควบคุมระดับและปริมาณของคอเลสเตอรอลและน้ำตาลในกระแสเลือด (ดวงจันทร์ เสงส์สวัสดิ์, 2545) เส้นใยอาหารประกอบไปด้วยโมเลกุลของคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อนที่ไม่ใช่แป้ง (non-starch polysaccharides) เช่น เซลลูโลส (cellulose) เฮมิเซลลูโลส (hemicelluloses) กัม (gums) เพคติน (pectin) และมิวซิเลจส์ (mucilages) เป็นองค์ประกอบหลัก รวมถึงสารประกอบที่ไม่ใช่คาร์โบไฮเดรต (non-polysaccharides) เช่น ลิกนิน (lignin) เป็นต้น

2.2.1 ประเภทของเส้นใยอาหาร

เส้นใยอาหารสามารถแบ่งตามความสามารถในการละลายได้ 2 ประเภทคือ เส้นใยอาหารที่ไม่สามารถละลายน้ำได้ (insoluble dietary fiber) และเส้นใยอาหารที่สามารถละลายน้ำได้ (soluble dietary fiber) ผลรวมของเส้นใยอาหารที่สามารถละลายน้ำได้กับเส้นใยอาหารที่ไม่สามารถละลายน้ำได้เรียกว่าปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมด (total dietary fiber)

1) เส้นใยอาหารที่ไม่ละลายในน้ำ (insoluble dietary fiber) คือ เป็นพวกคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อนที่มีลักษณะเหนียว ส่วนใหญ่เป็นส่วนโครงสร้างของผนังเซลล์พืชมีคุณสมบัติที่สามารถอุ้มน้ำได้ดี เมื่อจับกับน้ำแล้วเกิดการพองตัวลักษณะคล้ายฟองน้ำทำให้ช่วยเพิ่มปริมาตรของน้ำและกากอาหารในกระเพาะอาหาร ช่วยเพิ่มเนื้ออุจจาระ ลดปัญหาท้องผูกได้ และลดความเสี่ยงของมะเร็งลำไส้ใหญ่แต่ที่แบบคที่เรียในลำไส้ใหญ่ไม่สามารถย่อย เช่น เซลลูโลส (Cellulose), เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) และ ลิกนิน (Lignin) (จรรยา วัฒนทวิกุล, 2545)

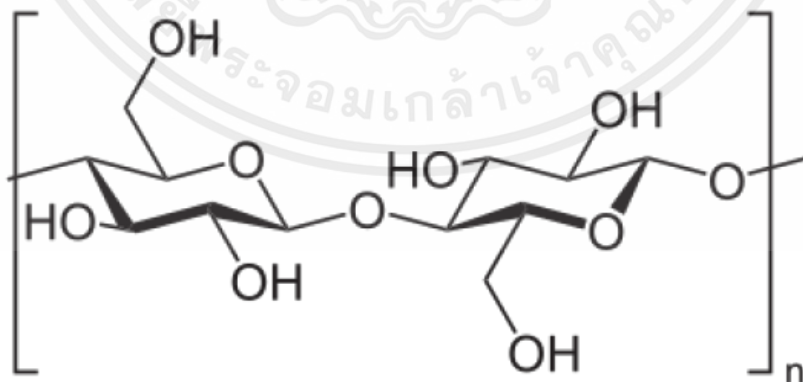
1.1) เซลลูโลส (cellulose) เป็นส่วนประกอบหลักของผนังเซลล์ร้อยละ 10-25 ของส่วนประกอบทั้งหมด โขโมเลกุลของเซลลูโลสประกอบด้วยกลูโคส (glucose) ประมาณ 3,000 หน่วยต่อกันเป็นพันธะเบตา 1-4 ซึ่งเซลลูโลสไม่สามารถละลายในน้ำและจะจับตัวกันหนาที่บโดยมีบางส่วนที่โมเลกุลเรียงตัวกันไม่เป็นระเบียบและจับตัวกันหลวม ๆ ทำให้สามารถดูดซับน้ำไว้ได้และเกิดการพองตัวซึ่งมีผลให้กากอาหารมีลักษณะนิ่มโดยเส้นใยอาหารนี้พบในพืชทุกชนิดแต่ผักจะมีเซลลูโลสมากกว่าธัญชาติและผลไม้ (ปาริชาติ สักกะทำนุ, 2540)



ที่มา : ศูนย์เครือข่ายข้อมูลอาหารครบวงจร (2565)

รูปที่ 2.1 โครงสร้างทางเคมีของเซลลูโลส

1.2) เฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) เป็นกลุ่มใยอาหารที่มาจากน้ำตาลเฮกโซส (hexose) และเพนโทส (pentose) แต่มีลักษณะโซโมเลกุลที่ต่างกันมากกว่า 250 แบบโดยทั่วไปจะมีโมเลกุลของน้ำตาลไซโลส (xylose) เชื่อมต่อกันเป็นพันธะที่ตำแหน่งเบตา 1-4 เป็นโซ่หลักในบางครั้งอาจจะมีน้ำตาลแมนโนส (mannose) กาแลคโตส (galactose) หรือกลูโคสมาต่อกันเป็นโซ่หลัก และมีน้ำตาลชนิดอื่นมาต่อกันเป็นโซ่สาขา ได้แก่ น้ำตาลอะราบินโนส (arabinose) และกรดกลูควิโรนิก (glucuronic acid) ความแตกต่างของเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส คือ เฮมิเซลลูโลสสามารถละลายในสารละลายที่เป็นด่าง ในขณะที่เซลลูโลสไม่สามารถละลายได้ โดยในพืชสามารถพบเฮมิเซลลูโลสอยู่ร่วมกับเพคตินซึ่งแทรกอยู่ในชั้นของผนังเซลล์ คุณสมบัติทางกายภาพที่สำคัญคือมีความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity) และแลกเปลี่ยนแคตไอออน (cation exchange) เมื่ออยู่ในกระเพาะอาหารและลำไส้ของมนุษย์ (รลิตา โอสถานานนท์, 2557)

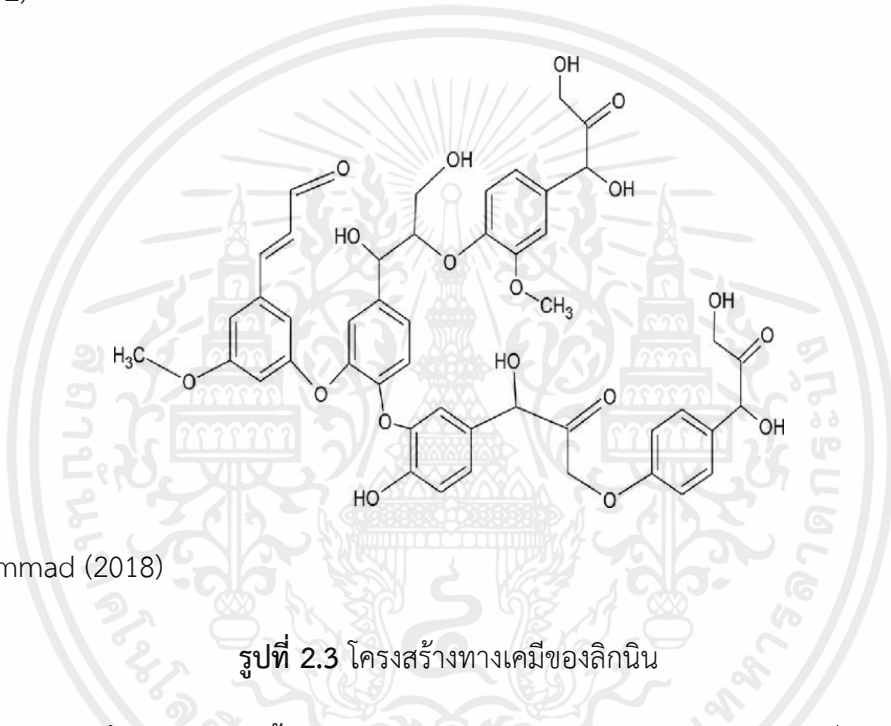


ที่มา : หยาดฝน (2556)

รูปที่ 2.2 โครงสร้างทางเคมีของเฮมิเซลลูโลส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3) ลิกนิน (lignin) เป็นพอลิแซ็กคาไรด์ที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ ซึ่งพบมากเป็นอันดับสองรองจากเซลลูโลส เป็นสารประกอบเชิงซ้อนของฟีนีลโพรเพน (phenyl propane) มีน้ำหนักโมเลกุลระหว่าง 1,000-4,500 สันเคราะห์จากอนุพันธ์ของแอลกอฮอล์ชนิดต่าง ๆ ได้แก่ คูมาริล (coumaryl) โคนิเฟอร์ิล (coniferyl) และซินาปิล (sinapyl) ลิกนินเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของผนังเซลล์พืช ทำให้ผนังเซลล์พืชแข็งแรงไม่ถูกย่อยสลายทั้งในกรดและด่างและไม่สามารถย่อยได้ในร่างกายมนุษย์ ลิกนินพบมากในพืชที่ค่อนข้างแก่ ผลไม้สุกมีลิกนินมากกว่าผลไม้ดิบโดยเฉพาะผลไม้ที่บริโภคได้ทั้งหมด เช่น สตรอเบอร์รี่ คุณสมบัติทางกายภาพที่สำคัญคือสามารถดูดซับน้ำดี (bile acid) ได้ดีและอาจมีผลชะลอการดูดซึมสารอาหารบางชนิดในลำไส้เล็ก (ถาวร จันทโชติ, 2552)



ที่มา : Muhammad (2018)

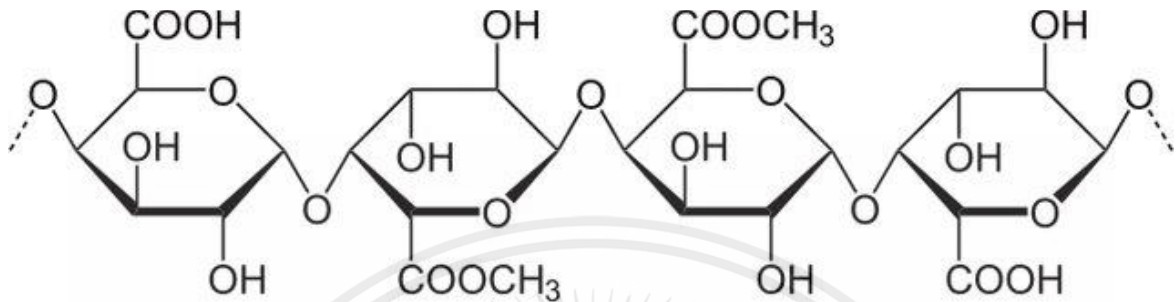
รูปที่ 2.3 โครงสร้างทางเคมีของลิกนิน

2) เส้นใยอาหารที่ละลายได้ในน้ำ (soluble dietary fiber) คือ เส้นใยอาหารที่มีคุณสมบัติในการละลายน้ำและสร้างความข้นหนืดเมื่อดูดซับน้ำเข้าไปและสามารถเคลือบผนังกระเพาะอาหารและลำไส้ จึงทำให้ผนังกระเพาะอาหารและลำไส้หนามากขึ้น และดูดซับสารอาหารที่มีประจุได้ช้าลง เช่น น้ำตาล คอเลสเตอรอลและเกลือแร่บางชนิด ส่งผลให้ชะลอและลดการดูดซึมของสารอาหารดังกล่าวเข้าสู่ร่างกาย เช่น เพคติน (pectin) กัมส์ (gums) และมิวซิเลจส์ (mucilages) เส้นใยอาหารประเภทนี้จะพบมากในผลไม้ข้าวโอ๊ต ข้าวบาร์เลย์พืชตระกูลถั่วและเมล็ดพืชผักกาดน้ำ (psyllium seed) (จรรยา วัฒนทวีกุล, 2545)

2.1) เพคติน (pectin) โครงสร้างพื้นฐานเป็นโซโมเลกุลของกรดกาแลคทูโรนิก (galacturonic acid) ต่อกันด้วยพันธะแอลฟา 1-4 มีน้ำตาลรามโนส (rhamnose) อะราบินอส์ไซโลสและฟิวโคส (fucose) เป็นข้อสาขาเป็นสารที่พบมากในผักและผลไม้ตระกูล ส้ม ฝรั่ง และแอปเปิล เป็นต้น คุณสมบัติทางกายภาพที่สำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของเพคตินคือความสามารถในการเกิดเจลและความสามารถในการเพิ่มความหนืดทำให้มีการนำเพคตินไปใช้กันมากในอุตสาหกรรมอาหารเนื่องจากเพคตินละลายในน้ำร้อนได้ลักษณะที่เป็นวุ้นซึ่งจะขัดขวางการดูดซึมของน้ำตาลในเลือดได้และเหมาะสำหรับคนที่มีอาการท้องผูกสลับกับท้องเสียเนื่องจากความเป็นวุ้นสามารถห่อหุ้มแบคทีเรียไว้และกำจัดออกจากร่างกาย (ปาริชาติ สักกะทำนุ, 2540)



ที่มา : Muhammad (2018)

รูปที่ 2.4 โครงสร้างทางเคมีของเพคติน

2.2) กัมส์ (gums and mucilages) สารเหล่านี้ไม่ได้เป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์แต่มีคุณสมบัติทางชีวเคมีที่มีผลต่อร่างกายเหมือนกับเพคตินและเฮมิเซลลูโลส มีไซโมเลกุลหลักเป็นน้ำตาลกาแลคโทส กรดกลูควโรนิก-แมนโนส กรดกาแลคทูโรนิก-แมนโนส โดยมีน้ำตาลไซโลสและกาแลคโทสเป็นโซ่สาขา กัมส์หลายชนิดใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆเพื่อช่วยในการกระจายไขมันทำให้อาหารข้นและให้ความอยู่ตัวนอกจากนี้กัมส์บางชนิดยังใช้เป็นยาระบายอีกด้วยกัมส์ที่รู้จักกันแพร่หลายคือกัวกัมส์ (guargums) หรือกาแลคโตแมนแนน (galactomannan) มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 220,000 ได้จากอินเดียนคลัสเตอร์บี (Indian cluster bean) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Cyamopsis tetragonolobus* มีคุณสมบัติในการดูดน้ำและรวมกับสารอื่นได้ดีมักใช้ในอุตสาหกรรมกระดาษเครื่องสำอางยาบุหรีและอุตสาหกรรมอาหารเช่นเติมลงในซอส น้ำสลัด ไอศกรีม เซอร์เบทอาหารแช่แข็งและอาหารสุนัข ส่วนมิวซิเลจส์และโพลีแซคคาไรด์ที่พืชสะสมมักอยู่ร่วมกับแป้งมิวซิเลจส์มีไซโมเลกุลหลักของน้ำตาลกาแลคโทส-แมนโนสกลูโคส-แมนโนสอะราบินอส-ไซโลสกรดกาแลคทูโรนิก-แมนโนส โดยมีน้ำตาลกาแลคโทสเป็นโซ่สาขา (ถาวร จันทโชติ, 2552)

2.2.2 แหล่งของเส้นใยอาหาร

โดยทั่วไปเส้นใยอาหารสามารถพบในอาหารจากพืชตามธรรมชาติ โครงสร้างองค์ประกอบทางเคมีและสมบัติทางเคมีกายภาพของเส้นใยอาหารขึ้นอยู่กับแหล่งที่มาของเส้นใยอาหารซึ่งพืชแต่ละชนิดจะมีปริมาณเส้นใยอาหารที่แตกต่างกัน โดยสามารถแบ่งแหล่งของเส้นใยอาหารได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) ธัญพืช (cereals) เช่น ข้าวสาลี ข้าวโอ๊ต ข้าวโพด ข้าวบาร์เลย์และข้าว เป็นต้น ซึ่งธัญพืชจัดเป็นแหล่งที่ดีของเส้นใยอาหาร ปริมาณและองค์ประกอบของเส้นใยอาหารแตกต่างกันไปตามชนิดและขึ้นอยู่กับกระบวนการแปรรูปโดยเฉพาะเมล็ดธัญพืชที่ไม่ผ่านการขัดสีจะมีปริมาณเส้นใยอาหารมากกว่าเมล็ดธัญพืชที่ผ่านการขัดสี

2) พืชตระกูลถั่ว (legumes) เช่น ถั่วเขียว ถั่วแดง ถั่วดำ และถั่วเหลือง เป็นต้นพืชตระกูลถั่วทั้งหลายจัดเป็นแหล่งของอาหารที่มีปริมาณเส้นใยอาหารสูง แตกต่างกันไปตามสายพันธุ์และชนิดของถั่ว อีกทั้งกระบวนการแปรรูปเส้นใยอาหารจากพืชตระกูลถั่วส่วนใหญ่มีผลต่อปริมาณของเส้นใยอาหารที่ไม่แตกต่างกัน

3) ผัก (vegetables) ผักเป็นแหล่งที่ดีของเส้นใยอาหาร นอกจากผักต่างชนิดกันจะมีปริมาณเส้นใยอาหารแตกต่างกันแล้ว ยังพบว่าปริมาณเส้นใยอาหารในผักยังขึ้นกับส่วนต่างๆ ของผักพันธุ์ ฤดูกาล ความแก่อ่อน ปริมาณน้ำในผัก และการแปรรูป

4) ผลไม้ (fruits) ปกติผลไม้มักจะมีปริมาณน้ำและน้ำตาลสูง ส่งผลให้มีปริมาณเส้นใยอาหารต่ำ สามารถเพิ่มปริมาณเส้นใยอาหารในผลไม้ได้โดยใช้กระบวนการกำจัดน้ำ ส่วนต่างๆ ของผลไม้ เช่น เปลือก แกน เมล็ด ฯลฯ เป็นส่วนที่มีปริมาณเส้นใยอาหารสูงและมักเป็นของเหลือจากอุตสาหกรรม ซึ่งถือเป็นแหล่งเส้นใยอาหารที่มีศักยภาพ (ปาริชาติ สักกะทำนุ, 2540)

2.2.3 คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพและสมบัติเชิงหน้าที่ของเส้นใยอาหาร

เส้นใยอาหารแต่ละชนิดจะมีสมบัติเชิงหน้าที่ที่แตกต่างกัน ดังนั้นสมบัติเชิงหน้าที่ของพืชแต่ละชนิดจะขึ้นอยู่กับอัตราส่วนระหว่างเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำและเส้นใยอาหารละลายน้ำของพืชชนิดนั้น นอกจากนี้ขนาดของอนุภาคของเส้นใยอาหาร และวิธีการสกัดใยอาหารก็มีผลต่อสมบัติเชิงหน้าที่ของเส้นใยอาหารเช่นกัน โดยดัชนีที่สามารถบ่งบอกถึงสมบัติเชิงหน้าที่ที่สำคัญของเส้นใยอาหารมีดังนี้ (หยาดฝน ทนงการกิจ, 2556)

1) ความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water holding capacity) ความสามารถของใยอาหารที่จะตรึงน้ำไว้ภายในโครงสร้างในสภาวะใดสภาวะหนึ่ง สามารถหาค่าเป็นตัวเลขได้โดยคิดจากปริมาณน้ำที่ถูกตรึงไว้คิดเป็นมิลลิลิตรต่อหนึ่งหน่วยของน้ำหนักแห้ง โดยเส้นใยอาหารที่มีเพคตินและเฮมิเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบจะสามารถดูดซึมน้ำเข้าสู่เซลล์ได้มากจนเกิดลักษณะเป็นวุ้น จึงทำให้เกิดการประยุกต์ไปใช้ในอาหารสำหรับผู้ที่ต้องการจะลดน้ำหนักเพื่อให้อาหารที่รับประทานเข้าไปขยายตัวเพิ่มปริมาตร ในกระเพาะอาหารทำให้รู้สึกอึดนานกว่าปกติ ซึ่งเป็นการลดปริมาณอาหารที่รับประทานและพลังงานที่ร่างกายจะได้รับ นอกจากนี้การอุ้มน้ำได้ดีของเส้นใยอาหารจะช่วยเพิ่มปริมาตรของกากอาหารที่จะไปกระตุ้นการเคลื่อนไหวของลำไส้ทำให้กากใย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาหารอ่อนนุ่ม เป็นต้น สำหรับปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการอุ้มน้ำของเส้นใยอาหาร ได้แก่ องค์ประกอบทางเคมี ขนาดอนุภาคของเส้นใยอาหาร ปริมาณอิเล็กโทรไลต์และค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายนั้น ๆ (สุรัตน์ โคมินทร์, 2534)

2) ความสามารถในการจับน้ำมัน (Oil-binding capacity) เป็นสมบัติของเส้นใยอาหารที่ใช้แสดงค่าความสามารถในการจับน้ำมันไว้ในโครงสร้างของเส้นใยอาหาร มีบทบาทสำคัญต่อการป้องกันการสูญเสียไขมันในระหว่างกระบวนการแปรรูปอาหาร และลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือดด้วยการจับกับไขมันหรือน้ำมันในระบบการย่อยอาหารของร่างกาย โดยเส้นใยอาหารที่มีโครงสร้างของโพลีแซคคาไรด์ เช่น กัมส์ และ เพคติน เป็นต้น จะสามารถจับกับน้ำมันได้ดีจึงมักถูกนำมาใช้ในการเพิ่มความคงตัวของอิมัลชันในอาหาร (อิติมาส หอมเทศ, 2542)

3) ความหนืด (viscosity) คือการต้านการไหลของของเหลวนั้น ๆ เกิดจากปฏิสัมพันธ์ทางกายภาพของพอลิแซ็กคาไรด์ในสารละลาย เส้นใยอาหารที่ละลายน้ำได้เช่น เพคติน กัมส์ เบตา-กลูแคน เป็นองค์ประกอบหลักที่ช่วยเพิ่มความหนืดของสารละลาย โดยความหนืดขึ้นอยู่กับลักษณะภายในโครงสร้าง อุณหภูมิ และความเข้มข้นของพอลิแซ็กคาไรด์ตัวทำละลาย โดยโมเลกุลจะสามารถแยกจากกันได้ดีเมื่อพอลิแซ็กคาไรด์ที่มีความเข้มข้นต่ำ ทำให้การเคลื่อนที่เป็นไปได้ง่าย แต่ถ้ามีความเข้มข้นเพิ่มขึ้น โมเลกุลของพอลิแซ็กคาไรด์สัมผัสกันได้มากขึ้น แรงของโมเลกุลจะผ่านเข้าไประหว่างโมเลกุลของกันและกันเกิดเป็นเครือข่ายที่เชื่อมพันกัน เมื่อเกิดการเชื่อมพันกันความหนืดของสารละลายพอลิแซ็กคาไรด์ที่มีความเข้มข้นสูงจึงเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ความหนืดของสารละลายพอลิแซ็กคาไรด์ในน้ำต่ำกว่าของเหลวในกระเพาะอาหารและลำไส้เล็ก

4) ความสามารถในการดูดซึมสารอินทรีย์ (adsorption of organic matter) สารอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ เช่น กรดน้ำดี คอลเลสเตอรอล ยา สารก่อมะเร็งและสารพิษต่าง ๆ จากโครงสร้างของเส้นใยอาหารที่เป็นที่ยึดเกาะของสารอินทรีย์เหล่านี้ ก่อให้เกิดผลดีต่อร่างกาย โดยเมื่อภายหลังจากที่เส้นใยอาหารขับออกจากระบบลำไส้ สารอินทรีย์ที่ยึดเกาะกับเส้นใยอาหารก็จะถูกขับออกจากร่างกายด้วยพร้อม ๆ กัน ทำให้ปริมาณและความเข้มข้นของสารอินทรีย์ดังกล่าวลดลง เช่น ลดระดับคอเลสเตอรอลและซีรัมที่มีอยู่ในเนื้อเยื่อ จากการศึกษาพบว่าองค์ประกอบทางด้านเคมีจะมีผลต่อการยึดเกาะของสารเหล่านี้ เช่น ลิกนิน เพคติน และพอลิแซ็กคาไรด์ที่มีความเป็นกรดจะมีความสามารถดูดซึมกรดน้ำดีได้ดี ส่วนเซลลูโลสสามารถยึดเกาะสารเคมี 1,2 ไดเมทิลไฮโดรราซีนที่เป็นสารก่อมะเร็งได้ดีกว่าเพคติน จากผลการดูดซับและการแลกเปลี่ยนประจุกับสารอื่น ๆ ที่มากับอาหาร โดยเฉพาะพวกสารพิษและอนุมูลอิสระต่าง ๆ ทำให้ใยอาหารสามารถดึงเอาสารพิษเหล่านี้ออกจาก

อาหาร รวมทั้งการที่เส้นใยอาหารลดความหมักหมมของกากอาหารในลำไส้ด้วย จึงทำให้ลดโอกาสที่สารก่อมะเร็งเหล่านี้สัมผัสกับผนังลำไส้ (สุรัตน์ โคมินทร์, 2534)

5) ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (cation exchange capacity) เส้นใยอาหารพวกพอลิแซ็กคาไรด์ที่มีหมู่คาร์บอนอิสระ ทำให้โมเลกุลมีความเป็นกรด เช่น เพคติน ลิกนิน จะมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกกับเกลือแร่กับอิเล็กโทรไลต์ต่าง ๆ ดังนั้นเมื่อเส้นใยอาหารถูกขับออกจากร่างกาย จะทำให้เกลือแร่และอิเล็กโทรไลต์ที่เกาะกับโครงสร้างใยอาหารถูกขับออกจากร่างกายด้วยซึ่งจะมีโทษต่อร่างกายได้เช่นกัน โดยการบริโภคเส้นใยอาหารมากเกินไปอาจไปจับเกลือแร่ที่จำเป็นต่อร่างกาย เช่น แคลเซียม แมกนีเซียม ซึ่งมีผลต่อการเจริญของกระดูก เหล็ก และสังกะสี ซึ่งมีผลต่อการเจริญของร่างกาย แต่อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีข้อมูลการวิจัยที่สนับสนุนในเรื่องผลเสียที่มีต่อร่างกายหากมีการบริโภคใยอาหารที่มากเกินไป โดยเฉพาะผลเสียที่มีต่อการดูดซึมและนำไปใช้ของเกลือแร่ต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย (สุรัตน์ โคมินทร์, 2534)

6) ความสามารถในการถูกย่อยสลายด้วยจุลินทรีย์ (ability to decompose by microorganisms) คุณสมบัติที่สำคัญประการหนึ่งของเส้นใยอาหารคือ ความสามารถในการเป็นสารอาหารตั้งต้นหรือเป็นอาหารสำหรับจุลินทรีย์ที่อยู่ในลำไส้ใหญ่ การย่อยสลายสารเหล่านี้ขึ้นอยู่กับชนิดของพอลิแซ็กคาไรด์โดยที่ความสามารถในการอุ้มน้ำและโครงสร้างของพอลิแซ็กคาไรด์มีผลต่อการย่อยสลายเช่น แบคทีเรียสามารถย่อยสลายเพคติน กัมส์และมิวซิเลจได้ดี ในขณะที่เซลลูโลสสามารถย่อยได้เพียงบางส่วนเท่านั้น ผลที่ได้จากการย่อยสลายคือกรดไขมันที่มีจำนวนโมเลกุลต่อกันเล็กน้อย (short chain fatty acid) ซึ่งจุลินทรีย์ที่สามารถนำไปใช้เป็นแหล่งพลังงานที่ใช้ในการเจริญเติบโตการย่อยสลายนี้ทำให้ความสามารถในการเป็นกรด-ด่างในลำไส้ใหญ่เปลี่ยนไป โดยจะมีความเป็นกรดมากขึ้น ซึ่งจะส่งผลโดยตรงต่อการทำงานของเอนไซม์จากจุลินทรีย์การทำงานของลำไส้ใหญ่ที่ปกติก็เนื่องจากการทำงานของจุลินทรีย์ (สุรัตน์ โคมินทร์, 2534)

2.2.4 คุณประโยชน์ของเส้นใยอาหาร

การบริโภคใยอาหารที่เป็นส่วนประกอบที่สำคัญของพืช พบว่ามีผลดีต่อสุขภาพ โดยทำให้สุขภาพของผู้บริโภคมีสุขภาพที่แข็งแรงสมบูรณ์และปลอดภัยจากโรค เช่น โรคความดันโลหิต โรคเส้นเลือด โรคหัวใจตีบตัน และโรคมะเร็ง เป็นต้น (วันเพ็ญ มีสมญา, 2541) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของเส้นใยอาหารต่อร่างกาย ไว้ดังนี้

1) ช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด โดยเฉพาะเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ ได้แก่ เพคติน กัมส์ชนิดต่างๆ การบริโภคเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำได้ เช่น ข้าวโอ๊ต ข้าวบาร์เลย์ ถั่วและผัก มีผลให้ลดระดับของ

คอเลสเทอรอลในเลือดได้สูงถึงร้อยละ 25 แต่เส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำไม่สามารถลดระดับคอเลสเทอรอลในเลือดได้

2) เส้นใยอาหารที่ละลายที่สามารถละลายน้ำ จะช่วยลดระดับน้ำตาลและอินซูลินในเลือด หลังการบริโภค

3) ช่วยทำให้ลำไส้ใหญ่ทำหน้าที่ได้ดีขึ้น เนื่องจากอาหารประกอบด้วยเส้นใยอาหาร ส่งผลทำให้ลำไส้ใหญ่ลดเวลาดักค้างภายในลำไส้ใหญ่ลง เพิ่มน้ำหนักอุจจาระ และทำให้ระบายบ่อยขึ้น จึงช่วยเจือจางปริมาณสารพิษในลำไส้ใหญ่ และทำให้การเตรียมสารสำหรับการถูกย่อยโดยจุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่เป็นไปโดยปกติ

4) ช่วยป้องกันโรคมะเร็งในลำไส้ใหญ่และการเกิดถุงตันที่ลำไส้ใหญ่ เนื่องจากการบริโภคเส้นใยอาหารน้อยทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของจุลินทรีย์ในระบบย่อยอาหาร ลดการรวมตัวของกรดน้ำดี เพิ่มเวลาของอาหารที่ตกค้างในลำไส้ใหญ่ ลดน้ำหนักและปริมาณอุจจาระ ตลอดจนลดความถี่ของการขับอุจจาระ จุลินทรีย์ถูกกระตุ้นโดยอาหารที่มีเส้นใยต่ำ ทำให้เกิดการรวมตัวของสารก่อมะเร็ง ซึ่งจุลินทรีย์เหล่านี้ อาจช่วยป้องกัน หรือทำลายสารก่อมะเร็งได้ ถ้ามีเส้นใยอาหารอยู่มากพอในอาหาร

5) ช่วยป้องกันโรคอ้วน เนื่องจากเส้นใยอาหารทำให้กระเพาะอาหารมีที่ว่างน้อยลง จึงทำให้รับประทานอาหารได้น้อยลง เพราะเส้นใยอาหารจะเข้าไปทำให้เกิดการพองตัวในกระเพาะอาหาร เป็นเหตุให้น้ำหนักตัวลดลง

2.2.5 ชนิดของผักและผลไม้แห้งที่ซึ่งสามารถนำมาแปรรูปเป็นเส้นใยอาหารผง

แหล่งเส้นใยอาหารที่สำคัญ ได้แก่ ธัญพืช เช่น ข้าว ข้าวโพด และข้าวสาลี พืชตระกูลถั่ว เช่น ถั่วเขียว ถั่วเหลือง และถั่วแดง ผักและผลไม้ซึ่งเส้นใยอาหารในธัญพืชส่วนใหญ่จะเป็นเส้นใยอาหารชนิดที่ไม่สามารถละลายได้ในน้ำ ส่วนเส้นใยอาหารในผักและผลไม้ทั้งชนิดที่ไม่ละลายน้ำและละลายน้ำ ถึงแม้ว่าธัญพืชจะมีเส้นใยอาหารในปริมาณที่สูงมาก แต่เส้นใยอาหารในผักและผลไม้มีคุณภาพที่ดีกว่าเนื่องจากมีปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมดและเส้นใยอาหารละลายน้ำได้ในปริมาณที่สูงจึงทำให้มีความสามารถในการดูดซับน้ำและน้ำมันสามารถถูกย่อยในลำไส้ได้ดีกว่าธัญพืช โดยปริมาณองค์ประกอบของเส้นใยอาหารที่ดีสำหรับการนำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตเส้นใยอาหารคือมีอัตราส่วนระหว่างปริมาณเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำต่อเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำใกล้เคียงหรือเท่ากับ 1:1 นอกจากนี้ผักและผลไม้ยังมีสารพฤกษเคมีที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายหลายชนิด เช่น สารประกอบฟีนอลิก วิตามินซี และเบต้าแคโรทีน ซึ่งทำให้ใยอาหารผงมีคุณค่าทางโภชนาการมากขึ้น (หยาดฝน ทนงการกิจ, 2556)

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Siqi Wang และคณะ (2022) ศึกษาผลของกระบวนการสกัดเส้นใยอาหารจากผลไม้ตระกูลเบอร์รี่ที่แตกต่างกัน โดยพบว่าการสกัดด้วยน้ำและสกัดด้วยกรดมีโครงสร้างที่สมบูรณ์กว่า รวมไปถึงค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ ค่าความสามารถในการพองตัว และค่าความสามารถในการอุ้มน้ำมันที่มากกว่าการสกัดด้วยด่าง และการสกัดด้วยเอนไซม์ โดยค่าความสามารถในการอุ้มน้ำมันของการสกัดด้วยน้ำและสกัดด้วยกรดมีค่าสูงถึง 19.89 กรัม/กรัม และ 12.62 กรัม/กรัม ตามลำดับ ซึ่งมีความสามารถในการดูดซับไขมันได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงสามารถลดการดูดซึมไขมันเข้าสู่ร่างกาย มีประโยชน์ต่อหัวใจและระบบหมุนเวียนเลือด

Kunli Wang และคณะ (2020) ศึกษาผลของกระบวนการสกัดเส้นใยอาหารจากกีวีที่แตกต่างกัน โดยพบว่าการสกัดด้วยด่างให้ปริมาณผลผลิตที่มากที่สุด แต่อย่างไรก็ตามการสกัดด้วยกรดมีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ และค่าความสามารถในการอุ้มน้ำมันที่มากกว่าการสกัดด้วยด่าง ดังนั้นการสกัดเส้นใยอาหารจากกีวีด้วยกรดเป็นวิธีที่เหมาะสมที่จะนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหารเพื่อสุขภาพ

อรพรรณ และคณะ (2558) ศึกษากระบวนการสกัดใยอาหารจากมะม่วงเขียวเสวย โดยวิเคราะห์ปริมาณใยอาหารจากส่วนต่างๆ ของมะม่วง ได้แก่ เปลือก เมล็ดใน และเนื้อ พบว่าเปลือกมะม่วงมีปริมาณใยอาหารสูงที่สุด วิธีการสกัดด้วยน้ำที่อุณหภูมิห้อง ได้ผลผลิตสูงที่สุด (14.05% โดยน้ำหนักแห้ง) และได้ปริมาณใยอาหารสูงที่สุด (52.32% โดยน้ำหนักแห้ง) เมื่อเทียบกับวิธีการสกัดด้วยน้ำร้อนอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส และการสกัดด้วยเอทานอลความเข้มข้น 95%

สหขวัญ และอังคณา (2560) ศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและเคมีกายภาพของเส้นใยอาหารจากมะม่วงแก้ว (*Mangifera indica* L. cv. "Kaew") ได้แก่เส้นใยอาหารสดจากมะม่วงแก้วและเส้นใยอาหารจากมะม่วงแก้วที่ผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์นอกจากนี้ยังศึกษาผลของเส้นใยอาหารเหล่านั้นต่อคุณสมบัติการเปลี่ยนแปลงความหนืดขณะร้อนของแป้งข้าวเจ้าอีกด้วยผลการศึกษาพบว่าเส้นใยอาหารสดจากมะม่วงแก้วมีปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมด (ร้อยละ 36.84) เส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ (ร้อยละ 9.68) และเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (ร้อยละ 27.49) สูงกว่าเส้นใยอาหารจากมะม่วงแก้วที่ผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ (เส้นใยอาหารทั้งหมดเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำและเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำเป็นร้อยละ 29.29, 2.81 และ 26.48% ตามลำดับ) เส้นใยอาหารสดจากมะม่วงแก้วมีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ (9.45 g water/g dietary fiber) และน้ำมัน (7.33 g oil/g dietary fiber) สูงกว่าเส้นใยอาหารจากมะม่วงแก้วที่ผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ (ความสามารถในการอุ้มน้ำมีค่าเท่ากับ 6.30 water/g dry sample และความสามารถในการอุ้มน้ำมันมีค่าเท่ากับ 4.02 g oil/g dry sample)

ครองจิต (2564) ศึกษาผลของการเสริมใยอาหารจากเปลือกมะม่วงที่มีต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต โดยใช้วิธีการบดเปียกร่วมกับการแช่น้ำร้อนในการสกัดเส้นใยจากเปลือกมะม่วง 2 สายพันธุ์คือ พันธุ์มหาชนกและพันธุ์มันศรีวิชัย และเปรียบเทียบระหว่างเปลือกผลดิบกับผลสุก พบว่าเปลือกมะม่วงพันธุ์มันศรีวิชัยสกัดเส้นใยได้ปริมาณผลผลิตมากกว่าเปลือกมะม่วงพันธุ์มหาชนก และการใช้เปลือกมะม่วงผลดิบสกัดเส้นใยได้ปริมาณผลผลิตมากกว่าการใช้เปลือกจากผลสุก โดยปริมาณเส้นใยที่สกัดจากเปลือกมะม่วงพันธุ์มันศรีวิชัยที่ใช้ผลดิบ ได้ปริมาณผลผลิตเส้นใยสูงที่สุด ($p < 0.05$) เมื่อวิเคราะห์ชนิดของใยอาหารจากเส้นใยที่สกัดได้พบว่าเปลือกมะม่วงพันธุ์มันศรีวิชัย มีปริมาณใยอาหารทั้งหมด ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ และใยอาหารที่ละลายน้ำได้ มากกว่าใยอาหารจากเปลือกพันธุ์มหาชนก และเปลือกของ ผลสุกมีปริมาณใยอาหารทั้งหมดสูงกว่าเปลือกของผลดิบ เมื่อนำไปบดเป็นผงแล้ว พบว่าใยอาหารจากเปลือกผลสุกจะมีสีน้ำตาลปนเหลือง ใยอาหารที่ได้จากผลสุกมีสีเข้มกว่าผลดิบ ($p < 0.05$)

วิชมณี และคณะ (2561) ศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาในการสกัดด้วยน้ำต่อคุณภาพของเส้นใยอาหารผงจากกากมะตูมได้แก่ สกัดด้วยน้ำที่ อุณหภูมิ 70 และ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 และ 2 ชั่วโมง ผลการทดลอง พบว่าสภาวะการสกัดด้วยน้ำมีผลต่อปริมาณเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ ปริมาณเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ ปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และค่าสีของเส้นใยอาหารผงจากกากมะตูมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยวิธีการสกัดด้วยน้ำที่เหมาะสมที่สุดที่ได้ปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมดมากที่สุด คือ การสกัดด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากการศึกษาผลของการสกัดด้วยเอทานอลต่อคุณภาพของเส้นใยอาหารผงจากกากมะตูม พบว่า การสกัดกากมะตูมด้วยน้ำและเอทานอลร่วมกัน ทำให้ได้เส้นใยอาหารผงจากกากมะตูมที่มีปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมด ปริมาณเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ มากกว่าการสกัดด้วยน้ำเพียงอย่างเดียว ดังนั้นสภาวะที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการสกัด คือ สกัดด้วยน้ำร่วมกับการสกัดด้วยเอทานอล

บทที่ 3

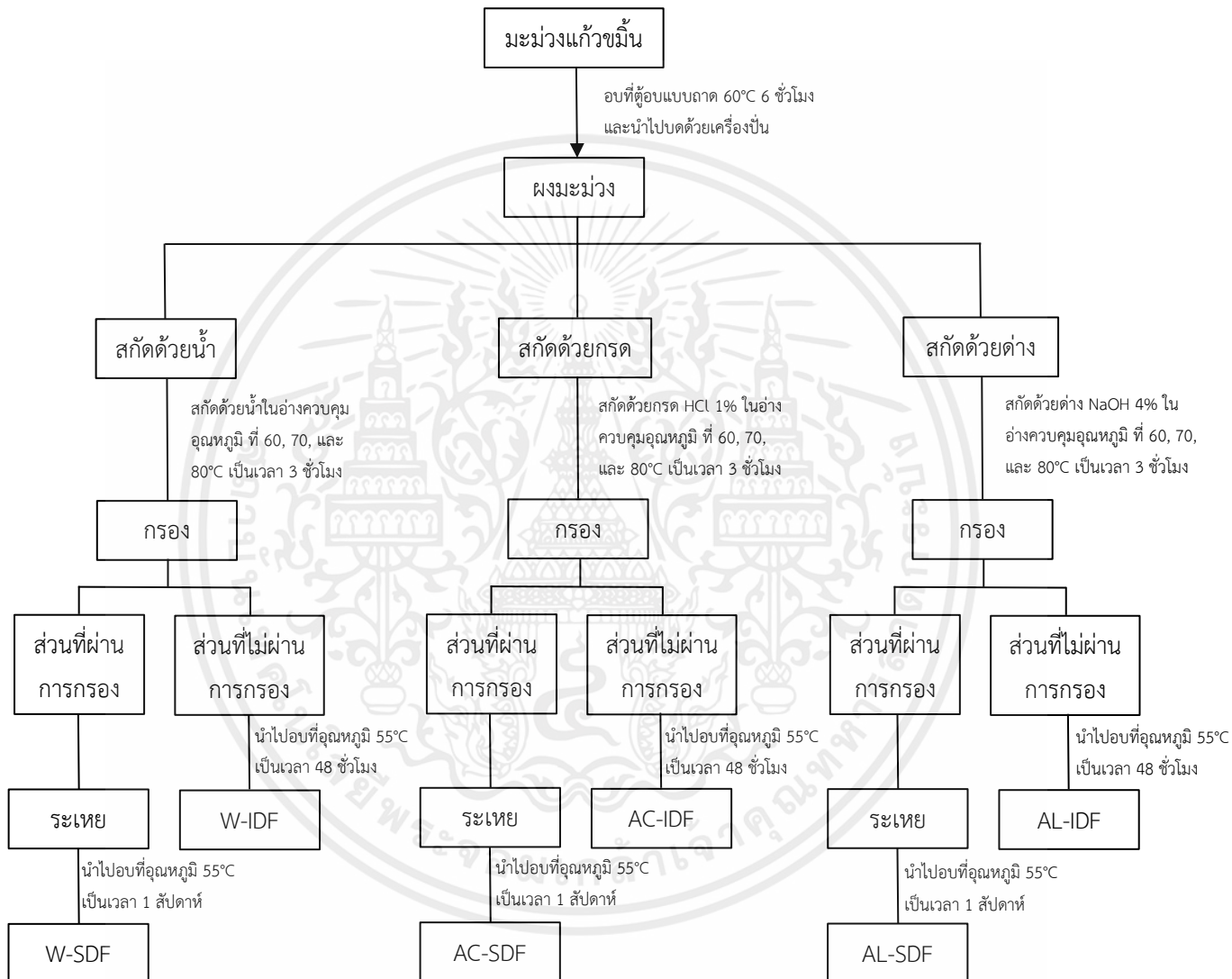
วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

3.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้

- 1) เปลือกมะม่วงแก้วขมิ้น
- 2) HCl ที่ความเข้มข้น 1% (v/v)
- 3) NaOH ที่ความเข้มข้น 4% (v/v)
- 4) เอทานอล ที่ความเข้มข้น 95% (v/v)
- 5) น้ำกลั่น
- 6) อ่างควบคุมอุณหภูมิ (Water bath) ยี่ห้อ Memmert รุ่น WNE Series
- 7) ตู้อบลมร้อน (Hot air oven) ยี่ห้อ Memmert รุ่น UM400
- 8) ตู้อบแบบถาด (Tray Dryer)
- 9) เครื่องระเหยแบบหมุน (Rotary evaporator) ยี่ห้อ Heidolph รุ่น Hei-VAP Precision
- 10) เครื่องปั่น ยี่ห้อ Philips รุ่น HR2068/20
- 11) เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Ohaus รุ่น PA214
- 11) ปีกเกอร์
- 10) แท่งคนสาร
- 11) ถังอลูมิเนียมฟอยด์
- 12) ขวดกรองสาร (Suction flask)
- 13) ปั๊มสุญญากาศ (Vacuum pump)
- 14) กระดาษกรองเบอร์ 1
- 15) ถาดอบ
- 16) กะละมังสเตนเลส
- 17) กระชอนกรอง

3.2 ขั้นตอนการเตรียมผงเปลือกมะม่วง

- 1) นำเปลือกมะม่วงแก้วขมิ้นมาล้างทำความสะอาด
- 2) นำเปลือกมะม่วงที่ผ่านการล้างทำความสะอาดไปอบให้แห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาด (Tray Dryer) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง
- 3) นำเปลือกมะม่วงที่ผ่านการอบแห้งไปทำให้ละเอียดด้วยเครื่องบด



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการเตรียมและสกัดเส้นใยอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ขั้นตอนการสกัดเส้นใยอาหารจากผงเปลือกมะม่วง

3.3.1 การสกัดด้วยน้ำ

นำผงเปลือกมะม่วง 50 กรัม ผสมน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์ คนให้เข้ากัน จากนั้นใส่ลงในอ่างควบคุมอุณหภูมิ (WNE Series, Memmert, Germany) โดยศึกษาอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส จากนั้นนำไปกรองสุญญากาศ เก็บไว้ทั้งส่วนที่ถูกกรองและตะกอนที่ตกค้าง นำส่วนที่เป็นตะกอนตกค้างไปอบแห้งที่ตู้อบลมร้อน (Hot air oven UM400, Memmert, Germany) ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง โดยจะทำให้ได้เส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ ส่วนที่ถูกกรองนำมาทำให้มีความเข้มข้นจนเหลือ 25 มิลลิลิตร ในเครื่องระเหยแบบหมุน (Hei-VAP Precision, Heidolph, Germany) ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จากนั้นทำการเติมเอทานอลที่ความเข้มข้น 95% 100 มิลลิลิตร และทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 นาที แล้วนำไปอบแห้งที่ตู้อบลมร้อน (Hot air oven UM400, Memmert, Germany) ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 สัปดาห์ จึงทำให้ได้เส้นใยอาหารชนิดละลายน้ำได้ (ดัดแปลงจาก Siqi Wang และคณะ, 2022)

3.3.2 การสกัดด้วยกรด

นำผงเปลือกมะม่วง 50 กรัม มาสกัดด้วยกรด HCl ที่ความเข้มข้น 1% (v/v) 500 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์ คนให้เข้ากัน จากนั้นใส่ลงในอ่างควบคุมอุณหภูมิ (WNE Series, Memmert, Germany) โดยศึกษาอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส กระบวนการที่เหลือเป็นไปตามขั้นตอนที่ 3.3.1

3.3.3 การสกัดด้วยด่าง

นำผงเปลือกมะม่วง 50 กรัม มาสกัดด้วย NaOH ที่ความเข้มข้น 4% (v/v) 500 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์ คนให้เข้ากัน จากนั้นใส่ลงในอ่างควบคุมอุณหภูมิ (WNE Series, Memmert, Germany) โดยศึกษาอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส กระบวนการที่เหลือเป็นไปตามขั้นตอนที่ 3.3.1

3.4 การตรวจสอบสมบัติทางเคมีของผงเปลือกมะม่วง

3.4.1 การวัดปริมาณความชื้น (Moisture Content)

นำตัวอย่างผงเปลือกมะม่วงชั่งน้ำหนัก 3 กรัม ด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 4 ตำแหน่ง (PA214, Ohaus, USA) จากนั้นอบด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน (Hot air oven UFB400, Memmert, Germany) ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส และทำการอบจนกระทั่งน้ำหนักคงที่นำมาชั่งน้ำหนักวิเคราะห์หาความชื้นฐานแห้งด้วยวิธีการมาตรฐาน AOAC 968.11 (AOAC, 2000) และสามารถหาได้จากสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{Moisture content (\%w, b)} = \frac{W_a - W_b}{W_a} \times 100$$

โดย Moisture content = ปริมาณความชื้นฐานแห้ง

W_a = น้ำหนักก่อนการทำแห้ง (กรัม)

W_b = น้ำหนักหลังการทำแห้ง (กรัม)

3.4.2 วอเตอร์แอกทีวิตี (Water Activity)

ทำการสอบเทียบเครื่องวัดปริมาณความชื้นอิสระ (Aqua lab, Model series 3TE) โดยการปรับด้วยน้ำเปล่าให้มีค่าเท่ากับ 1 จากนั้นนำตัวอย่างผงเปลือกมะม่วงที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ใส่ลงในตลับพลาสติกประมาณ 1/3 ของตลับหรือไม่เกินครึ่งหนึ่งแล้วเกลี่ยตัวอย่างให้ครอบคลุม ทำการวัดตัวอย่างละ 3 ซ้ำ แล้วนำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย (ชนิดา อัครเพ็ญพรรณ และคณะ, 2560)

3.4.3 การวัดความเป็นกรด-ด่าง

นำตัวอย่างผงเปลือกมะม่วง 1 กรัม ผสมกับน้ำกลั่น 40 มิลลิลิตร ในบีกเกอร์ ใช้แท่งแก้วคน ให้เข้ากัน จากนั้นตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 5 นาที แล้ววัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ด้วยเครื่อง pH meter (EZDO, 7200, China) (Bongkochrat Naowakul และคณะ, 2556)

3.5 การตรวจสอบสมบัติทางกายภาพของผงเปลือกมะม่วง

3.5.1 ความสามารถในการอุ้มน้ำ

ชั่งตัวอย่าง 1 กรัมใส่หลอดเครื่องหมุนเหวี่ยงความเร็วสูง (EBA 12, Hettich, Singapore) เติมน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที เหวี่ยงแยกด้วยความเร็ว 3,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที รินส่วนใสทิ้ง ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง (Bongkochrat Naowakul และคณะ, 2556) และคำนวณความสามารถในการอุ้มน้ำได้จาก

$$\text{ความสามารถในการอุ้มน้ำ} = \frac{W_2 - W_1}{W_1}$$

โดย W_1 = น้ำหนักของใยอาหารผงจากเปลือกมะม่วง (กรัม)

W_2 = น้ำหนักตะกอนที่อุ้มน้ำหลังปั่นเหวี่ยง (กรัม)

3.5.2 ความสามารถการอุ้มน้ำมัน

ซึ่งตัวอย่าง 1 กรัมใส่หลอดเครื่องหมุนเหวี่ยงความเร็วสูง (EBA 12, Hettich, Singapore) เติมน้ำมันปาล์ม 20 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที เหวี่ยงแยกด้วยความเร็ว 3,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที รินส่วนใสทิ้ง ซึ่งน้ำหนักตัวอย่าง (Bongkochrat Naowakul และคณะ, 2556) และคำนวณความสามารถในการอุ้มน้ำมันได้จาก

$$\text{ความสามารถในการอุ้มน้ำมัน} = \frac{W_2 - W_1}{W_1}$$

โดย W_1 = น้ำหนักของโยอาหารผงจากเปลือกมะม่วง (กรัม)

W_2 = น้ำหนักตะกอนที่อุ้มน้ำมันหลังปั่นเหวี่ยง (กรัม)

3.6 การวางแผนการทดลอง

การทดลองการสกัดเส้นใยอาหารจากเปลือกมะม่วง โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Complete Randomized Design ; CRD) โดยศึกษาวิธีการสกัด 3 ระดับ คือการสกัดด้วยน้ำ การสกัดด้วยกรด และการสกัดด้วยด่าง และศึกษาอุณหภูมิในการสกัด 3 ระดับ คืออุณหภูมิ 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส และวิเคราะห์ความแปรปรวน Two-way ANOVA โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรม IBM SPSS Statistics for Windows, Version 28.0. (IBM Corp., NY, USA)

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

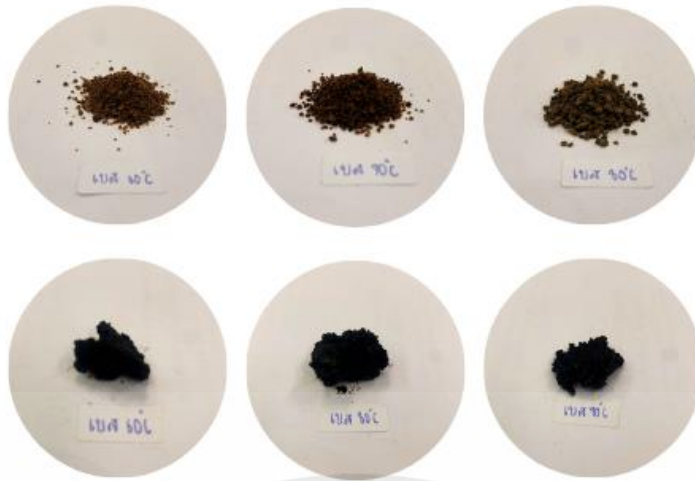
ผงเปลือกมะม่วงที่ผ่านขั้นตอนการเตรียมมีค่าความชื้นอยู่ที่ 4.31% (wb) และมีค่าวอเตอร์แอกทีวิตีอยู่ที่ 0.20

4.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณผลผลิตเส้นใยอาหารจากเปลือกมะม่วง



รูปที่ 4.1 เส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำด้วยวิธีการสกัดด้วยน้ำ ที่อุณหภูมิต่างๆ (แถวบน), เส้นใยอาหารที่ละลายน้ำด้วยวิธีการสกัดด้วยน้ำ ที่อุณหภูมิต่างๆ (แถวล่าง)

รูปที่ 4.2 เส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำด้วยวิธีการสกัดด้วยกรด ที่อุณหภูมิต่างๆ (แถวบน), เส้นใยอาหารที่ละลายน้ำด้วยวิธีการสกัดด้วยกรด ที่อุณหภูมิต่างๆ (แถวล่าง)

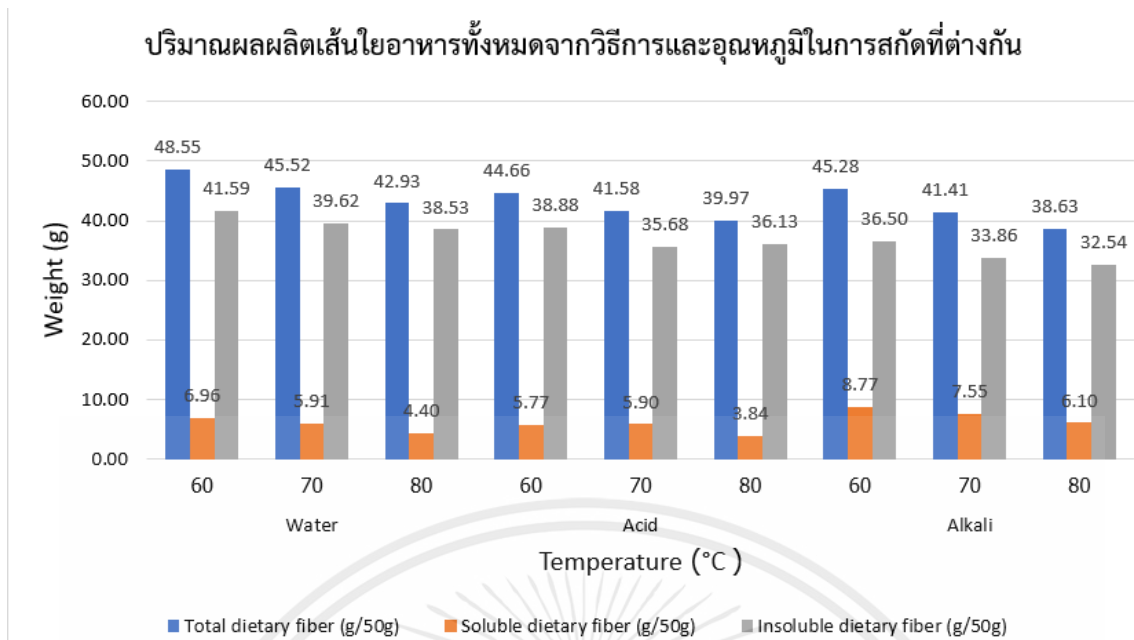


รูปที่ 4.3 เส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำด้วยวิธีการสกัดด้วยต่าง ที่อุณหภูมิต่างๆ (แถวบน), เส้นใยอาหารที่ละลายน้ำด้วยวิธีการสกัดด้วยต่าง ที่อุณหภูมิต่างๆ (แถวล่าง)

จากการศึกษาวิธีการสกัดเส้นใยอาหารจากผงเปลือกมะม่วง 50 กรัม ด้วยการสกัดด้วย น้ำ กรด และต่าง ที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง พบว่าการสกัดด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีปริมาณเส้นใยที่ไม่ละลายน้ำ (Insoluble dietary fiber) มากที่สุดที่ 41.59 กรัม/50 กรัม แสดงในตารางที่ 4.1 ซึ่งวิธีการสกัดและอุณหภูมิสกัดที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อความแตกต่างของปริมาณเส้นใยที่ไม่ละลายน้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ใยอาหารทั้งหมด (Total dietary fiber) การสกัดด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีผลรวมปริมาณมากที่สุด ซึ่งวิธีการสกัดด้วยกรดและต่างให้ผลที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) อาจเนื่องจากการสกัดด้วยกรดและต่างเป็นการใช้สารเคมีย่อยเส้นใยอาหารเป็นช่วงๆทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเคมีส่งผลให้คุณภาพของเส้นใยอาหารเสียไปบางส่วนจึงทำให้ได้ปริมาณใยอาหารลดลง

การสกัดด้วยต่างที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีปริมาณเส้นใยที่ละลายน้ำ (Soluble dietary fiber) มากที่สุดที่ 8.77 กรัม/50 กรัม แสดงในตารางที่ 4.1 วิธีการสกัดด้วยน้ำและกรดให้ผลที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และที่อุณหภูมิ 60 และ 70 องศาเซลเซียส ให้ผลที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เช่นกัน ซึ่งจะเห็นได้ว่าการที่ใช้อุณหภูมิในการสกัดที่สูงกว่า 60 องศาเซลเซียส ไม่ได้ส่งผลให้ได้ปริมาณเส้นใยทั้งหมดมากขึ้นแต่อย่างใด ในทางกลับกันอุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้ได้ปริมาณเส้นใยทั้งหมดลดลงอาจเนื่องมาจากเปลือกมะม่วงที่ถูกสกัดที่อุณหภูมิสูงขึ้น ส่งผลให้อนุภาคเล็กและละเอียดมากขึ้น ทำให้การกรองเกิดการติดขัดมากยิ่งขึ้น ดังนั้น การสกัดโดยใช้อุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดในการสกัด



รูปที่ 4.4 ปริมาณผลผลิตเส้นใยอาหารทั้งหมดจากวิธีการและอุณหภูมิในการสกัดที่ต่างกัน

ตารางที่ 4.0-1 ปริมาณผลผลิตเส้นใยอาหารทั้งหมดจากวิธีการและอุณหภูมิในการสกัดที่ต่างกัน

สารสกัด	อุณหภูมิ	Total dietary fiber (g/50g)	Soluble dietary fiber (g/50g)	Insoluble dietary fiber (g/50g)
กลาง	60	48.55±1.71 ^e	6.96±1.70 ^c	41.59±0.30 ^f
	70	45.52±0.39 ^d	5.91±0.49 ^{bc}	39.62±0.69 ^e
	80	42.93±0.93 ^c	4.40±0.81 ^{ab}	38.53±0.15 ^d
กรด	60	44.66±0.22 ^d	5.77±0.35 ^{bc}	38.88±0.43 ^{de}
	70	41.58±0.53 ^{bc}	5.90±1.64 ^{bc}	35.68±1.12 ^c
	80	39.97±0.42 ^a	3.84±0.51 ^a	36.13±0.57 ^c
ต่าง	60	45.28±0.56 ^d	8.77±0.52 ^d	36.50±0.35 ^c
	70	41.41±0.83 ^b	7.55±0.41 ^{cd}	33.86±0.69 ^b
	80	38.63±0.66 ^a	6.10±0.98 ^{bc}	32.54±0.33 ^a

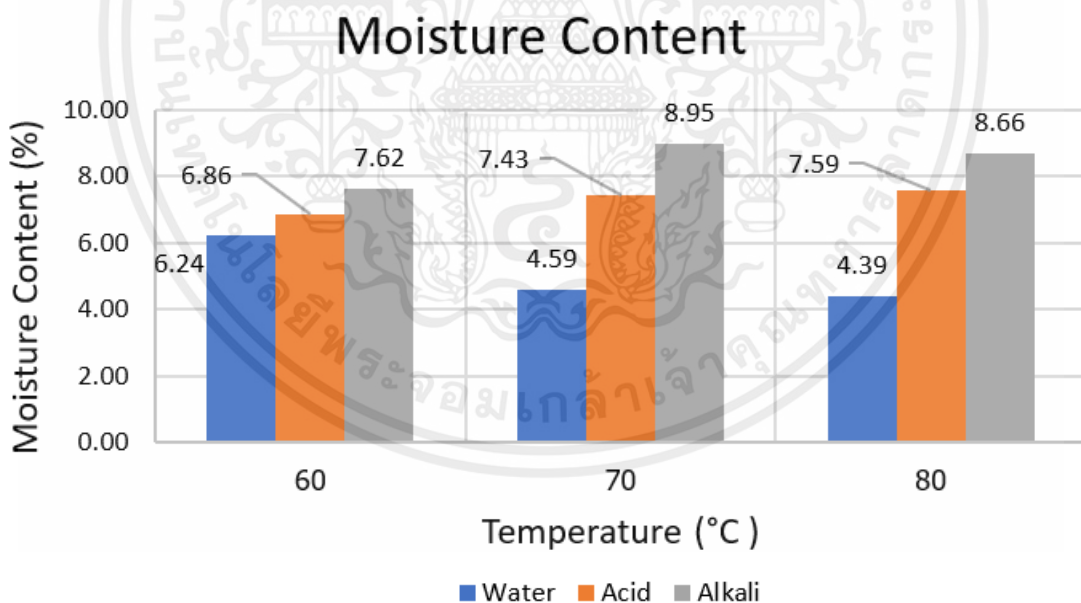
หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษร a,b,c, ... กำกับต่างกันในแต่ละแถวเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยอาหารจากเปลือกมะม่วง

4.2.1 วัดปริมาณความชื้น (Moisture Content)

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของเส้นใยอาหารที่สกัดได้จากเปลือกมะม่วงด้วยน้ำ กรด และด่าง ที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส โดยแสดงผลในตารางที่ 4.2 พบว่าการสกัดเส้นใยอาหารจากเปลือกมะม่วงด้วยน้ำ ที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส มีปริมาณความชื้น 6.24%, 4.59% และ 4.39% ตามลำดับ การสกัดเส้นใยอาหารจากเปลือกมะม่วงด้วยด่าง ที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส มีปริมาณความชื้น 7.62%, 8.95% และ 8.66% ตามลำดับ และ การสกัดเส้นใยอาหารจากเปลือกมะม่วงด้วยกรด ที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส มีปริมาณความชื้น 6.86%, 7.43% และ 7.59% ตามลำดับ ซึ่งวิธีการสกัดที่ต่างกัน ส่งผลต่อความแตกต่างกันของค่าความชื้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) จากผลที่ได้ความชื้นของเส้นใยอาหารจากเปลือกมะม่วงที่สกัดได้อยู่ในช่วง 4.39-8.95% (wb) ซึ่งเส้นใยอาหารสมควรมีค่าความชื้นประมาณ 8-12% เพื่อให้เส้นใยอาหารมีความแข็งแรงและรักษาคุณภาพได้ดี หากความชื้นสูงเกินไป อาจทำให้เส้นใยอาหารเปื่อยขึ้นและมีการเกิดการหมักหมมของอาหารได้ง่ายขึ้น ดังนั้นการควบคุมความชื้นของเส้นใยอาหารเป็นสิ่งสำคัญในการผลิตเส้นใยอาหารที่มีคุณภาพและมีประสิทธิภาพในการใช้งาน (Sabarez et al., 2006)



รูปที่ 4.5 ปริมาณความชื้นของเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำจากวิธีการและอุณหภูมิในการสกัดที่ต่างกัน

ตารางที่ 4.0-2 ปริมาณค่าวอเตอร์แอกทีวิตี้ ความชื้น และค่าความเป็นกรด-ด่าง ของเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำจากวิธีการและอุณหภูมิในการสกัดที่ต่างกัน

สารสกัด	อุณหภูมิ	Water activity (a_w)	ความชื้น (%Moisture content)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)
กลาง	60	0.57±0.00 ^s	6.24±0.21 ^b	4.46±0.02 ^e
	70	0.39±0.01 ^b	4.59±0.33 ^a	4.37±0.01 ^d
	80	0.37±0.01 ^a	4.39±0.02 ^a	4.58±0.01 ^f
กรด	60	0.47±0.02 ^c	6.86±0.12 ^{b^c}	2.58±0.00 ^a
	70	0.56±0.01 ^{fg}	7.43±0.80 ^c	2.80±0.03 ^c
	80	0.51±0.02 ^{de}	7.59±0.85 ^c	2.65±0.03 ^b
ด่าง	60	0.54±0.02 ^{ef}	7.62±0.11 ^c	10.49±0.01 ^s
	70	0.57±0.00 ^s	8.95±0.37 ^d	10.89±0.01 ^h
	80	0.49±0.01 ^{cd}	8.66±0.94 ^d	11.80±0.02 ⁱ

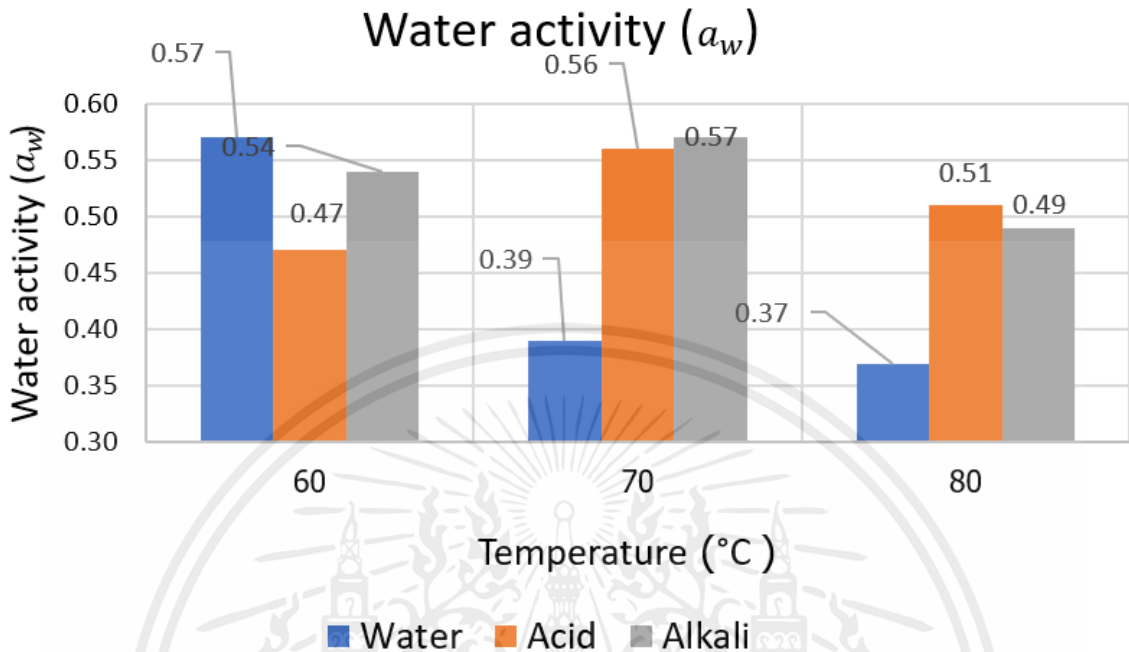
หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษร a,b,c, ... กำกับต่างกันในแต่ละแถวเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

4.2.2 วอเตอร์แอกทีวิตี้ (Water Activity)

จากผลการวิเคราะห์ค่าวอเตอร์แอกทีวิตี้ของเส้นใยอาหารที่สกัดได้จากเปลือกมะม่วงด้วยน้ำ กรด และด่าง ที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส พบว่าการสกัดเส้นใยอาหารจากเปลือกมะม่วงด้วยน้ำ ที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส มีค่าวอเตอร์แอกทีวิตี้ที่ 0.57, 0.39 และ 0.37 ตามลำดับ การสกัดเส้นใยอาหารจากเปลือกมะม่วงด้วยด่าง ที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส มีค่าวอเตอร์แอกทีวิตี้ที่ 0.54, 0.56 และ 0.49 ตามลำดับ และการสกัดเส้นใยอาหารจากเปลือกมะม่วงด้วยกรด ที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส มีค่าวอเตอร์แอกทีวิตี้ที่ 0.47, 0.57 และ 0.51 ตามลำดับ ซึ่งอุณหภูมิและวิธีการสกัดที่ต่างกัน ส่งผลต่อความแตกต่างกันของค่าวอเตอร์แอกทีวิตี้ที่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยค่าวอเตอร์แอกทีวิตี้ของอาหารเป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพและการเน่าเสียของผลิตภัณฑ์อาหาร เพราะความชื้นในผลิตภัณฑ์และค่าวอเตอร์แอกทีวิตี้จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาทางเคมีหรือมีการเจริญของจุลินทรีย์ เป็นสาเหตุทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารเน่าเสีย (นิธิยา รัตนานพนธ์, 2006) จากการศึกษาในครั้งนี้ พบว่าเส้นใยอาหารที่สกัดได้จากเปลือกมะม่วงมีค่า วอเตอร์แอกทีวิตี้ในช่วง 0.37-0.57 แสดงในตารางที่ 4.2 ซึ่งมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าต่ำกว่า 0.6 อยู่ในระดับที่สามารถลดหรือยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาเคมีและการเจริญของจุลินทรีย์ การที่มีระดับค่าแอกทีวิตี้ที่ต่ำจะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารให้นานขึ้นได้

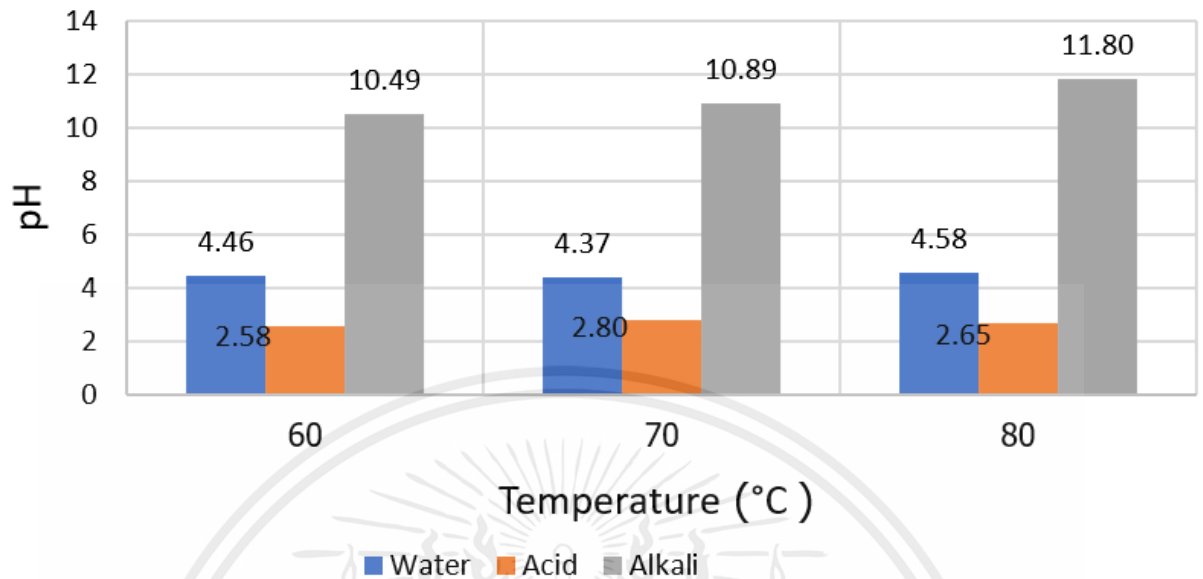


รูปที่ 4.6 ค่าแอกทีวิตี้ที่ต่ำของเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำจากวิธีการและอุณหภูมิในการสกัดที่ต่างกัน

4.2.3 วัดความเป็นกรด-ด่าง (pH)

จากผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่างของเส้นใยอาหารที่สกัดได้จากเปลือกมะม่วงด้วยน้ำ กรด และ ด่าง ที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส โดยแสดงผลในตารางที่ 4.2 พบว่า การสกัดเส้นใยอาหารจากเปลือกมะม่วงด้วยน้ำ ที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส มีค่าความเป็นกรด-ด่างที่ 4.46, 4.37 และ 4.58 ตามลำดับ การสกัดเส้นใยอาหารจากเปลือกมะม่วงด้วยด่าง ที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส มีค่าความเป็นกรด-ด่างที่ 10.49, 10.89 และ 11.80 ตามลำดับ และการสกัดเส้นใยอาหารจากเปลือกมะม่วงด้วยกรด ที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส มีค่าความเป็นกรด-ด่างที่ 2.58, 2.80 และ 2.65 ตามลำดับ ซึ่งอุณหภูมิและวิธีการสกัดที่ต่างกัน ส่งผลต่อความแตกต่างกันของค่าความเป็นกรด-ด่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) จะเห็นได้ว่าการสกัดด้วยน้ำมีผลค่อนข้างจะเป็นกรด การสกัดด้วยกรดจะให้ค่าที่เป็นกรด และการสกัดด้วยด่างจะให้ค่าที่เป็นด่าง ดังนั้นการนำเส้นใยอาหารจากเปลือกมะม่วงไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารนั้น อาจจะส่งผลกระทบต่อระดับความเป็นกรด-ด่าง ของผลิตภัณฑ์อาหารที่เสริมจากใยอาหารที่สกัดจากเปลือกมะม่วง (อรพรรณ และคณะ, 2558)

Potential of Hydrogen ion (pH)



รูปที่ 4.7 ค่าความเป็นกรด-ด่างของเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำจากวิธีการและอุณหภูมิในการสกัดที่ต่างกัน

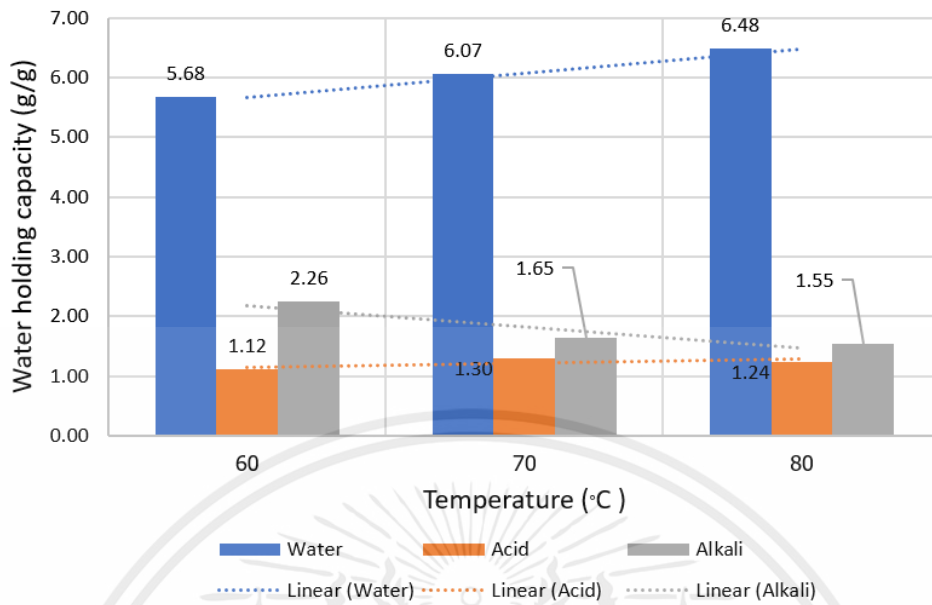
4.3 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพของเส้นใยอาหารจากเปลือกมะม่วง

4.3.1 ความสามารถในการอุ้มน้ำ (WHC)

จากผลการวิเคราะห์ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเส้นใยอาหารที่สกัดได้จากเปลือกมะม่วงด้วยน้ำกรด และด่าง ที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส โดยแสดงผลในรูปที่ 8 พบว่า การสกัดเส้นใยอาหารจากเปลือกมะม่วงด้วยน้ำ ที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส มีความสามารถในการอุ้มน้ำที่ 5.68, 6.07 และ 6.48 กรัม/กรัมตัวอย่างแห้ง ตามลำดับ การสกัดเส้นใยอาหารจากเปลือกมะม่วงด้วยด่าง ที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส มีความสามารถในการอุ้มน้ำที่ 2.26, 1.65 และ 1.55 กรัม/กรัมตัวอย่างแห้ง ตามลำดับ และการสกัดเส้นใยอาหารจากเปลือกมะม่วงด้วยกรด ที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส มีความสามารถในการอุ้มน้ำที่ 1.12, 1.30 และ 1.24 กรัม/กรัมตัวอย่างแห้ง ตามลำดับ จากรูปจะเห็นได้ว่าการสกัดด้วยน้ำจะมีความสามารถในการอุ้มน้ำมากที่สุด รองลงมาเป็นการสกัดด้วยเบส และกรด ตามลำดับ ซึ่งวิธีการสกัดที่ต่างกัน ส่งผลต่อความแตกต่างกันของค่าความสามารถในการอุ้มน้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เนื่องมาจากการสกัดด้วยน้ำมีความหนืดสูง อาจทำให้มีกลุ่มที่ชอบรวมกับน้ำมากกว่าซึ่งสามารถเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำของเส้นใยอาหารได้ (Yaich et al., 2015) และจะเห็นได้ว่าเมื่อยิ่งอุณหภูมิสูงขึ้นจะมีแนวโน้มทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำมากขึ้นเนื่องจากอนุภาคที่ใช้อุณหภูมิที่สูงกว่าในการสกัดมีอนุภาคเล็กกว่า ทำให้มีพื้นที่ผิวและปริมาณรูพรุนเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ความสามารถในการอุ้มน้ำเพิ่มขึ้น การบดตัวอย่างให้มีอนุภาคเล็กมีผลต่อความสามารถในการอุ้มน้ำ (Elleuch et al., 2011)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Water holding capacity (WHC)



รูปที่ 4.8 ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ จากวิธีการและอุณหภูมิในการสกัดที่ต่างกัน

ตารางที่ 4.3 ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ และน้ำมัน ของเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ จากวิธีการและอุณหภูมิในการสกัดที่ต่างกัน

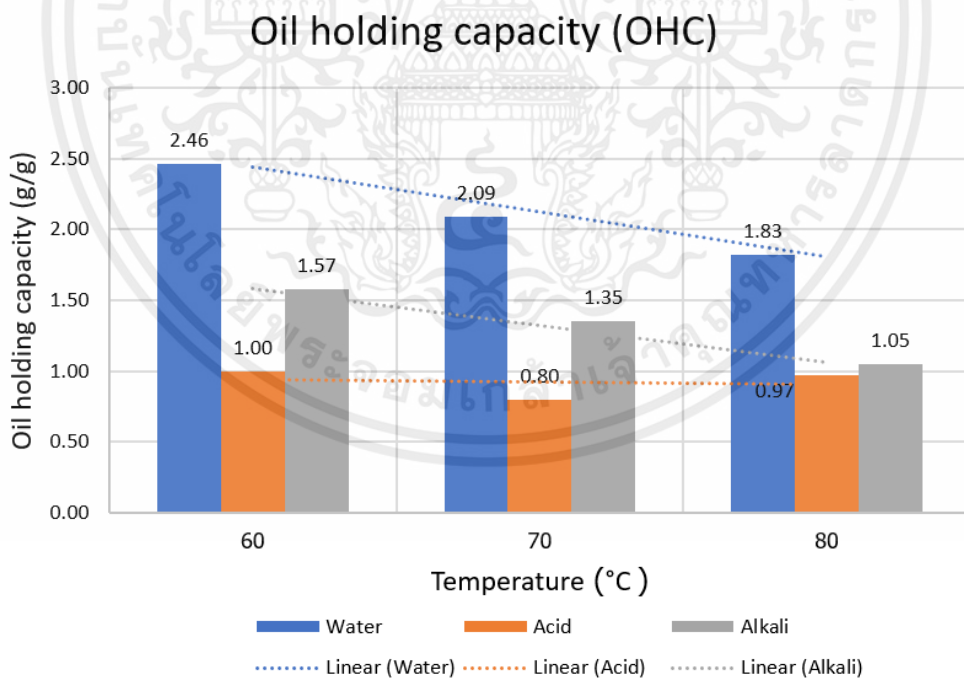
สารสกัด	อุณหภูมิ	ความสามารถในการอุ้มน้ำ (WHC)	ความสามารถในการอุ้มน้ำมัน (OHC)
กลาง	60	5.68±0.13 ^d	2.46±0.02 ^s
	70	6.07±0.27 ^e	2.09±0.05 ^f
	80	6.48±0.11 ^f	1.83±0.25 ^e
กรด	60	1.12±0.15 ^a	1.00±0.22 ^{ab}
	70	1.30±0.08 ^a	0.80±0.13 ^a
	80	1.24±0.07 ^a	0.97±0.05 ^{ab}
ต่าง	60	2.26±0.06 ^c	1.57±0.02 ^d
	70	1.65±0.09 ^b	1.35±0.14 ^c
	80	1.55±0.05 ^b	1.05±0.05 ^b

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษร a,b,c, ... กำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 ความสามารถในการอุ้มน้ำมัน (OHC)

จากผลการวิเคราะห์ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำมันของเส้นใยอาหารที่สกัดได้จากเปลือกมะม่วงด้วยน้ำกรด และด่าง ที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส โดยแสดงผลในรูปที่ 9 พบว่า การสกัดเส้นใยอาหารจากเปลือกมะม่วงด้วยน้ำ ที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส มีความสามารถในการอุ้มน้ำมันที่ 2.46, 2.09 และ 1.83 กรัมไขมัน/กรัมตัวอย่างแห้ง ตามลำดับ การสกัดเส้นใยอาหารจากเปลือกมะม่วงด้วยด่าง ที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส มีความสามารถในการอุ้มน้ำมันที่ 1.57, 1.35 และ 1.05 กรัมไขมัน/กรัมตัวอย่างแห้ง ตามลำดับ และการสกัดเส้นใยอาหารจากเปลือกมะม่วงด้วยกรด ที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส มีความสามารถในการอุ้มน้ำมันที่ 1.00, 0.80 และ 0.97 กรัมไขมัน/กรัมตัวอย่างแห้ง ตามลำดับ ซึ่งวิธีการสกัดที่ต่างกัน ส่งผลต่อความแตกต่างกันของค่าความสามารถในการอุ้มน้ำมันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เนื่องมาจากการสกัดด้วยอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะทำให้อนุภาคขณะกรองมีขนาดเล็กมากโดยถ้าขนาดเล็กเกินไป อาจเกิดความเสียหายกับโครงสร้างที่เป็น ทำให้เกิดการยุบตัวของรูพรุน ส่งผลทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำมันของเส้นใยอาหารลดลง (Bongkochrat et al, 2013) อีกทั้งยังมีหลายปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการอุ้มน้ำมัน เช่น อัตราส่วนของเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำและเส้นใยอาหารที่สามารถละลายน้ำได้ สภาวะกระบวนการสกัดใยอาหาร และชนิดของแหล่งอาหารที่นำมาสกัด (Figuerola et al, 2005)



รูปที่ 4.9 ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำมันของเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำจากวิธีการและอุณหภูมิในการสกัดที่ต่างกัน

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาการสกัดเส้นใยอาหารจากเปลือกมะม่วงด้วยวิธีการสกัดและอุณหภูมิในการสกัดที่ต่างกัน พบว่าการสกัดเส้นใยอาหารจากเปลือกมะม่วงด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ทำให้มีปริมาณเส้นใยที่ไม่ละลายน้ำ (Insoluble dietary fiber) มากที่สุดที่ 41.59 กรัม/50 กรัม และการสกัดเส้นใยอาหารจากเปลือกมะม่วงด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ทำให้มีปริมาณเส้นใยที่ละลายน้ำ (Soluble dietary fiber) มากที่สุดที่ 8.47 กรัม/50 กรัม โดยมีค่าความชื้นและค่าออร์เตอร์แอกทีวิตีของเส้นใยอาหารจากเปลือกมะม่วงที่สกัดได้อยู่ในช่วง 4.39-8.95% (wb) และ 0.37-0.57 ตามลำดับ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของการสกัดด้วยน้ำ กรด และด่าง มีค่าอยู่ในช่วง 4.37-4.58, 2.58-2.80 และ 10.49-11.80 ตามลำดับ ซึ่งการสกัดด้วยน้ำมีผลค่อนข้างจะเป็นกรด การสกัดด้วยกรดจะให้ค่าที่เป็นกรด และการสกัดด้วยด่างจะให้ค่าที่เป็นด่าง การนำเส้นใยอาหารจากเปลือกมะม่วงไปใช้งานควรปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง ให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม เพราะอาจส่งผลกระทบต่อการใช้ร่วมกับผลิตภัณฑ์อื่น ส่วนการสกัดเส้นใยอาหารจากเปลือกมะม่วงด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส มีความสามารถในการอุ้มน้ำมากที่สุดที่ 6.48 กรัม/กรัมตัวอย่างแห้ง ในทางกลับกันการสกัดด้วยกรดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีความสามารถในการอุ้มน้ำน้อยที่สุดที่ 1.12 กรัม/กรัมตัวอย่างแห้ง การสกัดเส้นใยอาหารจากเปลือกมะม่วงด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีความสามารถในการอุ้มน้ำมันมากที่สุดที่ 2.46 กรัม/กรัมตัวอย่างแห้ง ในทางกลับกันการสกัดด้วยกรดที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส มีความสามารถในการอุ้มน้ำมันน้อยที่สุดที่ 0.79 กรัม/กรัมตัวอย่างแห้ง

5.2 ข้อเสนอแนะ

1) ในขั้นตอนหลังจากการสกัดเสร็จ ต้องมีการปรับผงเปลือกมะม่วงที่ถูกสกัดให้มีค่าความเป็นกรด-ด่าง เข้าใกล้ 7 มากที่สุด เนื่องจากผงเส้นใยอาหารที่ได้ เมื่อนำไปเป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์อื่นจะส่งผลกระทบต่อความเป็นกรด-ด่าง ของผลิตภัณฑ์นั้นได้

2) วิธีการสกัดเส้นใยอาหารจากเปลือกมะม่วง ยังไม่ได้เส้นใยอาหารบริสุทธิ์ ต้องมีการกำจัดคาร์โบไฮเดรต ไขมัน และโปรตีน เพิ่มเข้ามาในขั้นตอนก่อนสกัด

บรรณานุกรม

- กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ. (2565). 'กรมเจรจา' ปลื้มมะม่วงไทยสุดปัง ส่งออกตลาด FTA 2 เดือนแรกพุ่ง 15% หนุนใช้สิทธิประโยชน์เพิ่มเติมต่อทางการค้า. สืบค้นเมื่อ 2 กันยายน 2565. จาก <https://www.dtn.go.th/th/news/62622643ef41406d89210c2a?cate=5cff753c1ac9ee073b7bd1c5>
- ข่าวประชาสัมพันธ์. (2564). นักวิจัย ม.ราชภัฏเชียงใหม่ นำวัสดุเหลือทิ้งจากมะม่วง พัฒนาเป็น "แผ่นผักลดระดับน้ำตาลในเลือด" ตอบโจทย์สำหรับกลุ่มคนที่รักสุขภาพ. สืบค้นเมื่อ 2 กันยายน 2565. จาก <https://www.ryt9.com/s/prg/3281720>
- ข้อมูลพรรณไม้. (2564). พืชไม้ผล มะม่วง. สืบค้นเมื่อ 1 กันยายน 2565. จาก http://www.rspg.or.th/plants_data/pdata_04.htm
- จรรยา วัฒนทวีกุล. (2545). โยอาหารเพื่อสุขภาพ. **วารสารอาหาร**. ฉบับที่ 30 (1), หน้า 1-12.
- ชนิดา อัครเพ็ญพรรณ, ปฎิภาณ วัฒนานุกิจ, วรกาญจน์ แก้วเกต, และสุทธิพัฒน์ ชูสาย. 2560. การศึกษาและออกแบบระบบลดความชื้นอากาศขาเข้าเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยสำหรับน้ำส้มฝง. **ปริญญาานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมอาหาร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.**
- ดวงจันทร์ เฮงสวัสดิ์. (2545). โยอาหารเพื่อสุขภาพ. **วารสารอาหาร**. ฉบับที่ 32 (3), หน้า 157-159.
- ถาวร จันทโชติ (2552). โครงการโยอาหารจากผลไม้ไทยบางชนิด: องค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติของสารต้านอนุมูลอิสระ. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ คณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยทักษิณ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
- จิตติมาส หอมเทศ. (2542). โยอาหารสำคัญอย่างไรต่อสุขภาพของคนไทย. **วารสารมธ.วิชาการ**. 2, 4: 31-35. อ้างโดย หยาดฝน ทนงการกิจ. การใช้ประโยชน์จากเศษผักผลไม้เหลือทิ้งเพื่อผลิตเป็นโยอาหารฝง. **วารสารเทคโนโลยีการอาหาร**. มหาวิทยาลัยสยาม ปีที่ 9 ฉบับที่ 1 มิถุนายน 2556 - พฤษภาคม 2557. 31-38.
- บงกชรัตน์ เนาวกุล, อภิรักษ์ เพ็ชรมงคล และ Tri Indrarini Wirjantoro. (2556). ผลของความเร็วและระยะเวลาในการบดเปียกต่อสมบัติของเส้นโยอาหารฝงเปลือกในส้มโอ. **Food and Applied Bioscience Journal**. 1(1). 34-48.
- ปาริชาติ สักกะทานุ. (2539). คุณค่าอาหารเส้นโยป้องกันบำบัดสารพัดโรค. **รวมทรศน์: กรุงเทพฯ.**
- พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนานนท์. เส้นโยอาหาร. สืบค้นเมื่อ 19 สิงหาคม 2565. จาก <https://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1102>
- รสิตา โอสถานานนท์. (2557). การผลิตเส้นโยอาหารฝงจากลอนตาลแก่ (Borassus flabellifer). (การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง วท.บ.), มหาวิทยาลัยรามคำแหง, กรุงเทพฯ.
- วีระสิทธิ์ ธรรมวโร. (2557). การผลิตและประยุกต์ใช้โยอาหารจากวัตถุดิบเหลือใช้ทางการเกษตร. **วารสารอาหาร**. ฉบับที่ 42 (3), หน้า 18-22.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- วันเพ็ญ มีสมญา. (2541). โยอาหารอันทรงคุณค่า. **วารสารอาหาร**. ฉบับที่ 28 (3), 213-219.
- สหขวัญ โรจนคุณธรรม และอังคณา จันทรพลพันธ์. (2560) คุณสมบัติทางเคมีและเคมีกายภาพของเส้นใยอาหารที่มีสารต้านอนุมูลอิสระจากมะม่วงสายพันธุ์แก้วเขียว (*Mangifera indica* L.). **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี การประชุมวิชาการมหาสารคามวิจัยครั้งที่ 10**. 333-341.
- สารานุกรมเสรี. (2021). มะม่วง. สืบค้นเมื่อ 1 กันยายน 2565. จาก <https://th.wikipedia.org/wiki/มะม่วง>
- สุรัตน์ โคมินทร์. (2534). อาหารและโภชนาการเพื่อสุขภาพ: แนวทางในการบริโภคน้ำตาลและโยอาหารมีความสำคัญหรือไม่. สถาบันวิจัยโภชนาการและคณะแพทยศาสตร์ โรงพยาบาลรามาธิบดี มหาวิทยาลัยมหิดล.
- หยาดฝน ทนงการกิจ. (2556) การใช้ประโยชน์จากเศษผักผลไม้เหลือทิ้งเพื่อผลิตเป็นโยอาหารผง. **วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม ปีที่ 9** ฉบับที่ 1 มิถุนายน 2556 - พฤษภาคม 2557. 31-38.
- อภิรักษ์ เพียรมงคล. (2549). การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตเส้นโยอาหารผงจากกากส้มเขียวหวาน กากส้มสายน้ำผึ้งกากส้มสีทอง และเปลือกในส้มโอ. รายงานการวิจัย. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- อรพรรณ นาสะอาด สุชาติ ไชยสวัสดิ์ และ ภาณุ พลอยบัว. (2558). การพัฒนากระบวนการสกัดโยอาหารจากมะม่วงระดับต้นแบบเพื่อใช้ประโยชน์ในด้านอาหารเสริมสุขภาพ. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- ออลล์เกษตร. (2565). มะม่วง. สืบค้นเมื่อ 1 กันยายน 2565. จาก <https://www.allkaset.com/plant/มะม่วง.php>
- Afifa, A., Umar, F., Kashif, A., Zafar, H., Afshan, S., Farkhandah, S., Muhammad, A.I.S., Sidhu, Hafeez-ur, R., Sommayya, A. (2016). Review Therapeutic potentials of bioactive compounds from mango fruit wastes. **Trends in Food Science & Technology**, 53, 102-112.
- Ajila, C. M., Bhat, S. G., & Rao, U. J. S. (2006). Valuable components of raw and ripe peels from two Indian mango varieties. **Food Chemistry**, 102, 1006-1011.
- BBC. (2022). 13 juicy facts about mangoes. สืบค้นเมื่อ 1 กันยายน 2565 จาก <https://www.bbc.co.uk/programmes/articles/2hyty1swxN9b0sBfc5nfjC6/13-juicy-facts-about-mangoes>
- Elleuch, M., Bedigian, D., Roiseux, O., Besbes, S., Blecker, C., Attia, H. (2011). Dietary fibre and fibre- rich by-product of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial application: A review. **Food Chemistry**. 124(2), 411-421.
- Figuerola, F., Hurtado, M. L., Estevez, A. M., Chiffelle, I. and Asenjo, F, (2005). Fibre concentrates from apple pomace and citrus peel as potential fibre sources for food enrichment. **Food Chemistry**. 91, 395-401
- Makki Ramachandra Dinesh, Kundapura Venkataramana Ravishankar, P. Nischita, B. S. Sandya, B. Padmakar, S. Ganeshan, R. Chithiraichelvan and T. V. R. S. Sharma. (2015). Exploration, เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Characterization and Phylogenetic Studies in Wild *Mangifera indica* Relatives.

American Journal of Plant Sciences. 6(2015). 2151-2160.

Mahmood, Z., Yameen, M., Jahangeer M., Riaz M., Ghaffar, A. and Javid, I. (2018). Lignin as Natural Antioxidant Capacity. **Intech** 8(2018). 187-188.

Morton, J. (1987). "Mango (*Mangifera indica* L.)". In: Fruits of Warm Climates; New Crop Resource Online Program, Center for New Crops and Plant Products, Purdue University. pp. 221–239.

Wang, K., Li, M., Wang, Y., Liu, Z. and Ni, Y. (2020). Effects of extraction methods on the structural characteristics and functional properties of dietary fiber extracted from kiwifruit (*Actinidia deliciosa*). **Food Hydrocolloids.** 110(2021). 106162.

Wang, S., Fang, Y., Xu, Y., Zhu, B., Piao, J., Zhu, L., Yao, L., Liu, K., Wang, S., Zhang, Q., Qin L. and Wu, J. (2022). The effects of different extraction methods on physicochemical, functional and physiological properties of soluble and insoluble dietary fiber from *Rubus chingii* Hu. fruits. **Journal of Functional Foods.** 93(2022). 105081.

Sabarez, H. T., & Rolando, J. C. (2016). Influence of drying temperature on the properties of alginic acid films obtained by wet spinning. **Carbohydrate Polymers,** 149, 114-120.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

วิธีการทดลอง

ก.1 ขั้นตอนการเตรียมผงเปลือกมะม่วง



รูปที่ ก.1 คัดแยกเปลือกมะม่วง

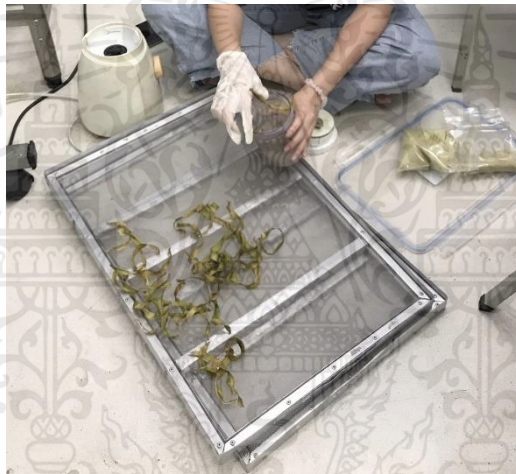


รูปที่ ก.2 ล้างทำความสะอาดเปลือกมะม่วง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.3 นำเปลือกมะม่วงมาอบที่ตู้อบลมร้อนแบบกด 60 องศาเซลเซียส 6 ชั่วโมง



รูปที่ ก.4 นำเปลือกที่อบเสร็จมาปั่นเป็นผงให้ละเอียด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.2 ขั้นตอนการสกัดเส้นใยอาหาร



รูปที่ ก.5 ผงเปลือกมะม่วงชั่งน้ำหนัก 50 กรัม



รูปที่ ก.6 สกัดในอ่างควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส

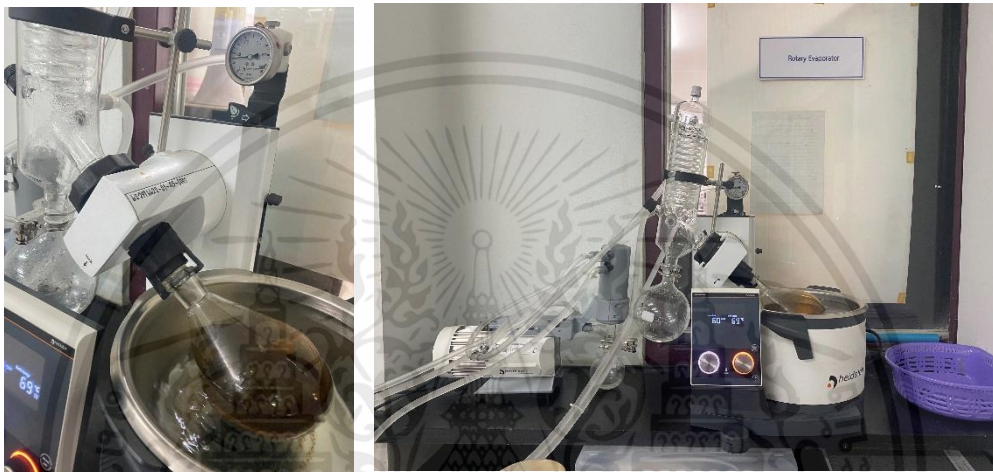


รูปที่ ก.7 นำผงเปลือกมะม่วงที่สกัดเสร็จไปกรองสุญญากาศ

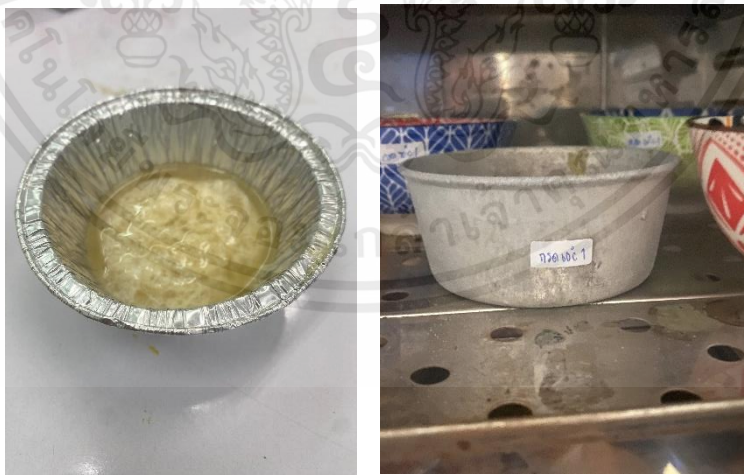
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.8 ส่วนที่ไม่ผ่านการกรองไปอบที่ตู้อบลมร้อน 55 องศาเซลเซียส 48 ชั่วโมง



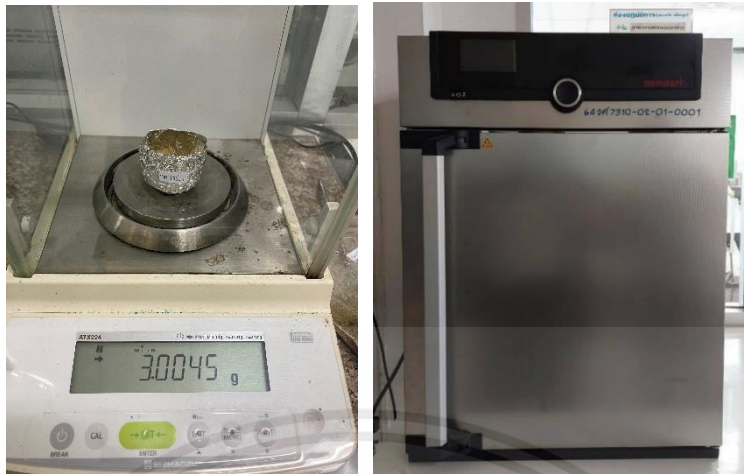
รูปที่ ก.9 ส่วนที่ผ่านการกรองไประเหยที่ Rotary evaporator 70 องศาเซลเซียส จนเหลือ 25 มิลลิตร



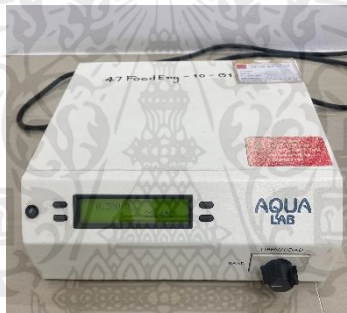
รูปที่ ก.10 นำส่วนที่ระเหยไปแช่เอทานอล 10 นาที จากนั้นกรองส่วนใสออก แล้วนำไปอบที่ตู้อบลมร้อน 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.3 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยอาหารจากเปลือกมะม่วง



รูปที่ ก.11 การวิเคราะห์ความชื้นด้วยตู้อบลมร้อน (Mettler, UFB400, Germany)



รูปที่ ก.12 การวิเคราะห์ห่อเตอร์แอกทีวิตี้ด้วยเครื่องวัดปริมาณความชื้นอิสระ (Aqua lab, Model series 3TE)



รูปที่ ก.13 การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง ด้วยเครื่อง pH meter (EZDO, 7200, China)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.4 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพของเส้นใยอาหารจากเปลือกมะม่วง



รูปที่ ก.14 การวิเคราะห์ความสามารถในการอุ้มน้ำ ด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงความเร็วสูง (EBA 12, Hettich, Singapore)



รูปที่ ก.15 การวิเคราะห์ความสามารถในการอุ้มน้ำมัน ด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงความเร็วสูง (EBA 12, Hettich, Singapore)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข.1 ผลผลิตของเส้นใยอาหารทั้งหมด

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Totalfiber

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	233.033 ^a	8	29.129	44.614	<.001	.952
Intercept	50317.510	1	50317.510	77065.203	<.001	1.000
Extract	84.717	2	42.359	64.875	<.001	.878
Temp	145.171	2	72.586	111.171	<.001	.925
Extract * Temp	3.145	4	.786	1.204	.343	.211
Error	11.753	18	.653			
Total	50562.296	27				
Corrected Total	244.786	26				

a. R Squared = .952 (Adjusted R Squared = .931)

รูปที่ ข.1 การทดสอบผลกระทบระหว่างตัวแปร (Tests of Between-Subjects Effects) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของผลผลิตเส้นใยอาหารทั้งหมด

Pairwise Comparisons

Dependent Variable: Totalfiber

(I) Extract	(J) Extract	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^b	95% Confidence Interval for Difference ^b	
					Lower Bound	Upper Bound
Water	Acid	3.600 [*]	.381	<.001	2.800	4.400
	Alkali	3.898 [*]	.381	<.001	3.097	4.698
Acid	Water	-3.600 [*]	.381	<.001	-4.400	-2.800
	Alkali	.298	.381	.444	-.502	1.098
Alkali	Water	-3.898 [*]	.381	<.001	-4.698	-3.097
	Acid	-.298	.381	.444	-1.098	.502

Based on estimated marginal means

*. The mean difference is significant at the .05 level.

b. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

รูปที่ ข.2 การเปรียบเทียบแบบคู่ (Pairwise Comparisons) ของวิธีการสกัดแต่ละวิธี ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของผลผลิตเส้นใยอาหารทั้งหมด

Pairwise Comparisons

Dependent Variable: Totalfiber

(I) Temp	(J) Temp	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^b	95% Confidence Interval for Difference ^b	
					Lower Bound	Upper Bound
60	70	3.326 [*]	.381	<.001	2.526	4.126
	80	5.650 [*]	.381	<.001	4.850	6.451
70	60	-3.326 [*]	.381	<.001	-4.126	-2.526
	80	2.324 [*]	.381	<.001	1.524	3.124
80	60	-5.650 [*]	.381	<.001	-6.451	-4.850
	70	-2.324 [*]	.381	<.001	-3.124	-1.524

Based on estimated marginal means

*. The mean difference is significant at the .05 level.

b. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

รูปที่ ข.3 การเปรียบเทียบแบบคู่ (Pairwise Comparisons) ของอุณหภูมิสกัดแต่ละอุณหภูมิ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของผลผลิตเส้นใยอาหารทั้งหมด

Total fiber						
Duncan ^{a,b}						
ExtractTemp	N	1	2	3	4	5
Alkali*80	3	38.6322				
Acid*80	3	39.9701				
Alkali*70	3		41.4052			
Acid*70	3		41.5786	41.5786		
Water*80	3			42.9320		
Acid*60	3				44.6580	
Alkali*60	3				45.2758	
Water*70	3				45.5229	
Water*60	3					48.5513
Sig.		.058	.796	.055	.230	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .653.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

รูปที่ ข.4 การจัดกลุ่มด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของผลผลิตเส้นใยอาหารทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.2 ผลผลิตของเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Solublefiber

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	54.434 ^a	8	6.804	7.413	<.001	.767
Intercept	1015.550	1	1015.550	1106.400	<.001	.984
Extract	25.717	2	12.858	14.009	<.001	.609
Temp	27.084	2	13.542	14.753	<.001	.621
Extract * Temp	1.633	4	.408	.445	.775	.090
Error	16.522	18	.918			
Total	1086.506	27				
Corrected Total	70.956	26				

a. R Squared = .767 (Adjusted R Squared = .664)

รูปที่ ข.5 การทดสอบผลกระทบบetween-subjects (Tests of Between-Subjects Effects) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของผลผลิตเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ

Pairwise Comparisons

Dependent Variable: Solublefiber

(I) Extract	(J) Extract	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^b	95% Confidence Interval for Difference ^b	
					Lower Bound	Upper Bound
Water	Acid	.583	.452	.213	-.365	1.532
	Alkali	-1.716 [*]	.452	.001	-2.665	-.767
Acid	Water	-.583	.452	.213	-1.532	.365
	Alkali	-2.299 [*]	.452	<.001	-3.248	-1.351
Alkali	Water	1.716 [*]	.452	.001	.767	2.665
	Acid	2.299 [*]	.452	<.001	1.351	3.248

Based on estimated marginal means

*. The mean difference is significant at the .05 level.

b. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

รูปที่ ข.6 การเปรียบเทียบแบบคู่ (Pairwise Comparisons) ของวิธีการสกัดแต่ละวิธี ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของผลผลิตเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ

Pairwise Comparisons

Dependent Variable: Solublefiber

(I) Temp	(J) Temp	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^b	95% Confidence Interval for Difference ^b	
					Lower Bound	Upper Bound
60	70	.717	.452	.130	-.232	1.666
	80	2.390 [*]	.452	<.001	1.442	3.339
70	60	-.717	.452	.130	-1.666	.232
	80	1.673 [*]	.452	.002	.724	2.622
80	60	-2.390 [*]	.452	<.001	-3.339	-1.442
	70	-1.673 [*]	.452	.002	-2.622	-.724

Based on estimated marginal means

*. The mean difference is significant at the .05 level.

b. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

รูปที่ ข.7 การเปรียบเทียบแบบคู่ (Pairwise Comparisons) ของอุณหภูมิสกัดแต่ละอุณหภูมิ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของผลผลิตเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Solublefiber

Duncan^{a,b}

ExtractTemp	N	Subset			
		1	2	3	4
Acid*80	3	3.8413			
Water*80	3	4.3973	4.3973		
Acid*60	3		5.7735	5.7735	
Acid*70	3		5.9011	5.9011	
Water*70	3		5.9079	5.9079	
Alkali*80	3		6.0967	6.0967	
Water*60	3			6.9612	
Alkali*70	3			7.5456	7.5456
Alkali*60	3				8.7719
Sig.		.486	.065	.058	.134

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on observed means.
The error term is Mean Square(Error) = .918.
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.
b. Alpha = .05.

รูปที่ ข.8 การจัดกลุ่มด้วยวิธี Duncan’s New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของผลผลิตเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ

ข.3 ผลผลิตของเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Insolublefiber

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	199.049 ^a	8	24.881	73.389	<.001	.970
Intercept	37036.215	1	37036.215	109241.977	<.001	1.000
Extract	142.069	2	71.035	209.524	<.001	.959
Temp	53.569	2	26.785	79.004	<.001	.898
Extract * Temp	3.411	4	.853	2.515	.078	.359
Error	6.103	18	.339			
Total	37241.367	27				
Corrected Total	205.152	26				

a. R Squared = .970 (Adjusted R Squared = .957)

รูปที่ ข.9 การทดสอบผลกระทบระหว่างตัวแปร (Tests of Between-Subjects Effects) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของผลผลิตเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ

Pairwise Comparisons

Dependent Variable: Insolublefiber

(I) Extract	(J) Extract	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^b	95% Confidence Interval for Difference ^b	
					Lower Bound	Upper Bound
Water	Acid	3.016 [*]	.274	<.001	2.440	3.593
	Alkali	5.614 [*]	.274	<.001	5.037	6.190
Acid	Water	-3.016 [*]	.274	<.001	-3.593	-2.440
	Alkali	2.597 [*]	.274	<.001	2.021	3.174
Alkali	Water	-5.614 [*]	.274	<.001	-6.190	-5.037
	Acid	-2.597 [*]	.274	<.001	-3.174	-2.021

Based on estimated marginal means
^{*}. The mean difference is significant at the .05 level.
^b. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

รูปที่ ข.10 การเปรียบเทียบแบบคู่ (Pairwise Comparisons) ของวิธีการสกัดแต่ละวิธี ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของผลผลิตเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pairwise Comparisons

Dependent Variable: Insolublefiber

(I) Temp	(J) Temp	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^b	95% Confidence Interval for Difference ^b	
					Lower Bound	Upper Bound
60	70	2.609 [*]	.274	<.001	2.032	3.185
	80	3.260 [*]	.274	<.001	2.683	3.837
70	60	-2.609 [*]	.274	<.001	-3.185	-2.032
	80	.651 [*]	.274	.029	.074	1.228
80	60	-3.260 [*]	.274	<.001	-3.837	-2.683
	70	-.651 [*]	.274	.029	-1.228	-.074

Based on estimated marginal means

*. The mean difference is significant at the .05 level.

b. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

รูปที่ ข.11 การเปรียบเทียบแบบคู่ (Pairwise Comparisons) ของอุณหภูมิสกัดแต่ละอุณหภูมิ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของผลผลิตเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ

ExtractTemp	N	Subset					
		1	2	3	4	5	6
Alkali*80	3	32.5355					
Alkali*70	3		33.8596				
Acid*70	3			35.6775			
Acid*80	3			36.1288			
Alkali*60	3			36.5039			
Water*80	3				38.5347		
Acid*60	3				38.8845	38.8845	
Water*70	3					39.6150	
Water*60	3						41.5901
Sig.		1.000	1.000	.116	.471	.142	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .339.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

รูปที่ ข.12 การจัดกลุ่มด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของผลผลิตเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ

ข.4 ผลวิเคราะห์ความชื้น

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Moisture

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	61.952 ^a	8	7.744	27.291	<.001	.924
Intercept	1294.456	1	1294.456	4561.869	<.001	.996
Extract	51.941	2	25.971	91.524	<.001	.910
Temp	.058	2	.029	.102	.903	.011
Extract * Temp	9.953	4	2.488	8.769	<.001	.661
Error	5.108	18	.284			
Total	1361.515	27				
Corrected Total	67.060	26				

a. R Squared = .924 (Adjusted R Squared = .890)

รูปที่ ข.13 การทดสอบผลกระทบระหว่างตัวแปร (Tests of Between-Subjects Effects) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของผลวิเคราะห์ความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pairwise Comparisons

Dependent Variable: Moisture

(I) Extract	(J) Extract	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^b	95% Confidence Interval for Difference ^b	
					Lower Bound	Upper Bound
Water	Acid	-2.218 [*]	.251	<.001	-2.745	-1.690
	Alkali	-3.338 [*]	.251	<.001	-3.865	-2.810
Acid	Water	2.218 [*]	.251	<.001	1.690	2.745
	Alkali	-1.120 [*]	.251	<.001	-1.648	-.592
Alkali	Water	3.338 [*]	.251	<.001	2.810	3.865
	Acid	1.120 [*]	.251	<.001	.592	1.648

Based on estimated marginal means

*. The mean difference is significant at the .05 level.

b. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

รูปที่ ข.14 การเปรียบเทียบแบบคู่ (Pairwise Comparisons) ของวิธีการสกัดแต่ละวิธี ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของผลวิเคราะห์ความชื้น

Pairwise Comparisons

Dependent Variable: Moisture

(I) Temp	(J) Temp	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^a	95% Confidence Interval for Difference ^a	
					Lower Bound	Upper Bound
60.00	70.00	-.082	.251	.747	-.610	.445
	80.00	.027	.251	.917	-.501	.554
70.00	60.00	.082	.251	.747	-.445	.610
	80.00	-.109	.251	.670	-.419	.636
80.00	60.00	-.027	.251	.917	-.554	.501
	70.00	-.109	.251	.670	-.636	.419

Based on estimated marginal means

a. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

รูปที่ ข.15 การเปรียบเทียบแบบคู่ (Pairwise Comparisons) ของอุณหภูมิสกัดแต่ละอุณหภูมิ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของผลวิเคราะห์ความชื้น

		Moisture			
Duncan ^{a,b}		Subset			
ExtractTemp	N	1	2	3	4
Water*80	3	4.3867			
Water*70	3	4.5900			
Water*60	3		6.2400		
Acid*60	3		6.8567	6.8567	
Acid*70	3			7.4267	
Acid*80	3			7.5867	
Alkali*60	3			7.6200	
Alkali*80	3				8.6633
Alkali*70	3				8.9467
Sig.		.646	.173	.123	.523

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .284.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

รูปที่ ข.16 การจัดกลุ่มด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของผลวิเคราะห์ความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.5 ผลวิเคราะห์ห่อเตอร์แอกทีวิตี้

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Aw

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	.132 ^a	8	.017	79.992	<.001	.973
Intercept	6.635	1	6.635	32049.772	<.001	.999
Extract	.040	2	.020	97.681	<.001	.916
Temp	.023	2	.011	55.128	<.001	.860
Extract * Temp	.069	4	.017	83.579	<.001	.949
Error	.004	18	.000			
Total	6.772	27				
Corrected Total	.136	26				

a. R Squared = .973 (Adjusted R Squared = .960)

รูปที่ ข.17 การทดสอบผลกระทบระหว่างตัวแปร (Tests of Between-Subjects Effects)

ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของผลวิเคราะห์ห่อเตอร์แอกทีวิตี้

Pairwise Comparisons

Dependent Variable: Aw

(I) Extract	(J) Extract	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^b	95% Confidence Interval for Difference ^b	
					Lower Bound	Upper Bound
Water	Acid	-.070 [*]	.007	<.001	-.085	-.056
	Alkali	-.090 [*]	.007	<.001	-.104	-.076
Acid	Water	.070 [*]	.007	<.001	.056	.085
	Alkali	-.020 [*]	.007	.009	-.034	-.006
Alkali	Water	.090 [*]	.007	<.001	.076	.104
	Acid	.020 [*]	.007	.009	.006	.034

Based on estimated marginal means

*. The mean difference is significant at the .05 level.

b. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

รูปที่ ข.18 การเปรียบเทียบแบบคู่ (Pairwise Comparisons) ของวิธีการสกัดแต่ละวิธี ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของผลวิเคราะห์ห่อเตอร์แอกทีวิตี้

Pairwise Comparisons

Dependent Variable: Aw

(I) Temp	(J) Temp	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^b	95% Confidence Interval for Difference ^b	
					Lower Bound	Upper Bound
60	70	.018 [*]	.007	.019	.003	.032
	80	.069 [*]	.007	<.001	.054	.083
70	60	-.018 [*]	.007	.019	-.032	-.003
	80	.051 [*]	.007	<.001	.037	.065
80	60	-.069 [*]	.007	<.001	-.083	-.054
	70	-.051 [*]	.007	<.001	-.065	-.037

Based on estimated marginal means

*. The mean difference is significant at the .05 level.

b. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

รูปที่ ข.19 การเปรียบเทียบแบบคู่ (Pairwise Comparisons) ของอุณหภูมิสกัดแต่ละอุณหภูมิ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของผลวิเคราะห์ห่อเตอร์แอกทีวิตี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Aw

Duncan^{a,b}

ExtractTemp	N	Subset						
		1	2	3	4	5	6	7
Water*80	3	.3660						
Water*70	3		.3937					
Acid*60	3			.4703				
Alkali*80	3			.4903	.4903			
Acid*80	3				.5113	.5113		
Alkali*60	3					.5360	.5360	
Acid*70	3						.5560	.5560
Water*60	3							.5670
Alkali*70	3							.5710
Sig.		1.000	1.000	.106	.091	.050	.106	.242

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .000.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

รูปที่ ข.20 การจัดกลุ่มด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของผลวิเคราะห์ห่อเตอร์แอกทีวิตี้

ข.6 ผลวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: pH

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	353.602 ^a	8	44.200	157027.204	<.001	1.000
Intercept	994.448	1	994.448	3532907.842	<.001	1.000
Extract	350.737	2	175.369	623020.421	<.001	1.000
Temp	1.174	2	.587	2085.039	<.001	.996
Extract * Temp	1.691	4	.423	1501.678	<.001	.997
Error	.005	18	.000			
Total	1348.055	27				
Corrected Total	353.607	26				

a. R Squared = 1.000 (Adjusted R Squared = 1.000)

รูปที่ ข.21 การทดสอบผลกระทบระหว่างตัวแปร (Tests of Between-Subjects Effects) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของผลวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง

Pairwise Comparisons

Dependent Variable: pH

(I) Extract	(J) Extract	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^b	95% Confidence Interval for Difference ^b	
					Lower Bound	Upper Bound
Water	Acid	1.791 [*]	.008	<.001	1.774	1.808
	Alkali	-6.591 [*]	.008	<.001	-6.608	-6.574
Acid	Water	-1.791 [*]	.008	<.001	-1.808	-1.774
	Alkali	-8.382 [*]	.008	<.001	-8.399	-8.366
Alkali	Water	6.591 [*]	.008	<.001	6.574	6.608
	Acid	8.382 [*]	.008	<.001	8.366	8.399

Based on estimated marginal means

*. The mean difference is significant at the .05 level.

b. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

รูปที่ ข.22 การเปรียบเทียบแบบคู่ (Pairwise Comparisons) ของวิธีการสกัดแต่ละวิธี ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของผลวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pairwise Comparisons

Dependent Variable: pH

(I) Temp	(J) Temp	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^b	95% Confidence Interval for Difference ^b	
					Lower Bound	Upper Bound
60	70	-.177 [*]	.008	<.001	-.193	-.160
	80	-.503 [*]	.008	<.001	-.520	-.487
70	60	.177 [*]	.008	<.001	.160	.193
	80	-.327 [*]	.008	<.001	-.343	-.310
80	60	.503 [*]	.008	<.001	.487	.520
	70	.327 [*]	.008	<.001	.310	.343

Based on estimated marginal means

*. The mean difference is significant at the .05 level.

b. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

รูปที่ ข.23 การเปรียบเทียบแบบคู่ (Pairwise Comparisons) ของอุณหภูมิสกัดแต่ละอุณหภูมิ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของผลวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง

ExtractTemp	N	pH								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Acid*60	3	2.5800								
Acid*80	3		2.6533							
Acid*70	3			2.8000						
Water*70	3				4.3700					
Water*60	3					4.4567				
Water*80	3						4.5800			
Alkali*60	3							10.4900		
Alkali*70	3								10.8867	
Alkali*80	3									11.8033
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .000.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

รูปที่ ข.24 การจัดกลุ่มด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของผลวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง

ข.7 ผลวิเคราะห์ความสามารถในการอุ้มน้ำ

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: WHC

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	128.269 ^a	8	16.034	977.621	<.001	.998
Intercept	249.101	1	249.101	15188.456	<.001	.999
Extract	126.361	2	63.180	3852.289	<.001	.998
Temp	.039	2	.020	1.193	.326	.117
Extract * Temp	1.870	4	.467	28.501	<.001	.864
Error	.295	18	.016			
Total	377.666	27				
Corrected Total	128.565	26				

a. R Squared = .998 (Adjusted R Squared = .997)

รูปที่ ข.25 การทดสอบผลกระทบระหว่างตัวแปร (Tests of Between-Subjects Effects)

ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของผลวิเคราะห์ความสามารถในการอุ้มน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pairwise Comparisons

Dependent Variable: WHC

(I) Extract	(J) Extract	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^b	95% Confidence Interval for Difference ^b	
					Lower Bound	Upper Bound
Water	Acid	4.860 [*]	.060	<.001	4.733	4.987
	Alkali	4.259 [*]	.060	<.001	4.133	4.386
Acid	Water	-4.860 [*]	.060	<.001	-4.987	-4.733
	Alkali	-.600 [*]	.060	<.001	-.727	-.474
Alkali	Water	-4.259 [*]	.060	<.001	-4.386	-4.133
	Acid	.600 [*]	.060	<.001	.474	.727

Based on estimated marginal means

*. The mean difference is significant at the .05 level.

b. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

รูปที่ ข.26 การเปรียบเทียบแบบคู่ (Pairwise Comparisons) ของวิธีการสกัดแต่ละวิธี ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของผลวิเคราะห์ความสามารถในการอุ้มน้ำ

Pairwise Comparisons

Dependent Variable: WHC

(I) Temp	(J) Temp	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^a	95% Confidence Interval for Difference ^a	
					Lower Bound	Upper Bound
60	70	.015	.060	.806	-.112	.142
	80	-.072	.060	.247	-.199	.055
70	60	-.015	.060	.806	-.142	.112
	80	-.087	.060	.166	-.214	.040
80	60	.072	.060	.247	-.055	.199
	70	.087	.060	.166	-.040	.214

Based on estimated marginal means

a. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

รูปที่ ข.27 การเปรียบเทียบแบบคู่ (Pairwise Comparisons) ของอุณหภูมิสกัดแต่ละอุณหภูมิ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของผลวิเคราะห์ความสามารถในการอุ้มน้ำ

WHC

Duncan^{a,b}

ExtractTemp	N	Subset					
		1	2	3	4	5	6
Acid*60	3	1.1151					
Acid*80	3	1.2418					
Acid*70	3	1.2952					
Alkali*80	3		1.5474				
Alkali*70	3		1.6464				
Alkali*60	3			2.2595			
Water*60	3				5.6806		
Water*70	3					6.0684	
Water*80	3						6.4824
Sig.		.119	.356	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .016.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

รูปที่ ข.28 การจัดกลุ่มด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของผลวิเคราะห์ความสามารถในการอุ้มน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.8 ผลวิเคราะห์ความสามารถในการอุ้มน้ำมัน

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: OHC

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	128.269 ^a	8	16.034	977.621	<.001	.998
Intercept	249.101	1	249.101	15188.456	<.001	.999
Extract	126.361	2	63.180	3852.289	<.001	.998
Temp	.039	2	.020	1.193	.326	.117
Extract * Temp	1.870	4	.467	28.501	<.001	.864
Error	.295	18	.016			
Total	377.666	27				
Corrected Total	128.565	26				

a. R Squared = .998 (Adjusted R Squared = .997)

รูปที่ ข.29 การทดสอบผลกระทบระหว่างตัวแปร (Tests of Between-Subjects Effects)

ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของผลวิเคราะห์ความสามารถในการอุ้มน้ำมัน

Pairwise Comparisons

Dependent Variable: OHC

(I) Extract	(J) Extract	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^b	95% Confidence Interval for Difference ^b	
					Lower Bound	Upper Bound
Water	Acid	4.860 [*]	.060	<.001	4.733	4.987
	Alkali	4.259 [*]	.060	<.001	4.133	4.386
Acid	Water	-4.860 [*]	.060	<.001	-4.987	-4.733
	Alkali	-.600 [*]	.060	<.001	-.727	-.474
Alkali	Water	-4.259 [*]	.060	<.001	-4.386	-4.133
	Acid	.600 [*]	.060	<.001	.474	.727

Based on estimated marginal means

*. The mean difference is significant at the .05 level.

b. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

รูปที่ ข.30 การเปรียบเทียบแบบคู่ (Pairwise Comparisons) ของวิธีการสกัดแต่ละวิธี ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของผลวิเคราะห์ความสามารถในการอุ้มน้ำมัน

Pairwise Comparisons

Dependent Variable: OHC

(I) Temp	(J) Temp	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^a	95% Confidence Interval for Difference ^a	
					Lower Bound	Upper Bound
60.00	70.00	.015	.060	.806	-.112	.142
	80.00	-.072	.060	.247	-.199	.055
70.00	60.00	-.015	.060	.806	-.142	.112
	80.00	-.087	.060	.166	-.214	.040
80.00	60.00	.072	.060	.247	-.055	.199
	70.00	.087	.060	.166	-.040	.214

Based on estimated marginal means

a. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

รูปที่ ข.31 การเปรียบเทียบแบบคู่ (Pairwise Comparisons) ของอุณหภูมิสกัดแต่ละอุณหภูมิ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของผลวิเคราะห์ความสามารถในการอุ้มน้ำมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OHC

Duncan^{a,b}

ExtractTemp	N	Subset						
		1	2	3	4	5	6	7
Acid*70	3	.7961						
Acid*80	3	.9693	.9693					
Acid*60	3	.9994	.9994					
Alkali*80	3		1.0520					
Alkali*70	3			1.3498				
Alkali*60	3				1.5745			
Water*80	3					1.8255		
Water*70	3						2.0877	
Water*60	3							2.4606
Sig.		.085	.470	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .017.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

รูปที่ ข.32 การจัดกลุ่มด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของผลวิเคราะห์ความสามารถในการอุ้มน้ำมัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้