



การพัฒนาผลิตภัณฑ์บำรุงผิวที่มีส่วนผสมของสารสกัดจากเมล็ดขนุน

DEVELOPMENT OF SKINCARE PRODUCT CONTAINING
JACKFRUIT SEED EXTRACT

ฐนรัช เนืองจำนงค์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง

สำนักวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง

มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

2567

©ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

การพัฒนาผลิตภัณฑ์บำรุงผิวที่มีส่วนผสมของสารสกัดจากเมล็ดขนุน

DEVELOPMENT OF SKINCARE PRODUCT CONTAINING
JACKFRUIT SEED EXTRACT

ฐนรัช เนืองจำนงค์

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง

สำนักวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง

มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

2567

©ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง



หน้าอนุมัติการค้นคว้าอิสระ

มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง

วิทยานิพนธ์เรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์บำรุงผิวที่มีส่วนผสมของสารสกัดจากเมล็ดขนุน

Development of Skincare Product Containing Jackfruit Seed Extract

ผู้ประพันธ์ ฐนัชช เนืองจำนงค์

คณะกรรมการสอบ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชลพิสุทธิ์ ตันตาปกุล

ประธานกรรมการ

อาจารย์ ดร.ถนันท ศรีพิสุทธิ์

กรรมการ

อาจารย์ ดร.นภัตสร ดิษฐาภูมิกุล

กรรมการ

อาจารย์ ดร.ฐาปกรณ์ ตรีอุดม

กรรมการ

อาจารย์ที่ปรึกษา

.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(อาจารย์ ดร.ถนันท ศรีพิสุทธิ์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(อาจารย์ ดร.นภัตสร ดิษฐาภูมิกุล)

คณบดี

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.วันดี รังสีวิจิตรประภา)

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำการค้นคว้าอิสระฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความรู้และความช่วยเหลือโดยคณาจารย์ทุกท่านในสำนักวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง ที่ได้ถ่ายทอดองค์ความรู้ ให้คำแนะนำ ตลอดจนชี้แนะแนวทางอันเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาค้นคว้าอิสระในครั้งนี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาจารย์ที่ปรึกษา ดร.ถนันท ศรีพิสุทธิ และอาจารย์ ดร.นภัสสร ดิษฐาภูมิกุล ที่ได้ให้คำปรึกษาตั้งแต่ขั้นตอนการกำหนดหัวข้อการค้นคว้าอิสระ ออกแบบการทดลอง การรวบรวมข้อมูลจนสามารถดำเนินงานให้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณไว้เป็นอย่างสูง

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณครอบครัวอันเป็นที่รักยิ่ง ที่คอยเป็นแรงสนับสนุนและกำลังใจสำคัญตลอดระยะเวลาการดำเนินงาน รวมถึงคุณณิชา ประเสริฐ และคุณโสภณ เตศรีบุรพกุล เจ้าหน้าที่ประจำสำนักวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง ที่ให้ความช่วยเหลือ แนะนำ และอำนวยความสะดวกในการดำเนินงานมาโดยตลอด ข้าพเจ้าขอขอบคุณเพื่อนร่วมรุ่นในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง ทุกท่าน ที่ร่วมเป็นกำลังใจอันมีค่ายิ่ง จนทำให้การจัดทำค้นคว้าอิสระฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ผู้เขียนมีความมุ่งหวังเป็นอย่างยิ่งว่า ผลการศึกษาที่ได้จากการค้นคว้าครั้งนี้จะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อวงการวิชาการ ตลอดจนสามารถนำไปประยุกต์ใช้หรือต่อยอดในเชิงพาณิชย์ได้ในอนาคต

ฐานัช เนืองจำนงค์

ชื่อเรื่องการค้นคว้าอิสระ	การพัฒนาผลิตภัณฑ์บำรุงผิวที่มีส่วนผสมของสารสกัดจากเมล็ด ขนุน
ผู้ประพันธ์	ฐนรัช เนืองจำนงค์
หลักสูตร	วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง)
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร.ถวณันท์ ศรีพิสุทธิ์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์ ดร.นภัตสร ดิษฐาภูมิกุล

บทคัดย่อ

การวิจัยเชิงทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการสกัดสารจากเมล็ดขนุน รวมถึงคุณสมบัติทางเคมี ฤทธิ์ทางชีวภาพ การพัฒนาตำรับผลิตภัณฑ์ และการประเมินความคงตัวของสูตรผลิตภัณฑ์ที่มีสารสกัดเป็นองค์ประกอบ ผลการศึกษาพบว่า สารสกัดจากเมล็ดขนุนมีลักษณะกึ่งแข็ง สีน้ำตาลเข้ม ให้ผลผลิตร้อยละ 6.39 ± 0.32 โดยน้ำหนักของพืชแห้ง การวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันทางเคมีด้วยเทคนิค FTIR-ATR พบสัญญาณของหมู่ไฮดรอกซิล หมู่เมทิลีน และพันธะไกลโคซิดิก ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของกลุ่มพอลิแซ็กคาไรด์ แสดงถึงความสำเร็จในกลุ่มพอลิแซ็กคาไรด์ในระดับที่สูง

การวิเคราะห์ปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์รวมด้วยวิธีกรดฟีนอล-ซัลฟิวริก พบว่ามีปริมาณเทียบเท่าน้ำตาลกลูโคสเท่ากับ 331.71 ± 6.06 มิลลิกรัมต่อกรัมของสารสกัด มีน้ำตาลรีดิวซ์ด้วยการวิเคราะห์ด้วยกรดตีเอ็นเอสเท่ากับ 259.23 ± 1.30 มิลลิกรัมต่อกรัมของสารสกัดและคำนวณปริมาณน้ำตาลที่ไม่รีดิวซ์มีค่าเท่ากับ 72.48 ± 7.36 มิลลิกรัมต่อกรัมของสารสกัด ซึ่งแสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการเป็นสารพรีไบโอติก

การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีการวัดการยับยั้งอนุมูลอิสระด้วยวิธีดีพีพีเอช (DPPH) พบว่าสารสกัดจากเมล็ดขนุนมีค่าความเข้มข้นที่สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระได้ครึ่งหนึ่ง (IC50) เท่ากับ 3.90 ± 0.18 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งมีค่าต่ำกว่าสารมาตรฐานโทรอกซ์ 4.60 ± 0.42 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร สะท้อนถึงศักยภาพในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ นอกจากนี้ได้นำสารสกัดไปพัฒนาเพื่อเป็นสารออกฤทธิ์ในผลิตภัณฑ์บำรุงผิว และทำการประเมินความคงตัวของสูตรผลิตภัณฑ์ภายใต้สภาวะเร่งการเก็บรักษา พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง ความหนืด สี และกลิ่นมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย สะท้อนถึงความจำเป็นในการปรับปรุงสูตรเพิ่มเติม เพื่อเพิ่มเสถียรภาพก่อนนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางจากธรรมชาติต่อไป

คำสำคัญ: เมล็ดขนุน, พอลิแซ็กคาไรด์, ฟรีไบโอติก, สารต้านอนุมูลอิสระ, ผลิตภัณฑ์บำรุงผิว



Independent Study Title	Development of Skincare Product Containing Jackfruit Seed Extract
Author	Thanathat Nungjamnong
Degree	Master of Science (Cosmetic Science)
Advisor	Tawanun Sripisut, Ph. D.
Co-advisor	Naphatsorn Ditthawutthikul, Ph. D.

ABSTRACT

This experimental research aimed to investigate the extract from jackfruit seeds, along with the characterization of their chemical properties, biological activities, formulation development, and evaluation of product stability. The extraction process yielded a semi-solid dark brown extract. The percentage of yield was 6.39 ± 0.32 of dry plant weight. ATR-FTIR analysis revealed characteristic absorption peaks corresponding to hydroxyl (-OH), C-H stretching, and glycosidic (C-O-C) linkages, which are indicative of polysaccharide structures.

Notably, the extract demonstrated a high polysaccharide purity. Total polysaccharide content, determined by the Phenol-Sulfuric acid assay, was 331.71 ± 6.06 mg glucose equivalent/gram of extract. Reducing sugar content, assessed using the DNS method, was 259.23 ± 1.30 mg reducing sugar/gram of extract. Non-reducing sugars were calculated to be 72.48 ± 7.36 mg glucose equivalent/gram of extract, indicating the presence of oligosaccharides or complex polysaccharides with potential prebiotic activity.

Antioxidant activity evaluated by the DPPH radical scavenging assay demonstrated an IC_{50} value of 3.90 ± 0.18 $\mu\text{g/mL}$, which is lower than that of the standard antioxidant Trolox (IC_{50} value of 4.60 ± 0.42 $\mu\text{g/mL}$), highlighting potent antioxidant potential. Furthermore, a topical formulation containing the extract was developed and subjected to accelerated stability testing. The formulation showed slight changes in color, odor, pH, and viscosity, indicating the need for further optimization before application in natural cosmetic products.

Keywords: Jackfruit Seed, Polysaccharide, Prebiotic, Antioxidant, Skincare Product



สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	1
1.1 ที่มาของปัญหาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
1.3 สมมุติฐานของการวิจัย	2
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ฟรีไปโอดีทส์	4
2.2 ไมโครไบโอม	6
2.3 ชนุน	6
2.4 อนุมูลอิสระและสารต้านอนุมูลอิสระ	8
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	9
2.6 สรุปการทบทวนวรรณกรรม	10
3 ระเบียบวิธีวิจัย	11
3.1 วัตถุประสงค์ และสารเคมีที่ใช้	11
3.2 อุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้	11
3.3 วิธีการดำเนินการวิจัย	12
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล	16
4 ผลการศึกษาและอภิปรายผล	17
4.1 การเตรียมตัวอย่างเมล็ดชนุน และการสกัด	17
4.2 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดเมล็ดชนุน	18
4.3 การพัฒนาผลิตภัณฑ์บำรุงผิวที่มีส่วนผสมของสารสกัดจากเมล็ดชนุนและ การประเมินความคงตัวของตำรับ	21

สารบัญ

บทที่	หน้า
5 สรุปอภิปรายผลและข้อเสนอแนะ	23
5.1 สรุป	23
5.2 ข้อเสนอแนะ	24
รายการอ้างอิง	25
ภาคผนวก	29
ภาคผนวก ก ผลวิเคราะห์อินฟราเรดฟูเรียร์ทรานสฟอร์มร่วมกับเทคนิคการสะท้อนของสารสกัดเมล็ดขนุน (ATR-FTIR)	29
ภาคผนวก ข กราฟมาตรฐานค่าการดูดกลืนแสงที่ 490 nm ของสารละลายกลูโคส	30
ภาคผนวก ค กราฟมาตรฐานค่าการดูดกลืนแสงที่ 540 nm ของสารละลายกลูโคส	31
ประวัติผู้ประพันธ์	32

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 ตัวอย่าง Oligosaccharides ที่ใช้เป็นพรีไบโอติกส์ที่มีจำหน่ายอยู่ในท้องตลาด	5
2.2 องค์ประกอบของขนุนแก่ ชั่งขนุนและเมล็ดขนุนดิบ	8
3.1 แสดงส่วนประกอบของตำรับพื้นและตำรับทดลอง	15
4.1 แสดงลักษณะทางกายภาพของตำรับ ก่อนและหลังการทดสอบความคงตัว	21



สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
2.1 โครงสร้างทางเคมีของโอลิโกแซ็กคาไรด์ที่มีคุณสมบัติทางฟังก์ชัน	5
2.2 ลักษณะผลของขุ่น	7
4.1 ลักษณะของสารสกัดเมล็ดขุ่น	17
4.2 ผลวิเคราะห์อินฟราเรดฟูเรียร์ทรานสฟอร์มของสารสกัดเมล็ดขุ่น	18



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาของปัญหาและความสำคัญ

ปัจจุบันการใช้สารสกัดจากธรรมชาติในผลิตภัณฑ์บำรุงผิวได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย การใช้สารพรีไบโอติก (Prebiotics) โปรไบโอติก (Probiotics) และ โปสไบโอติก (Postbiotics) ได้รับความสนใจในการนำมาใช้เป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ดูแลผิว เนื่องจากมีผลการศึกษาหลายฉบับชี้ให้เห็นว่าสารเหล่านี้อาจมีบทบาทในการปรับสมดุลของไมโครไบโอมผิวหนัง ซึ่งส่งผลต่อการลดเลื้อน รื้อรอย ความหมองคล้ำ และช่วยเพิ่มความชุ่มชื้นผิว (Woolery-Lloyd et al., 2022) นอกจากนี้การดูแลสุขภาพผิวอย่างยั่งยืน โดยเฉพาะการสร้างสมดุลของจุลินทรีย์ผิวหนังเป็นสิ่งสำคัญ เนื่องจากมีบทบาทในการส่งเสริมภูมิคุ้มกันผิว การลดการอักเสบ และการป้องกันโรคผิวหนังเรื้อรังต่าง ๆ (Byrd et al., 2018) พรีไบโอติกมีบทบาทสำคัญในการฟื้นฟูสมดุลของจุลินทรีย์ผิวหนัง ลดการอักเสบ และเสริมสร้างเกราะป้องกันผิว สารที่นิยมใช้ในเครื่องสำอาง เช่น อินนูลินและฟรุกโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ ซึ่งช่วยป้องกันการสูญเสียน้ำทางผิวหนังและลดการระคายเคือง (Lew et al., 2020) นอกจากนี้ การศึกษาผลิตภัณฑ์บำรุงผิวที่มีส่วนผสมของพรีไบโอติกและไลเซตของโปรไบโอติกพบว่า สามารถปรับสมดุลไมโครไบโอมผิว สามารถลดการระคายเคืองและเพิ่มความชุ่มชื้นผิวและเพิ่มความชุ่มชื้นในกลุ่มผู้ที่มีผิวบอบบางได้อย่างมีนัยสำคัญ (Zhang et al., 2024) ขณะที่การศึกษาโดย Kim et al. (2023) แสดงให้เห็นว่าการใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีพรีไบโอติกสามารถเพิ่มความหลากหลายของจุลินทรีย์ผิว และช่วยให้คงความชุ่มชื้นให้ผิวหนังได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ขนุนเป็นไม้ยืนต้นขนาดใหญ่สามารถปลูกได้ทั่วทุกภาคของประเทศไทย ผลมีขนาดใหญ่ มักนิยมนำมารับประทานทั้งสุกและดิบ เนื้อสามารถนำมาแปรรูปเป็นขนุนแช่อิ่ม ขนุนเชื่อม แยม ฯลฯ เปลือกขนุนนำไปใช้ทำถ่านกัมมันต์ (Prahas et al., 2008) เมล็ดขนุนนำมาใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย เช่น การนำเมล็ดขนุนมาทำเป็นแป้ง มีการศึกษาโดยใช้แป้งจากเมล็ดขนุนดัดแปลงในการผลิตเป็นแป้งแผ่นอะเก๋า (จิรนาถ บุญคง, 2557) การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบเมล็ดขนุน (ธีรวรรณ สุวรรณ และสุกัญญา วงวาท, 2554) อีกทั้งมีการศึกษาเกี่ยวกับความเหมาะสมในการเตรียมแป้งเมล็ดขนุนสำหรับการผลิตขนมขบเคี้ยวประเภทแผ่นกรอบ โดยสามารถเพิ่มมูลค่าให้กับเมล็ดขนุน

นอกจากนี้การศึกษาเกี่ยวสารพรีไบโอติกซึ่งเป็นแหล่งอาหารสำหรับจุลินทรีย์สามารถพบได้ในพืชหลายชนิด เช่น อินนูลินจากแก่นตะวัน โอลิโกแซ็กคาไรด์จากกระเจี๊ยบเขียว กระเทียม อ้อย เบต้ากลูแคนจากเมล็ดธัญพืช ยีสต์ เห็ด และพบว่าเมล็ดขนุนเป็นแหล่งผลิตสารพรีไบโอติกมีศักยภาพสูงที่สุด (Thammarutwasik, 2007)

ดังนั้น การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสูตรตำรับผลิตภัณฑ์บำรุงผิวที่มาจากสารสกัดเมล็ดขนุนที่มีส่วนผสมของสารพรีไบโอติก ตรวจสอบคุณภาพ ทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ พัฒนาตำรับ และประเมินความคงตัวของผลิตภัณฑ์ เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับเมล็ดขนุนและส่งเสริมการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างคุ้มค่า

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

- 1.2.1 เพื่อศึกษากระบวนการสกัดสารพรีไบโอติกจากเมล็ดขนุน
- 1.2.2 เพื่อนำสารสกัดจากเมล็ดขนุนไปพัฒนาตำรับผลิตภัณฑ์บำรุงผิว

1.3 สมมุติฐานของการวิจัย

- 1.3.1 สารสกัดจากเมล็ดขนุนให้คุณสมบัติในการเป็นพรีไบโอติกที่เหมาะสม และแสดงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้
- 1.3.2 สารสกัดจากเมล็ดขนุนสามารถพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์บำรุงผิวที่มีความคงตัวที่ดี

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มุ่งเน้นศึกษาศักยภาพของสารสกัดที่ได้จากเมล็ดขนุน เพื่อนำมาใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์บำรุงผิว โดยมีขอบเขตการดำเนินงานเริ่มตั้งแต่การคัดเลือกและเตรียมเมล็ดขนุนสดสำหรับกระบวนการสกัดสารสำคัญทางชีวภาพ จากนั้นดำเนินการวิเคราะห์คุณลักษณะทางเคมีและชีวภาพของสารสกัดโดยใช้เทคนิคที่ได้มาตรฐาน ได้แก่ การวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันทางเคมี การวิเคราะห์ปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์และวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาล

นอกจากนี้ยังมีการทดสอบและประเมินฤทธิ์ด้านอนุมูลอิสระ ภายหลังการประเมินคุณสมบัติเบื้องต้นแล้ว จึงนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์บำรุงผิว พร้อมทั้งดำเนินการทดสอบความคงตัวของกายภาพของตำรับภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด เพื่อประเมินความเหมาะสมในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ต้นแบบต่อไป

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ได้รับองค์ความรู้เกี่ยวกับการสกัดสารจากเมล็ดขนุนและนำไปประยุกต์เป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง

1.5.2 ได้ผลิตภัณฑ์บำรุงผิวที่มีส่วนผสมของสารสกัดเมล็ดขนุน ซึ่งมีความคงตัวของกายภาพและมีศักยภาพในการนำไปพัฒนาต่อในเชิงพาณิชย์



บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาโดยอิสระนี้เป็นการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง โดยอ้างอิงจากแนวคิด ทฤษฎี และผลงานวิจัยที่มีความสัมพันธ์กับประเด็นที่ศึกษา ซึ่งสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

2.1 พรีไบโอติกส์ (Prebiotics)

พรีไบโอติกส์ (Prebiotics) คือ แหล่งอาหารสำหรับจุลินทรีย์กลุ่มโพรไบโอติกส์ที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย ซึ่งร่างกายไม่สามารถย่อยได้ที่บริเวณลำไส้เล็ก เมื่อเข้าสู่ลำไส้ใหญ่พรีไบโอติกส์จะถูกย่อยสลายโดยแบคทีเรียโพรไบโอติกส์ เช่น *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium spp.* ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการเสริมสร้างระบบภูมิคุ้มกัน ป้องกันอาการท้องเสียซึ่งเกิดมาจากเชื้อแบคทีเรีย ลดความเสี่ยงของโรคลำไส้อักเสบ ตลอดจนการติดเชื้อในระบบทางเดินอาหาร ทั้งยังสนับสนุนกระบวนการดูดซึม การย่อยอาหาร และส่งผลเชิงบวกต่อการดูดซึมไขมัน (Tuohy et al., 2003) โดยทั่วไปพรีไบโอติกส์เป็นคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ถูกย่อยโดยเอนไซม์ในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์ ซึ่งประกอบด้วยโอลิโกแซ็กคาไรด์และพอลิแซ็กคาไรด์ที่มีหน่วยของน้ำตาลตั้งแต่ 3 หน่วยขึ้นไป (Wang, 2009) แหล่งของพรีไบโอติกส์มักพบอยู่ในพืช ทั้งนี้ การผลิตสารพรีไบโอติกส์สามารถทำได้สามวิธีหลัก ได้แก่ การสกัดโดยตรงจากพืช การสังเคราะห์โดยใช้เอนไซม์หรือจุลินทรีย์ และการไฮโดรไลซิสของพอลิแซ็กคาไรด์ (Crittenden et al., 1996; Gulewicz et al., 2003) สารพรีไบโอติกส์ที่นิยมใช้ในเชิงพาณิชย์ เช่น ไอโซมัลโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ แลกทูโลส และแลกโตซูโครส ซึ่งนิยมใช้เป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร อาหารฟังก์ชัน หรือผลิตภัณฑ์ในรูปแบบแคปซูลและผง เพื่อส่งเสริมสุขภาพลำไส้และความสมดุลของจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหาร โดยตัวอย่างสารพรีไบโอติกส์ที่จำหน่ายอยู่ในปัจจุบันแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่าง Oligosaccharides ที่ใช้เป็นพรีไบโอติกส์ที่มีจำหน่ายอยู่ในท้องตลาด

Oligosaccharides ที่มีจำหน่ายอยู่ในท้องตลาด

Lactulose

Galacto-Oligosaccharides

Fructo-Oligosaccharides

Xylo-Oligosaccharides

Isomalto-Oligosaccharides

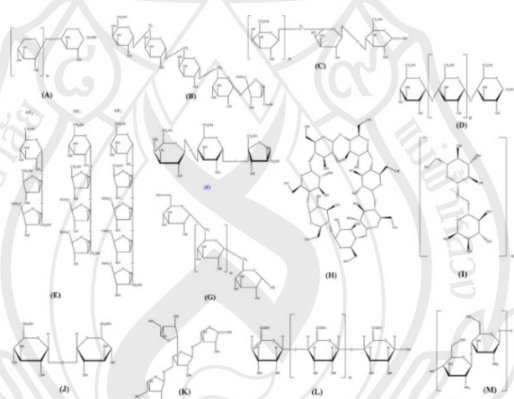
Soybean Oligosaccharides

Lactosucrose

Gentio-Oligosaccharides

Inulin

ที่มา วรณพิชญ์ จุลกลป (2552)



ที่มา Patel and Goyal (2011)

ภาพที่ 2.1 แสดงโครงสร้างทางเคมีของโอลิโกแซ็กคาไรด์ที่มีคุณสมบัติทางฟังก์ชัน ได้แก่ (a) ซิโลโอลิโกแซ็กคาไรด์ (Xylo-oligosaccharides), (b) โอลิโกแซ็กคาไรด์ในกลุ่มแรฟฟิโนส (Raffinose family oligosaccharides), (c) กาแลคโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ (Galacto-oligosaccharides), (d) มอลโทโอลิโกแซ็กคาไรด์ (Malto-oligosaccharides), (e) ฟรุคโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ (Fructo-oligosaccharides), (f) แลคโตซูโครส (Lactosucrose), (g) ไอโซมอลโทโอลิโกแซ็กคาไรด์ (Iso-malto-oligosaccharides), (h) ไซโคลเด็กซ์ทริน (Cyclodextrin), (i) โพลีเด็กซ์โตรส (Polydextrose), (j) ทรีฮาโลส (Trehalose), (k) อาราบินโอลิโกแซ็กคาไรด์ (Arabino-oligosaccharides), (l) แอลจีเนตโอลิโกแซ็กคาไรด์ (Alginate-oligosaccharides), และ (m) ไคโตซานโอลิโกแซ็กคาไรด์ (Chitosan-oligosaccharides)

2.2 ไมโครไบโอม (Microbiome)

ไมโครไบโอม (Microbiome) คือ การอยู่ร่วมกันของสิ่งมีชีวิตหลากหลายชนิด เช่น แบคทีเรีย เชื้อรา และไวรัส ซึ่งอาศัยอยู่ในร่างกายมนุษย์ในลักษณะของระบบนิเวศขนาดเล็ก การศึกษาพฤติกรรมและองค์ประกอบของจุลินทรีย์เหล่านี้มีความสำคัญ เนื่องจากช่วยให้เข้าใจบทบาทหน้าที่ของไมโครไบโอมในการส่งเสริมสุขภาพ และลดความเสี่ยงจากการติดเชื้อที่เกิดจากจุลินทรีย์ก่อโรค ในด้านสุขภาพผิว แนวคิดเกี่ยวกับหน้าที่ของไมโครไบโอมที่สัมพันธ์กับภาวะผิวหนังแก่ก่อนวัยได้รับความสนใจเพิ่มขึ้น จากการศึกษาพบว่า ความหลากหลายของจุลินทรีย์ผิวหนังมีความสำคัญต่อการคงไว้ซึ่งสุขภาพผิวที่ดี การใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของพรีไบโอติก (Prebiotics) โปรไบโอติก (Probiotics) และโพสไบโอติก (Postbiotics) อาจมีบทบาทในการปรับสมดุลของไมโครไบโอมผิวหนัง ซึ่งส่งผลให้สัญญาณแห่งวัย เช่น ริ้วรอย ความหมองคล้ำ และความแห้งกร้านลดลงอย่างมีนัยสำคัญ (Woolery-Lloyd et al., 2022) สำหรับสารพรีไบโอติกที่นิยมนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง ได้แก่ อินูลิน (Inulin), เบต้ากลูแคน (Beta-glucan), กลูโคโอลิโกแซ็กคาไรด์ (Glucooligosaccharides), ฟรุคโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ (Fructooligosaccharides), กาแลคโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ (Galactooligosaccharides), ซอยบีนโอลิโกแซ็กคาไรด์ (Soybean Oligosaccharides), แลคทูโลส (Lactulose) และแลคโตซูโครส (Lactosucrose) รวมถึงการใช้ผลิตภัณฑ์ในลักษณะซินไบโอติก (Synbiotics) ซึ่งเป็นการใช้เสริมฤทธิ์ซึ่งกันและกันของพรีไบโอติกและโปรไบโอติกในการดูแลสุขภาพผิว

2.3 ขนุน

ขนุน (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) เป็นไม้ยืนต้นขนาดใหญ่ในวงศ์ Moraceae มีชื่อเรียกในแต่ละภูมิภาคของประเทศไทยแตกต่างกันออกไป เช่น มะหนูน (ภาคเหนือและภาคใต้) หมักมี (ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ) และนากอ ภาษามลายูท้องถิ่น (ปัตตานี) โดยต้นขนุนมีความสูงประมาณ 15-30 เมตร เจริญเติบโตได้ดีในดินหลากหลายประเภท สามารถปลูกได้ในทุกภูมิภาคของประเทศไทย และมีความทนทานต่อศัตรูพืช ผลของขนุนมีลักษณะค่อนข้างใหญ่ รูปทรงกลมหรือกลมยาว เปลือกมีหนามสั้นกระจายทั่วผล เนื้อผลอยู่ภายในวง ซึ่งล้อมรอบเมล็ด เนื้อมีลักษณะแตกต่างกันตามสายพันธุ์ ได้แก่ เนื้อหนา เนื้อบาง เนื้อแห้งกรอบ หรือเนื้อที่มีความนุ่ม สีของเนื้อก็แตกต่างกันไปเช่นกัน ขนุนมีถิ่นกำเนิดในประเทศอินเดีย แม้จะมีใช้ไม้ผลพื้นเมืองของไทยแต่เดิม แต่ได้รับการปลูก

แพร่หลายในประเทศไทยมาอย่างยาวนาน จนถือได้ว่าเป็นผลไม้พื้นถิ่นชนิดหนึ่งของไทย (วีระพงศ์ พรสมิทธิกุล, 2552)



ที่มา องค์การสวนพฤกษศาสตร์ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

ภาพที่ 2.2 แสดงลักษณะผลของขนุน

ขนุนเป็นผลไม้ที่นิยมในการบริโภคกันหลากหลาย โดยสามารถรับประทานได้ทั้งผลสุกและดิบ ผลอ่อนมักนำไปประกอบอาหาร เช่น แกง หรือผัด ในขณะที่ผลสุกนิยมนำมาบริโภคเนื้ออย่างโดยตรง หรือแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารหลากหลายชนิด อาทิ ขนุนแช่อิ่ม ขนุนเชื่อม และแยมขนุน นอกจากนี้ เมล็ดขนุนยังสามารถนำไปต้มรับประทานร่วมกับเกลือได้ หรือแปรรูปเป็นแป้งสำหรับใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารอื่น ๆ ได้เช่นกัน

จากข้อมูลของกองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ (2527) พบว่าส่วนต่าง ๆ ของผลขนุน ได้แก่ ขนุนแก่ ขนุนดิบ ขนุน และเมล็ดขนุนดิบ มีองค์ประกอบที่ให้คุณค่าทางโภชนาการแตกต่างกันไป ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบของขนุนแก่ ชั่งขนุนและเมล็ดขนุนดิบ

องค์ประกอบ	ขนุนแก่	ชั่งขนุน	เมล็ดขนุนดิบ
ความชื้น (ร้อยละ)	72.90	66.60	60.70
ไขมัน (ร้อยละ)	0.30	0.00	0.20
คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)	23.70	29.20	30.60
ใยอาหาร (ร้อยละ)	0.90	1.80	1.60
โปรตีน (ร้อยละ)	1.70	1.40	5.50
พลังงานความร้อน (กิโลแคลอรี/100กรัม)	94.00	122.00	146.00
แคลเซียม (มิลลิกรัม/100กรัม)	27.00	21.00	0.00
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม/100กรัม)	38.00	13.00	105.00
เหล็ก (มิลลิกรัม/100กรัม)	0.60	0.20	2.90
วิตามินบี 1 (มิลลิกรัม/100กรัม)	0.09	0.08	1.74
วิตามินบี 2 (มิลลิกรัม/100กรัม)	0.11	0.15	0.02
วิตามินซี (มิลลิกรัม/100กรัม)	9.00	13.00	3.25
ไนอาซิน (มิลลิกรัม/100กรัม)	0.70	-	24.00
วิตามินเอ (หน่วยสากล IU)	392.00	-	22.00

ที่มา กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ (2527)

2.4 อนุมูลอิสระและสารต้านอนุมูลอิสระ (Free Radicals and Antioxidant)

อนุมูลอิสระ (Free radicals) คือ อีออนที่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวอยู่ในวงโคจรชั้นนอก ทำให้มีสถานะไม่เสถียรและความไวต่อปฏิกิริยาเคมีสูง อนุมูลอิสระสามารถทำปฏิกิริยากับโมเลกุล ภายในเซลล์ของร่างกาย เช่น โปรตีน ไขมัน และกรดนิวคลีอิก ส่งผลต่อหน้าที่และโครงสร้างของเซลล์ที่เปลี่ยนไป ซึ่งอาจนำไปสู่การเกิดโรคที่เกี่ยวข้องกับความเสื่อมของเซลล์และระบบต่าง ๆ ภายในร่างกาย เช่น โรคหัวใจ โรคมะเร็ง และโรคอัลไซเมอร์ ตัวอย่างของอนุมูลอิสระที่พบได้ทั่วไป ได้แก่ ซุปเปอร์ออกไซด์แอนไอออนเรดิคัล (Superoxide anion radical, $O_2^{\cdot-}$), ไฮดรอกซิลเรดิคัล (Hydroxyl radical, $\cdot OH$), และเปอร์ออกซิลเรดิคัล (Peroxyl radical, $ROO^{\cdot}$) เป็นต้น

สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidants) เป็นสารที่สามารถบริจาคอิเล็กตรอนให้แก่อนุมูลอิสระโดยไม่กลายเป็นอนุมูลอิสระเสียเอง ซึ่งจะช่วยลดยังปฏิกิริยาถูกโซ่ของอนุมูลอิสระ ส่งผลให้ลดความ

เสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับเซลล์ ร่างกายสามารถสร้างเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระขึ้นได้เอง เช่น ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเตส (Superoxide dismutase: SOD), คาตาเลส (Catalase), ไธโอเรดอกซินรีดักเตส (Thioredoxin reductase: TRX) และกลูตาไธโอนเพอร์ออกซิเดส (Glutathione peroxidase: GPX) อย่างไรก็ตาม ปริมาณเอนไซม์เหล่านี้ในร่างกายอาจไม่เพียงพอเมื่อเผชิญกับภาวะความเครียดออกซิเดชัน (Oxidative stress) ดังนั้น การได้รับสารต้านอนุมูลอิสระจากอาหารหรือผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจึงมีความสำคัญต่อการลดความเสียหายของเซลล์และส่งเสริมสุขภาพโดยรวม

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการทบทวนวรรณกรรม พบการศึกษาเกี่ยวข้องกับการสกัดเมล็ดขนุน และการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดเมล็ดขนุน ดังนี้

2.5.1 สุพจน์ นวลละออง และคณะ (2552) ศึกษาเกี่ยวกับการสกัดสารฟีนอลิกจากเมล็ดขนุน โดยสกัดสารฟีนอลิกด้วยชุดทดลองขนาดเล็ก ศึกษาชนิดของตัวทำละลายในการสกัดระหว่างเอทานอล 95% เอทานอล 50% และน้ำกลั่น ในขนาดของเมล็ดขนุนที่แตกต่างกัน และอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของเมล็ดขนุนต่อปริมาตรตัวทำละลาย 1:2, 1:4, 1:6 และ 1:8 โดยผลการศึกษาพบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการสกัด คือ การใช้เอทานอล 50% ในขนาดเมล็ดขนุน 1.0-2.0 มิลลิเมตร และมีอัตราส่วนของเมล็ดขนุนต่อตัวทำละลาย 1:8 ซึ่งจะได้สารสกัดประมาณ 6% และอัตราการสกัดเมื่อเวลาผ่านไป 90 นาที ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จะได้ปริมาณสารสกัดมากกว่าการสกัดที่อุณหภูมิห้องเล็กน้อย

2.5.2 ปรียาพร ภูวกุล และคณะ (2554) ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดจากส่วนต่าง ๆ ของขนุน ได้แก่ เนื้อ เมล็ด และเปลือก โดยทำการสกัดซึ่งใช้ตัวทำละลายที่แตกต่างกันระหว่างเอทานอลและน้ำ ผลการศึกษาพบว่าสารสกัดจากเมล็ดขนุนมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระและพบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในระดับที่น่าสนใจ ซึ่งบ่งชี้ถึงศักยภาพของเมล็ดขนุนในการเป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติ

2.5.3 Wong et al. (2013) ได้ทำการศึกษาศักยภาพสารประกอบฟีนอลิกจากเมล็ดขนุนและประเมินฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์ต้านจุลชีพของสารสกัดที่ได้รับ ทำการสกัดโดยใช้ตัวทำละลายที่หลากหลาย (เช่น เอทานอล, เมทานอล, อะซิโตน) และพบว่าสารสกัดจากเมล็ดขนุนมีสารประกอบฟีนอลิกที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ โดยประเมินด้วยวิธี DPPH และ FRAP และช่วยยับยั้งการ

เจริญเติบโตของแบคทีเรียและเชื้อราที่ก่อให้เกิดโรคบางชนิดได้ ผลลัพธ์เหล่านี้ชี้ให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการนำสารสกัดจากเมล็ดขนุนมาใช้เป็นสารต้านออกซิเดชันและสารต้านจุลชีพจากธรรมชาติ

2.6 สรุปการทบทวนวรรณกรรม

จากการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับการสกัดและการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากสารสกัดขนุนมีดังต่อไปนี้

2.6.1 ผลิตภัณฑ์บำรุงผิวมีบทบาทสำคัญในการดูแลสุขภาพผิว ทั้งในแง่ของความงามและการปกป้องผิวจากสิ่งกระตุ้นภายนอก เช่น มลภาวะ รังสีอัลตราไวโอเล็ต รวมถึงจุลชีพก่อโรค แนวโน้มการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในปัจจุบันให้ความสำคัญกับการดูแลสุขภาพผิวอย่างยั่งยืน โดยเฉพาะการสร้างสมดุลของจุลินทรีย์ผิวหนัง ซึ่งมีบทบาทต่อภูมิคุ้มกันผิว การลดการอักเสบ และการป้องกันโรคผิวหนังเรื้อรังต่าง ๆ (Byrd et al., 2018)

2.6.2 พรีไบโอติก (Prebiotics) คือ สารที่ร่างกายไม่สามารถย่อยได้ แต่สามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ชนิดดี โดยเฉพาะจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่บนผิวหนัง เช่น *Staphylococcus epidermidis* และ *Cutibacterium acnes* ในสายพันธุ์ที่ไม่ก่อโรค (Lourenco et al., 2021) นอกจากนี้พรีไบโอติกยังมีบทบาทในการปรับสมดุลจุลชีพ ลดการอักเสบของผิว และช่วยฟื้นฟูเกราะป้องกันผิว โดยพรีไบโอติกที่นิยมใช้ในเครื่องสำอาง ได้แก่ อินนูลิน และฟรุกโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ มีบทบาทช่วยลดการสูญเสียน้ำทางผิวหนัง เพิ่มความชุ่มชื้น และลดการระคายเคืองของผิวหนัง (Lew et al., 2020)

2.6.3 เมล็ดขนุนเป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่มีศักยภาพในการพัฒนาเป็นวัตถุดิบสำหรับเครื่องสำอาง เนื่องจากมีคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อน เช่น โพลีแซคคาไรด์ละลายน้ำ และโอลิโกแซ็กคาไรด์ ซึ่งมีคุณสมบัติพรีไบโอติก (Sivakumar et al., 2020) นอกจากนี้ เมล็ดขนุนยังอุดมไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น ฟลาโวนอยด์และสารฟีนอลิก ที่มีบทบาทในการลดการอักเสบของผิวและป้องกันการเสื่อมของเซลล์ผิว (Mohan et al., 2018) แนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์บำรุงผิวในปัจจุบันมุ่งเน้นการใช้ส่วนผสมจากธรรมชาติ ซึ่งพรีไบโอติกจากพืช เช่น เมล็ดขนุน ได้รับความสนใจเพิ่มขึ้น เนื่องจากสามารถยกระดับคุณภาพของผลิตภัณฑ์ รวมทั้งตอบสนองต่อผู้บริโภคที่มีความกังวลเกี่ยวกับสารเคมีและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Benson et al., 2021)

บทที่ 3

ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 วัตถุดิบ และสารเคมีที่ใช้

- 3.1.1 เมล็ดขนุนสายพันธุ์ทองประเสริฐ (เก็บจากพื้นที่จังหวัดปทุมธานี เดือนกรกฎาคม 2567)
- 3.1.2 DPPH (INCI name : 2,2'-Diphenyl-1-picrylhydrazyl) (Sigma-Aldrich Co., Ltd. ประเทศสหรัฐอเมริกา)
- 3.1.3 95% Ethanol (บริษัท สเปรต บิซิเนส จำกัด, ประเทศไทย)
- 3.1.4 Disodium EDTA (Nouryon Co., Ltd. ประเทศจีน)
- 3.1.5 Allantoin (Ningbo Zihua Chemicals Co., Ltd. ประเทศจีน)
- 3.1.6 Aristoflex® AVC (INCI name: Ammonium Acryloyldimethyltaurate/VP Copolymer) (Clariant International AG ประเทศสวิตเซอร์แลนด์)
- 3.1.7 Liquid germal plus™ (INCI name: Diazolidinyl Urea (and) Iodopropynyl Butylcarbamate (and) Propylene Glycol) (Beijing Sunpu Biochemical and Technology Co., Ltd. ประเทศจีน)
- 3.1.8 Triethanolamine (Dow Inc. ประเทศฮ่องกง)
- 3.1.9 Citric acid (Qingdao Fuso Refining & Processing Co., Ltd. ประเทศจีน)

3.2 อุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้

- 3.2.1 ปีกเกอร์ ขนาด 50, 100, 250, 1000 มิลลิลิตร (Beaker)
- 3.2.2 กระดาษชั่งสาร (Weighing Paper)
- 3.2.3 ช้อนตักสาร (Spatula stainless)
- 3.2.4 กระบอกตวง (Cylinder)

- 3.2.5 ขวดปริมาตร (Volumetric flask)
- 3.2.6 แท่งแก้วคนสาร (Stirring rod)
- 3.2.7 หลอดหยด (Dropper)
- 3.2.8 ปิเปตต์ (Pipette)
- 3.2.9 อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water bath) (MEMMERT, WB 29/Germany)
- 3.2.10 เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง (Balance) (XB 2200C, Precisa/Switzerland)
- 3.2.11 เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Balance) (ML104T, METTLER TOLEDO/Switzerland)
- 3.2.12 เครื่องบดสมุนไพร (Grinder) (FKY/China)
- 3.2.13 ตู้อบลมร้อน (Hot air oven) (UF110, Memmert/Germany)
- 3.2.14 เครื่องเขย่าสาร (Orbital shaker) (Orbit 1000, Lebnets/Slovenia)
- 3.2.15 เครื่องระเหยสุญญากาศ (Rotary evaporator) (Bath Hei-VAP core, Heidolph/Germany)
- 3.2.16 เครื่องผสมสาร (Vortex mixer) (VX100, OHAUS/Germany)
- 3.2.17 เครื่องดูดจ่ายสารละลาย (Micropipettes) (GILSON/USA)
- 3.2.18 เครื่องกวนผสม (Overhead Stirrer) (RW20 digital, IKA/France)
- 3.2.19 เครื่องวัดค่าความหนืด (Viscometer) (Brookfield, DV2T/USA)
- 3.2.20 เครื่องวัดสี (Colorimeter) (CM-700d, KONICA MINOLTA/Japan)
- 3.2.21 เครื่องวัดค่าความเป็นกรดด่าง (pH Meter) (B200, QIS/Netherlands)
- 3.2.22 เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (UV-Visible Spectrophotometer) (GENESYS 10S UV-VIS, Thermo Fisher Scientific/USA)

3.3 วิธีการดำเนินการวิจัย

3.3.1 การเตรียมตัวอย่างของเมล็ดขนุนและการสกัดเมล็ดขนุน

นำเมล็ดขนุนสายพันธุ์ทองประเสริฐเก็บจากพื้นที่จังหวัดปทุมธานี นำมาล้างทำความสะอาดและหั่นเป็นชิ้นขนาดเล็กก่อนนำไปอบแห้ง จากนั้นบดด้วยเครื่องบดสมุนไพร (Grinder) และร่อนผ่านตะแกรงขนาด 1.0-2.0 มิลลิเมตร เพื่อให้ได้ผงเมล็ดขนุนที่มีขนาดอนุภาคเหมาะสมสำหรับการสกัด สำหรับกระบวนการสกัด นำผงเมล็ดขนุนจำนวน 50 กรัม แช่ในเอทานอลความเข้มข้น 50% ปริมาตร

400 มิลลิลิตร และสกัดด้วยเครื่องเขย่าสาร (Orbital shaker) ใช้ความเร็ว 200 รอบต่อนาที ระยะเวลา 90 นาที ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ทำการสกัดทั้งหมด 3 รอบ แล้วรวมสารละลายที่ได้เข้าด้วยกัน จากนั้นระเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหยภายใต้สุญญากาศ (Rotary evaporator) จนกระทั่งได้สารสกัดที่มีน้ำหนักคงที่ สามารถเก็บสารสกัดในตู้เย็นได้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อใช้ในการทดสอบในขั้นตอนต่อไป (สุพจน์ นวลละออง และคณะ, 2552)

3.3.2 การทดสอบทางเคมีและฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดเมล็ดขนุน

3.3.2.1 การตรวจลักษณะเฉพาะของหมู่ฟังก์ชันทางเคมีในสารสกัดเมล็ดขนุน

การวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะของหมู่ฟังก์ชันทางเคมีในสารสกัดเมล็ดขนุนดำเนินการโดยใช้เทคนิคสเปกโทรสโกปีอินฟราเรดแบบแปลงฟูรีเยร์ร่วมกับการสะท้อนแบบลดทอน (ATR-FTIR) โดยใช้เครื่องวิเคราะห์ FT-IR Spectrometer ตั้งค่าการวัดในช่วงเลขคลื่นระหว่าง $4,000-650 \text{ cm}^{-1}$ ด้วยค่าความละเอียด (Resolution) เท่ากับ 4 cm^{-1} และทำการสแกนตัวอย่างจำนวน 16 ครั้ง การเตรียมตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์กระทำโดยบดตัวอย่างให้มีขนาดละเอียดสม่ำเสมอก่อนนำเข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์ และทำการทดลองซ้ำทั้งหมดจำนวน 3 ครั้ง เพื่อประเมินความสม่ำเสมอของผลการตรวจวิเคราะห์ (Cebi et al., 2017)

3.3.2.2 การวิเคราะห์ปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์รวม (Total Polysaccharide Analysis)

วิเคราะห์ปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์รวมในสารสกัดเมล็ดขนุน ด้วยวิธี Phenol Sulfuric Assay ดัดแปลงจากวิธีของ Dubois et al. (1956) โดยใช้กลูโคสเป็นสารมาตรฐานในการสร้างกราฟมาตรฐาน สำหรับการเตรียมตัวอย่าง ให้ปีปเตสารละลายมาตรฐานกลูโคสหรือสารสกัดเมล็ดขนุน ปริมาตร 500 ไมโครลิตร ลงหลอดทดลอง จากนั้นเติมสารละลายฟีนอลความเข้มข้นร้อยละ 5 ในปริมาตร 500 ไมโครลิตร ลงไปจากนั้นเขย่าให้เข้ากันและ วางทิ้งไว้ในอุณหภูมิห้อง 5 นาที ต่อมาเติมกรดซัลฟิวริกในปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร เขย่าจนเข้ากันดีแล้วปล่อยให้เกิดปฏิกิริยาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 490 นาโนเมตร โดยใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer) ค่าการดูดกลืนแสงที่ได้จะถูกเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของกลูโคส เพื่อนำไปคำนวณหาปริมาณน้ำตาลรวม

3.3.2.3 การวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (Reducing Sugars)

การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ซึ่งประกอบด้วยน้ำตาลในกลุ่มโมโนแซ็กคาไรด์และไดแซ็กคาไรด์ ดัดแปลงการด้วยวิธี Modified Dinitrosalicylic Acid (DNS) ของ Miller (1959) โดยใช้สารสกัดที่มีความเข้มข้นร้อยละ 0.05 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร 100 ไมโครลิตร ผสมกับสารละลาย DNS ปริมาตร 100 ไมโครลิตรในหลอดทดลอง เขย่าเบา ๆ ประมาณ 30 วินาทีเพื่อให้สารผสมเข้ากัน แล้วบรรจุในถุงซิปล็อก จากนั้นนำไปแช่ในอ่างน้ำที่อุณหภูมิ 95°C เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นปล่อยให้

เย็นลง วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร โดยใช้เครื่อง UV-Visible Spectrophotometer นำค่าการดูดกลืนแสงมาเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของกลูโคส เพื่อคำนวณปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์

3.3.2.4 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลไม่ถูกรีดิวซ์ (Non-Reducing Sugars)

การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลไม่ถูกรีดิวซ์ (Non-Reducing Sugars) เป็นน้ำตาลในกลุ่ม โอลิโกแซ็กคาไรด์และพอลิแซ็กคาไรด์ที่จัดอยู่ในกลุ่มพรีไบโอติกส์ ทำได้โดยการคำนวณผลต่างระหว่างปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (Total Sugars) ที่วิเคราะห์ด้วยวิธี Phenol-Sulfuric Assay และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (Reducing Sugars) ที่วิเคราะห์ด้วยวิธี Modified Dinitrosalicylic Acid (DNS) ตามสมการที่ 1

$$\text{Non-Reducing Sugars} = \text{Total Sugars} - \text{Reducing Sugars} \quad (1)$$

3.3.2.5 ทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH

เตรียมสารสกัดที่ความเข้มข้น 20, 40, 60 และ 80 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรในเอทานอล และเตรียมสารละลายมาตรฐานโทรลอกซ์ (Trolox) ความเข้มข้น 500 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร จากนั้นเจือจางให้ได้ความเข้มข้น 31.25, 62.5, 125, 250 และ 500 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร เตรียมสารละลาย DPPH ที่ความเข้มข้น 0.1 มิลลิโมลาร์ แล้วผสมสารละลายตัวอย่างในแต่ละความเข้มข้นปริมาตร 500 ไมโครลิตรกับ DPPH ปริมาตร 500 ไมโครลิตร ตั้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร โดยใช้เครื่อง UV-Visible Spectrophotometer ทำการทดลองซ้ำจำนวน 3 ครั้ง คำนวณค่าร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระ (% inhibition) เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระระหว่างสารสกัดกับสารมาตรฐานโทรลอกซ์ (วนันท์ญภัท ทองอิม, 2562)

3.3.3 การพัฒนาผลิตภัณฑ์บำรุงผิวที่มีส่วนผสมของสารสกัดจากเมล็ดขนุน และการประเมินความคงตัวของตำรับ

3.3.3.1 การเตรียมสูตรตำรับบำรุงผิวที่มีส่วนผสมของสารสกัดจากเมล็ดขนุน

นำสารสกัดจากเมล็ดขนุนที่เตรียมได้มาเตรียมเข้าตำรับบำรุงผิว เตรียมสูตรตำรับพื้นและตำรับที่ใส่สารสกัดจากเมล็ดขนุน (ตารางที่ 3.1) โดยดัดแปลงจากนิชา ต๊ะแพร่ (2563) เพื่อให้ได้สูตรตำรับที่ดีที่สุด

ตารางที่ 3.1 แสดงส่วนประกอบของตำรับพื้นและตำรับทดลอง

Part	สารสำคัญ (Ingredient)	หน้าที่ของสาร (Function)	น้ำหนัก (%w/w)	
			ตำรับพื้น	F1
A	DI Water	Solvent	qs	qs
	Disodium EDTA	Chelating	0.05	0.05
	Allantoin	Soothing	0.40	0.40
B	Ammonium Acryloyldimethyltaurate/VP Copolymer (Aristoflex® AVC)	Thickener	0.60	0.60
C	Jackfruit Seeds Extract	Active	-	1.00
	Diazolidinyl Urea and Iodopropynyl Butylcarbamate and Propylene Glycol (Liquid germal plus™)	Preservative	0.50	0.50
	Triethanolamine or Citric acid	pH adjuster	qs to pH 5.5	qs to pH 5.5
Total			100	100

- หมายเหตุ วิธีเตรียมตำรับ
1. แบ่งน้ำเป็น 2 ส่วน โดย 1 ส่วนผสมกับ Part A ให้เข้ากัน
 2. ใส่ Part B ลงใน Part A คนให้เข้ากัน
 3. นำน้ำอีกส่วนผสมกับ Part C หลังจากนั้น เท Part C ลงใน Part A ผสมให้เข้ากัน
 4. ปรับ pH ด้วย Triethanolamine หรือ Citric acid

3.3.3.2 การประเมินความคงตัวของตำรับ

ทดสอบความคงตัวโดยสังเกตลักษณะทางกายภาพของตัวอย่าง วัดค่าสีด้วยเครื่อง Colorimeter และประเมินด้วยสายตา กลิ่นประเมินด้วยการดมโดยตรง ค่าความเป็นกรด-ด่างสามารถวัดด้วยเครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter) ความหนืดวัดด้วย Viscometer ก่อนและหลังเข้าสู่การทดสอบความคงตัวในสภาวะเร่ง (Heating-Cooling Cycle) โดยเก็บตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง จากนั้นสลับไปเก็บที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมงเมื่อ

ครบทั้งสองช่วง นับเป็น 1 รอบของการทดสอบ ทำซ้ำทั้งหมดจำนวน 6 รอบ หลังเสร็จสิ้นการทดสอบ ประเมินการเปลี่ยนแปลงของคุณสมบัติต่าง ๆ ที่กล่าวมา เพื่อพิจารณาความคงตัวของตัวอย่างผลิตภัณฑ์

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยดำเนินการโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way Analysis of Variance; One way ANOVA) ผ่านโปรแกรม SPSS เวอร์ชัน 16.0 กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติไว้ที่ $p < 0.05$



บทที่ 4

อภิปรายผลการศึกษา

4.1 การเตรียมตัวอย่างเมล็ดขนุน และการสกัด

เตรียมเมล็ดขนุนสายพันธุ์ทองประเสริฐเก็บจากพื้นที่จังหวัดปทุมธานี นำมาล้างทำความสะอาดและหั่นเป็นชิ้นให้มีขนาดเล็กก่อนนำไปอบแห้ง จากนั้นบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 1.0-2.0 มิลลิเมตร ได้ผงเมล็ดขนุนสีน้ำตาลอ่อน นำผงเมล็ดขนุนแช่ลงในสารละลายเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 50 ในอัตราส่วนระหว่างผงเมล็ดขนุนกับสารละลายเอทานอล 1:8 จากนั้นเขย่าด้วยเครื่องเขย่าสารแบบหมุน (Orbital shaker) ที่ความเร็ว 200 รอบต่อนาที เป็นระยะเวลา 90 นาที ทำการสกัดทั้งหมด 3 รอบ จากนั้นนำมารองและนำสารสกัดที่ได้ไประเหยตัวทำละลายออกโดยใช้เครื่องระเหยภายใต้สุญญากาศ (Rotary evaporator) จนกระทั่งได้สารสกัดที่มีน้ำหนักคงที่ โดยสารสกัดที่ได้มีลักษณะกึ่งแข็งสีน้ำตาลเข้ม (ตามภาพที่ 4.1) ร้อยละของผลผลิต (%yield) เท่ากับ 6.39 ± 0.32 ของน้ำหนักพืชแห้ง จากผลการศึกษาครั้งนี้ใกล้เคียงกับการศึกษาของสุพจน์ นวลละออง และคณะ (2552) ที่พบว่า สารสกัดเมล็ดขนุนที่ได้จากการสกัดที่อุณหภูมิ 30 และ 60 องศาเซลเซียส เท่ากับ 6.57% และ 7.27% โดยคาดว่าผลผลิตที่ใกล้เคียงนั้นมาจากวิธีการสกัดที่คล้ายคลึงกัน

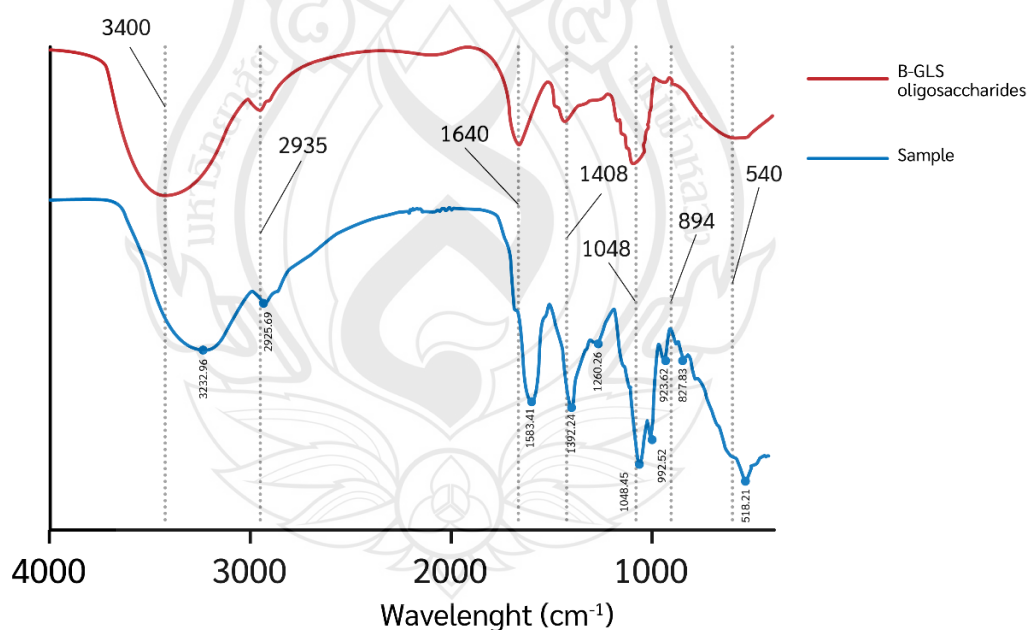


ภาพที่ 4.1 แสดงลักษณะของสารสกัดเมล็ดขนุน

4.2 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดเมล็ดขนุน

4.2.1 การตรวจลักษณะเฉพาะของหมู่ฟังก์ชันทางเคมีในสารสกัดเมล็ดขนุน

การวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะของหมู่ฟังก์ชันทางเคมีในสารสกัดเมล็ดขนุนเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแสดงออกของพอลิแซ็กคาไรด์ในการสกัดของเห็ดหลินจือ (Yang et al., 2020) จากผลการวิเคราะห์พบที่สำคัญช่วงเลขคลื่น 3232 cm^{-1} ซึ่งสอดคล้องกับการสั่นของพันธะหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) บ่งชี้ถึงการมีโครงสร้างของคาร์โบไฮเดรตหรือน้ำตาลเชิงซ้อน พิคบริเวณ $\sim 2930\text{ cm}^{-1}$ เป็นการสั่นของหมู่ C-H stretch ซึ่งพบในสายโซ่ของน้ำตาลหรือพอลิแซ็กคาไรด์ พิคบริเวณ 1048 cm^{-1} แสดงถึงพันธะไกลโคซิดิก (C-O-C) ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของสารกลุ่มพอลิแซ็กคาไรด์ พิคบริเวณ $\sim 827, 923$ และ 992 cm^{-1} ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับการเรียงตัวโครงสร้างวงแหวนของน้ำตาล และไม่มีปรากฏพิคในช่วงเลขคลื่น $1680\text{--}1700\text{ cm}^{-1}$ ซึ่งจะเป็นหมู่ของ Amide ที่แสดงถึงการมีโปรตีนหรือหมู่เอมีน ดังนั้นสรุปได้ว่าสารสกัดจากเมล็ดขนุนนี้เป็นสารพอลิแซ็กคาไรด์ที่มีความบริสุทธิ์สูง



ภาพที่ 4.2 แสดงผลวิเคราะห์อินฟราเรดฟูเรียร์ทรานสฟอร์มของสารสกัดเมล็ดขนุน

4.2.2 การวิเคราะห์ปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์รวม (Total Polysaccharide Analysis)

นำสารสกัดเมล็ดขนุนมาวิเคราะห์หาปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์รวมดำเนินการโดยใช้วิธี Phenol Sulfuric Assay ตามวิธีของ Dubois et al. (1956) โดยใช้กลูโคสเป็นสารมาตรฐาน วัดค่า

การดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 490 นาโนเมตร เทียบกราฟมาตรฐานของสารละลายกลูโคส (ภาคผนวก ข) คำนวณหาปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์รวมของสารสกัดเมล็ดขนุน สมการ คือ $y = 0.041x + 0.030$ ($R^2 = 0.9979$) เมื่อนำกราฟของสารสกัดเมล็ดขนุน มาเปรียบเทียบกับกราฟกับสารมาตรฐาน พบว่าในสารสกัดเมล็ดขนุนมีปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์รวม 331.71 ± 6.06 mg glucose equivalent/g extract

4.2.3 การวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (Reducing Sugars)

ทำการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของสารสกัดเมล็ดขนุนโดยวิธี Modified Dinitrosalicylic Acid (DNS) ของ Miller (1959) ซึ่งอาศัยปฏิกิริยาระหว่างน้ำตาลรีดิวซ์กับสารรีเอเจนต์ (3,5-dinitrosalicylic acid) แล้วให้สารสีแดงอมส้มที่สามารถวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร (A540) โดยใช้กลูโคสเป็นสารมาตรฐานในการสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นกับค่าการดูดกลืนแสง (ภาคผนวก ค) ซึ่งได้สมการเส้นตรง คือ $y = 4.345x - 0.1067$ ($R^2 = 0.9986$) ผลของการวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดเมล็ดขนุนที่ความเข้มข้นต่าง ๆ พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นและเมื่อนำค่าการดูดกลืนแสงไปแทนในสมการกราฟมาตรฐานของกลูโคส พบว่าสารสกัดจากเมล็ดขนุนมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เท่ากับ 259.23 ± 1.30 mg reducing sugar/g extract

4.2.4 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลไม่รีดิวซ์ (Non-Reducing Sugars)

การหาปริมาณน้ำตาลไม่รีดิวซ์ในสารสกัดเมล็ดขนุนเพื่อประเมินองค์ประกอบเชิงโครงสร้างของสารคาร์โบไฮเดรตในสารสกัดเมล็ดขนุนได้ทำการวิเคราะห์ปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์รวมเท่ากับ 331.71 ± 6.06 mg glucose equivalent/g extract และการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ด้วยวิธี DNS assay โดยใช้กลูโคสเป็นสารมาตรฐาน พบว่ามีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เท่ากับ 259.23 ± 1.30 mg reducing sugar/g extract

$$\text{Non-Reducing Sugars} = 331.71 \pm 6.06 - 259.23 \pm 1.30 = 72.48 \pm 7.36 \text{ mg glucose equivalent/g extract}$$

จากผลการศึกษาพบว่า ปริมาณน้ำตาลไม่รีดิวซ์ในสารสกัดจากเมล็ดขนุนมีค่าเท่ากับ 72.48 ± 7.36 mg glucose equivalent/g sample ซึ่งมีค่าสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับผลการศึกษาของ Prasertsit et al. (2015) ที่รายงานปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงสุดในเมล็ดขนุนเท่ากับ 13.7 ± 0.01 mg glucose equivalent/g sample นอกจากนี้ ยังพบว่ามีค่าต่ำกว่าผลการศึกษาของสุพจน์ นวลละออง และคณะ (2552) ซึ่งรายงานปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่อุณหภูมิการสกัด 30 และ 60 องศาเซลเซียส มีค่าเป็น 522.36 และ 236.92 mg/g sample ความแตกต่างของผลลัพธ์ดังกล่าวอาจเกิด

จากปัจจัยหลายประการ เช่น ความแตกต่างของสายพันธุ์ขนุน สภาพแวดล้อมในการเพาะปลูก ฤดูกาลเก็บเกี่ยว เทคนิคและอัตราความเร็วในการผสม อัตราการทำให้เย็นลง รวมถึงวิธีการสกัดที่ใช้ ในแต่ละการศึกษา ซึ่งอาจมีผลต่อชนิดและปริมาณของน้ำตาลที่ตรวจวัดได้

จากผลการทดลองข้างต้น แสดงให้เห็นว่าเมล็ดขนุนมีองค์ประกอบของน้ำตาลไม่รีดิวิซ์ ซึ่งอาจอยู่ในรูปของพอลิแซ็กคาไรด์หรือโอลิโกแซ็กคาไรด์ และมีความเป็นไปได้ในการทำหน้าที่เป็น สารพรีไบโอติก ซึ่งชี้ให้เห็นถึงศักยภาพของสารสกัดจากเมล็ดขนุนในการนำไปพัฒนาเป็นวัตถุดิบ (Bhornsmithikun et al., 2010)

4.2.5 ทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH assay

การประเมินฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดเมล็ดขนุนเปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน Trolox ดำเนินการโดยวิธี DPPH radical scavenging assay ซึ่งวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ดัดแปลงจากวิธีของ วรพันธ์ญักท ทองอิม (2562) ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า สารสกัดจากเมล็ดขนุนมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ โดยค่าการยับยั้งเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของสารสกัดเช่นเดียวกับสารมาตรฐาน Trolox

กลไกในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดอาจเกี่ยวข้องกับองค์ประกอบของพอลิแซ็กคาไรด์ และโอลิโกแซ็กคาไรด์ที่สามารถบริจาคโปรตอนหรืออิเล็กตรอนให้แก่ DPPH ซึ่งเป็นอนุมูลอิสระที่เสถียร ส่งผลให้เกิดการลดลงของค่าการดูดกลืนแสงและทำให้อิเล็กตรอนในอนุมูลอิสระมีความเสถียรมากยิ่งขึ้น ลดความเป็นพิษต่อเซลล์ (Chen et al., 2016) ประสิทธิภาพในการจับกับอนุมูลอิสระของสารดังกล่าวมักขึ้นอยู่กับโครงสร้างของโมเลกุล เช่น ปริมาณของหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) และลักษณะของสายโซ่ที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยา

จากการคำนวณค่า IC_{50} ซึ่งแสดงถึงความเข้มข้นของสารที่สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 พบว่าสารสกัดจากเมล็ดขนุนมีค่า IC_{50} เท่ากับ $3.90 \pm 0.18 \mu\text{g/mL}$ ซึ่งมีค่าต่ำกว่าสารมาตรฐานโทรอกซ์ ที่มีค่า IC_{50} เท่ากับ $4.60 \pm 0.42 \mu\text{g/mL}$ สะท้อนถึงศักยภาพในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ดีเมื่อเปรียบเทียบกับรายงานของ Zubaydah et al., (2021) ซึ่งศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดเมทานอลจากเมล็ดขนุนและรายงานค่า IC_{50} เท่ากับ $5.639 \pm 0.30 \mu\text{g/mL}$ โดยค่า IC_{50} ที่ต่ำกว่าหมายถึงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่สูงกว่า

ความแตกต่างของค่า IC_{50} อาจมีสาเหตุมาจากหลายปัจจัย เช่น ความแตกต่างสายพันธุ์ของขนุนที่ใช้ในแต่ละการศึกษา วิธีการสกัดที่ส่งผลต่อปริมาณและชนิดของสารต้านอนุมูลอิสระที่สกัดได้ รวมถึงฤดูกาลเก็บเกี่ยวและแหล่งปลูก ซึ่งอาจมีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของสารสกัด

4.3 การพัฒนาผลิตภัณฑ์บำรุงผิวที่มีส่วนผสมของสารสกัดจากเมล็ดขนุน และการประเมินความคงตัวของตำรับ

ในการเตรียมตำรับผลิตภัณฑ์บำรุงผิวได้เตรียมตำรับพื้นฐานเพื่อเป็นฐานในการเปรียบเทียบกับสูตร F1 ที่มีการเพิ่มในส่วนผสมของสารสกัดเมล็ดขนุนเข้าไป โดยตำรับพื้นฐานที่ได้มีลักษณะเป็นของเหลวสีขาวใส มีความหนืดเล็กน้อย ไม่มีกลิ่น ไม่มีตะกอนเมื่อเทียบกับสูตร F1 นั้นมีลักษณะเป็นของเหลวหนืดเล็กน้อยใกล้เคียงกับตำรับพื้นฐาน มีสีน้ำตาลและกลิ่นของสารสกัดชัดเจน ไม่มีตะกอน ผลการทดสอบความคงตัวภายใต้สภาวะเร่ง 6 รอบ พบว่าตำรับ F1 มีตะกอนของสารสกัดเกิดขึ้นเล็กน้อยจากการสังเกตสีไม่แตกต่างจากก่อนการทดสอบแต่จากการวัดสีด้วยเครื่องวัดสี Colorimeter พบว่าความสว่างลดลงและสีแดงเพิ่มขึ้น กลิ่นของสารสกัดยังคงอยู่แต่จางลงเพียงเล็กน้อย ความเป็นกรด-ด่างมีการเปลี่ยนแปลงไปทางกรดเล็กน้อย ค่าความหนืดของทั้งตำรับพื้นฐานและตำรับ F1 ลดลงหลังทดสอบความคงตัว ซึ่งแสดงการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างซึ่งคาดว่าเป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงระหว่างอุณหภูมิระหว่างการทดสอบความคงตัว

ตารางที่ 4.1 แสดงลักษณะทางกายภาพของตำรับ ก่อนและหลังการทดสอบความคงตัว

คุณสมบัติทางกายภาพ	การประเมิน	ตำรับพื้นฐาน	F1
ลักษณะทางกายภาพ	ก่อนทดสอบความคงตัว	ของเหลว	ของเหลว
		เป็นเนื้อเดียวกัน	เป็นเนื้อเดียวกัน
		ไม่มีตะกอน	ไม่มีตะกอน
	หลังทดสอบความคงตัว	ของเหลว	ของเหลว
		เป็นเนื้อเดียวกัน	เป็นเนื้อเดียวกัน
		ไม่มีตะกอน	มีตะกอนของสารสกัดเล็กน้อย
สี	ก่อนทดสอบความคงตัว	ใส	สีน้ำตาลอ่อน
	หลังทดสอบความคงตัว	ใส	สีน้ำตาลอ่อน
สี (Colorimeter)	ก่อนทดสอบความคงตัว	$L^* 49.10 \pm 0.27$	$L^* 31.82 \pm 0.35$
		$a^* 1.69 \pm 0.03$	$a^* 4.98 \pm 0.09$
		$b^* -2.93 \pm 0.09$	$b^* 11.08 \pm 0.08$
	หลังทดสอบความคงตัว	$L^* 53.30 \pm 0.06$	$L^* 29.24 \pm 0.56$
		$a^* 1.79 \pm 0.01$	$a^* 6.64 \pm 0.05$
		$b^* -3.26 \pm 0.04$	$b^* 11.41 \pm 0.28$
กลิ่น	ก่อนทดสอบความคงตัว	ไม่มีกลิ่น	กลิ่นสารสกัด
	หลังทดสอบความคงตัว	ไม่มีกลิ่น	กลิ่นสารสกัดจางลง

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

คุณสมบัติทางกายภาพ	การประเมิน	ค่ารับพื้น	F1
ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	ก่อนทดสอบความคงตัว	5.52 ± 0.01	5.51 ± 0.01
	หลังทดสอบความคงตัว	5.52 ± 0.01	$5.32 \pm 0.01^*$
ค่าความหนืด	ก่อนทดสอบความคงตัว	0.1716 ± 0.12	0.0685 ± 0.38
	หลังทดสอบความคงตัว	$0.1589 \pm 0.12^*$	$0.0588 \pm 0.20^*$

หมายเหตุ ค่าความหนืด (Pa·s) วัดด้วย Brookfield viscometer เซ็มเบอร์ 2 ความเร็ว 200 RPM
ที่อุณหภูมิ 29 องศาเซลเซียส



บทที่ 5

สรุปอภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

การศึกษานี้มุ่งเน้นการสกัดสารฟีนโอบีติกจากเมล็ดขนุนพันธุ์ทองประเสริฐ และการประเมินคุณสมบัติทางเคมี ฤทธิ์ทางชีวภาพ รวมถึงการพัฒนาและทดสอบความคงตัวของสูตรผลิตภัณฑ์บำรุงผิว สารสกัดเตรียมโดยการทำแห้งและบดเมล็ดขนุนก่อนนำไปสกัดด้วยเอทานอล 50% ในอัตราส่วน 1:8 โดยใช้วิธีเขย่าด้วยความเร็ว 200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 90 นาที ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จำนวน 3 รอบ จากนั้นระเหยตัวทำละลายด้วยเครื่อง Rotary evaporator จนกระทั่งได้สารสกัดที่มีน้ำหนักคงที่ สารสกัดมีลักษณะกึ่งของแข็ง สีน้ำตาลเข้ม คิดเป็นร้อยละของผลผลิต (%yield) เท่ากับ 6.39 ± 0.32 ของน้ำหนักพืชแห้ง

การวิเคราะห์ลักษณะหมู่ฟังก์ชันทางเคมีในสารสกัดเมล็ดขนุนจากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค ATR-FTIR พบว่าสารสกัดเมล็ดขนุนมีสัญญาณสำคัญที่ 3232 cm^{-1} , 2930 cm^{-1} และ 1048 cm^{-1} ซึ่งสอดคล้องกับหมู่ฟังก์ชัน -OH, C-H stretch และพันธะไกลโคซิดิก (C-O-C) ตามลำดับ ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะพอลิแซ็กคาไรด์ นอกจากนี้ไม่มีปรากฏพีคในช่วง $1680\text{--}1700\text{ cm}^{-1}$ ซึ่งเป็นหมู่ของ Amide แสดงว่าสารสกัดจากเมล็ดขนุนมีองค์ประกอบหลักเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ที่มีความบริสุทธิ์สูง

เมื่อวิเคราะห์หาปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์รวม โดยใช้วิธี Phenol Sulfuric acid assay ซึ่งใช้วิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในตัวอย่างโดยไม่จำเป็นต้องแยกประเภทเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลโดยผลการศึกษาพบว่าในสารสกัดเมล็ดขนุนมีปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์รวม $331.71 \pm 6.06\text{ mg glucose equivalent/g extract}$ จากนั้นทำการวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์โดยใช้วิธี DNS และใช้กลูโคสเป็นสารมาตรฐาน พบว่าสารสกัดมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เท่ากับ $259.23 \pm 1.30\text{ mg reducing sugar/g extract}$ น้ำตาลรีดิวซ์เหล่านี้ เช่น กลูโคสและฟรุคโทส อาจเกิดจากการย่อยสลายของพอลิแซ็กคาไรด์ในกระบวนการสกัด

เมื่อได้ค่าพอลิแซ็กคาไรด์รวมและน้ำตาลรีดิวซ์แล้ว จึงนำมาวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณน้ำตาลไม่รีดิวซ์ ซึ่งใช้เป็นตัวบ่งชี้ว่ามีสารฟีนโอบีติกเป็นองค์ประกอบในสารสกัดเมล็ดขนุนหรือไม่ โดยคำนวณพบว่าปริมาณน้ำตาลไม่รีดิวซ์เท่ากับ $72.48 \pm 7.36\text{ mg glucose equivalent/g extract}$

แสดงว่าสารสกัดจากเมล็ดขนุนมีน้ำตาลไม่รีดิวซ์ในปริมาณมาก ซึ่งอาจอยู่ในรูปของโอลิโกแซ็กคาไรด์ และพอลิแซ็กคาไรด์ที่มีคุณสมบัติเป็นพรีไบโอติก

ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดเมล็ดขนุนโดยใช้วิธี DPPH radical scavenging assay โดยมีค่าความเข้มข้นของสารที่สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระได้ 50 เปอร์เซ็นต์ (IC_{50}) เท่ากับ $3.90 \pm 0.18 \mu\text{g/mL}$ และแสดงฤทธิ์ดีกว่าสารมาตรฐาน Trolox บ่งชี้ว่าสารสกัดจากเมล็ดขนุนมีประสิทธิภาพในการยับยั้งอนุมูลอิสระที่ดี

ในการเตรียมผลิตภัณฑ์บำรุงผิวจากสารสกัดเมล็ดขนุนและประเมินความคงตัวภายใต้สภาวะเร่ง 6 รอบ พบว่าตำรับมีลักษณะสีน้ำตาล กลิ่นของสารสกัดชัดเจน ไม่มีตะกอนในระยะแรก แต่ภายหลังการทดสอบพบการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ได้แก่ การเกิดตะกอน สีเข้มขึ้น กลิ่นจางลงเล็กน้อย ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) มีแนวโน้มเป็นกรดมากขึ้น และค่าความหนืดลดลง ซึ่งอาจเป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างสารสกัดจากอุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบ แสดงให้เห็นถึงความจำเป็นในการปรับปรุงสูตรตำรับเพื่อเพิ่มความคงตัวก่อนการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางจากธรรมชาติในอนาคต

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 สารสกัดจากเมล็ดขนุนมีสีเข้มและมีกลิ่นเฉพาะที่ค่อนข้างแรง ซึ่งอาจเป็นข้อจำกัดในการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์บำรุงผิว จึงควรมีการศึกษาวិธีการลดกลิ่นและปรับสีของสารสกัดเพื่อเพิ่มความน่าพึงพอใจในการใช้ผลิตภัณฑ์

5.2.2 ควรศึกษาประสิทธิภาพทางคลินิก เพื่อยืนยันกลไกในการทำงานของสารพรีไบโอติก

5.2.3 ควรประเมินความปลอดภัยของสารสกัดจากเมล็ดขนุนในระยะยาวเมื่อใช้ในผลิตภัณฑ์บำรุงผิว โดยศึกษาการเกิดอาการแพ้ การระคายเคือง และผลกระทบต่อจุลินทรีย์ประจำถิ่นบนผิวหนัง เพื่อรับรองความปลอดภัยต่อผู้บริโภค

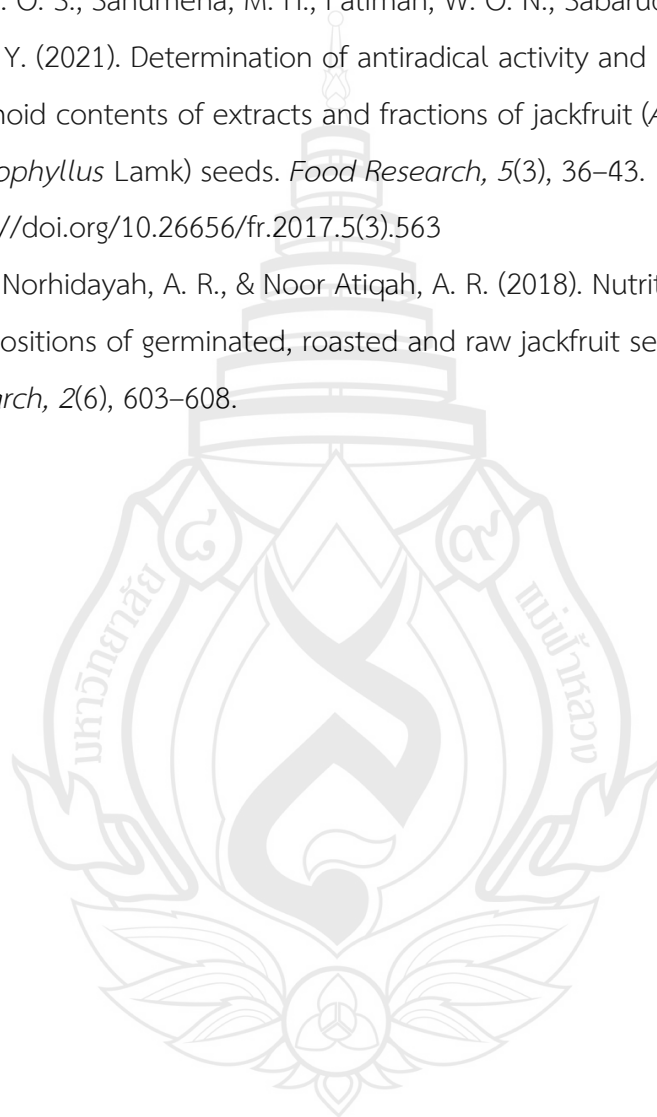
รายการอ้างอิง

- กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ. (2527). *ผลิตภัณฑ์ชุมชน*. กรมวิทยาศาสตร์บริการ, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- จิรนาถ บุญคง. (2557). การใช้สแตร์ชเมล็ดชุมชนดัดแปรในการผลิตแผ่นแบ่งหะเก่า. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*, 45(2), 165-168.
- ดาร์รัตน์ นาคละอ, อาภัสสร แสงนาค และกุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์. (2554). *ผลของวิธีการเตรียมแป้งเมล็ดชุมชนต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวแบบแผ่นกรอบ*. ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.
- ธีรวรรณ สุวรรณ และสุกัญญา วงวาท. (2554). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบเมล็ดชุมชน*. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- นงนภัส ดวงดี. (2551). *สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant)*. กรมวิทยาศาสตร์บริการ.
- นิชา ต๊ะแพร่. (2563). *การพัฒนาตัวรับเซรัมที่มีส่วนผสมของสารสกัดลูกยอ (การค้นคว้าอิสระปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต)*. มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง.
- บุหรัน พันธุ์สวรรค์. (2556). อนุมูลอิสระ สารต้านอนุมูลอิสระ และการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 21(3), 275-286.
- วรรณพิชญ์ จุลกลป. (2552). *การศึกษาการสกัดฟีนอลิกส์และสารประกอบฟีนอลิกส์จากเมล็ดชุมชน (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต)* มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- วีระพงศ์ พรสมทิกุล. (2552). *การสกัดฟีนอลิกส์จากเปลือกด้านในและเมล็ดชุมชนด้วยกระบวนการแบบต่อเนื่อง (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต)* มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- วนันท์ญภัท ทองอิม. (2562). *การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดมะไฟเพื่อประยุกต์ใช้ในเครื่องสำอาง (การค้นคว้าอิสระปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต)*. มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง.
- วนิดา คาภาอินทร์. (2562). *การเตรียมสารก่อเจลธรรมชาติจากใบกรูงเขมา (การค้นคว้าอิสระปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต)*. มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง.
- สุคนทิพย์ เถาว์โมลา. (2561). *การเตรียม การวิเคราะห์ และการประยุกต์ใช้ถ่านกัมมันต์จากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรจากภาคตะวันออกของประเทศไทย เพื่อเป็นตัวดูดซับโลหะหนักจากสารละลายน้ำ*. มหาวิทยาลัยบูรพา.
- สุพจน์ นวลละออง, ผกามาศ เจษฎ์พัฒนานนท์, กุลชนาฐ ประเสริฐสิทธิ และราม แยมแสงสังข์. (2552). การสกัดฟีนอลิกส์จากเมล็ดชุมชน. *วิศวกรรมสาร มช.*, 36(3), 213-220.

- Bhornsmithikun, V., Chetpattananondh, P., Yamsaengsung, R., & Prasertsit, K. (2010). Continuous extraction of prebiotics from jackfruit seeds. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 32(6), 635–642.
<https://rdo.psu.ac.th/sjstweb/journal/32-6/0325-4299-32-6-635-642.pdf>
- Cebi, N., Yilmaz, M. T., & Sagdic, O. (2017). A rapid ATR-FTIR spectroscopic method for detection of sibutramine adulteration in tea and coffee based on hierarchical cluster and principal component analyses. *Food Chemistry*, 229, 517–526.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.02.145>
- Chen, Y., Xie, M. Y., & Gong, X. F. (2016). Microwave-assisted extraction and antioxidant activity of polysaccharides from *Opuntia milpa alta*. *Carbohydrate Polymers*, 137, 473–479.
<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.10.093>
- Crittenden, R. G., & Playne, M. J. (1996). Production, properties and applications of food-grade oligosaccharides. *Trends in Food Science & Technology*, 7(11), 353–361. [https://doi.org/10.1016/s0924-2244\(96\)10038-8](https://doi.org/10.1016/s0924-2244(96)10038-8)
- Gulewicz, P., Ciesiotka, D., Frias, J., Vidal-Valverde, C., Frejnagel, S., Trojanowska, K., & Gulewicz, K. (2000). Simple method of isolation and purification of α -galactosides from legumes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(8), 3120–3123. <https://doi.org/10.1021/jf000210v>
- Gusakov, A. V., Kondratyeva, E. G., & Sinitsyn, A. P. (2011). Comparison of two methods for assaying reducing sugars in the determination of carbohydrase activities. *International Journal of Analytical Chemistry*, 2011, Article 283658.
<https://doi.org/10.1155/2011/283658>
- Kim, M., Lee, J., & Park, S. (2023). Multi-omic approach to decipher the impact of skincare products with pre/postbiotics on skin microbiome and metabolome. *Frontiers in Medicine*, 10, 1165980.
<https://doi.org/10.3389/fmed.2023.1165980>
- Prasertsit, K., Rugwong, T., & Chetpattananondh, P. (2015). *Possible prebiotics and gallic acid separations from jackfruit seed extract*.
<https://www.academia.edu/102141541/>

- Patel, S., & Goyal, A. (2011). Functional oligosaccharides: Production, properties and applications. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 27(5), 1119–1128. <https://doi.org/10.1007/s11274-010-0558-5>
- Prahas, D., Kartika, Y., Indraswati, N., & Ismadji, S. (2008). Activated carbon from jackfruit peel waste by H₃PO₄ chemical activation: Pore structure and surface chemistry characterization. *Chemical Engineering Journal (Lausanne, Switzerland: 1996)*, 140(1–3), 32–42. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2007.08.032>
- Thammarutwasik, P. (2008). *Progress report: Extraction of prebiotics from agricultural plants*. Prince of Songkla University.
- Tuohy, K. M., Probert, H. M., Smejkal, C. W., & Gibson, G. R. (2003). Using probiotics and prebiotics to improve gut health. *Drug Discovery Today*, 8(15), 692–700. [https://doi.org/10.1016/s1359-6446\(03\)02746-6](https://doi.org/10.1016/s1359-6446(03)02746-6)
- Saqib, A. A. N., & Whitney, P. J. (2011). Differential behaviour of the dinitrosalicylic acid (DNS) reagent towards mono- and di-saccharide sugars. *Biomass and Bioenergy*, 35(11), 4748–4750. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2011.09.007>
- Umoren, S. A., Obot, I. B., Madhankumar, A., & Gasem, Z. M. (2015). Performance evaluation of pectin as ecofriendly corrosion inhibitor for X60 pipeline steel in acid medium: experimental and theoretical approaches. *Carbohydrate Polymers*, 124, 280–291. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.02.036>
- Wannapit, J. (2010). *Study of Prebiotics and Phenolic Compounds Extraction from Jackfruit Seeds*. Prince of Songkla University.
- Woolery-Lloyd, H., Andriessen, A., Day, D., Gonzalez, N., Green, L., Grice, E., & Henry, M. (2023). Review of the microbiome in skin aging and the effect of a topical prebiotic containing thermal spring water. *Journal of Cosmetic Dermatology*, 22(1), 96–102. <https://doi.org/10.1111/jocd.15464>
- Wang, Y. (2009). Prebiotics: Present and future in food science and technology. *Food Research International (Ottawa, Ont.)*, 42(1), 8–12. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2008.09.001>

- Zhang, Y., Li, X., Wang, L., & Chen, H. (2024). Efficacy and safety of a cream containing panthenol, prebiotics, and probiotic lysate for improving sensitive skin symptoms. *Skin Research and Technology*, 30(1), e13540.
<https://doi.org/10.1111/srt.13540>
- Zubaydah, W. O. S., Sahumena, M. H., Fatimah, W. O. N., Sabarudin, S., Arba, M., & Taeri, Y. (2021). Determination of antiradical activity and phenolic and flavonoid contents of extracts and fractions of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lamk) seeds. *Food Research*, 5(3), 36–43.
[https://doi.org/10.26656/fr.2017.5\(3\).563](https://doi.org/10.26656/fr.2017.5(3).563)
- Zuwariah, S., Norhidayah, A. R., & Noor Atiqah, A. R. (2018). Nutritional and amino acid compositions of germinated, roasted and raw jackfruit seed flours. *Food Research*, 2(6), 603–608.

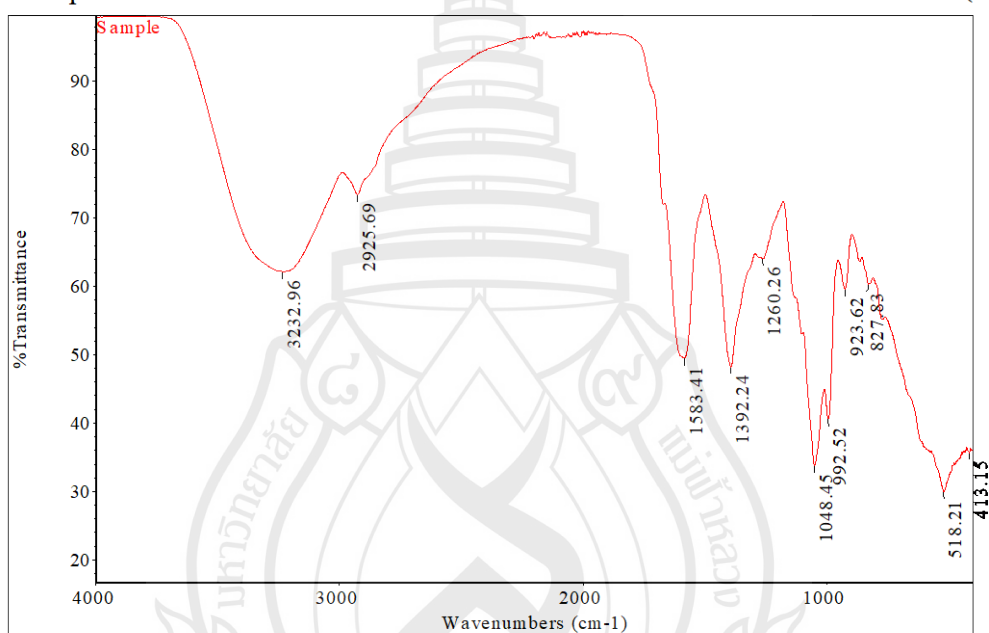


ภาคผนวก ก

ผลวิเคราะห์อินฟราเรดฟูเรียร์ทรานสฟอร์มร่วมกับเทคนิคการสะท้อนของ
สารสกัดเมล็ดขนุน (ATR-FTIR)

Sample

Thu Oct 17 09:52:36 2024 (



Thu Oct 17 09:51:50 2024 (GMT+07:00)

FIND PEAKS:

Spectrum: Sample
Region: 4000.00 400.00
Absolute threshold: 90.136
Sensitivity: 72

Peak list

Position	Intensity
413.15	35.583
518.21	29.904
827.83	60.250
923.62	59.504
992.52	40.529
1048.45	33.717
1260.26	64.005
1392.24	48.163
1583.41	49.474
2925.69	73.413
3232.96	62.104

Collection time: Thu Oct 17 09:46:53 2024

Number of sample scans: 32

Number of background scans: 32

Resolution: 4.000

Sample gain: 1.0

Optical velocity: 0.4747

Aperture: 100.00

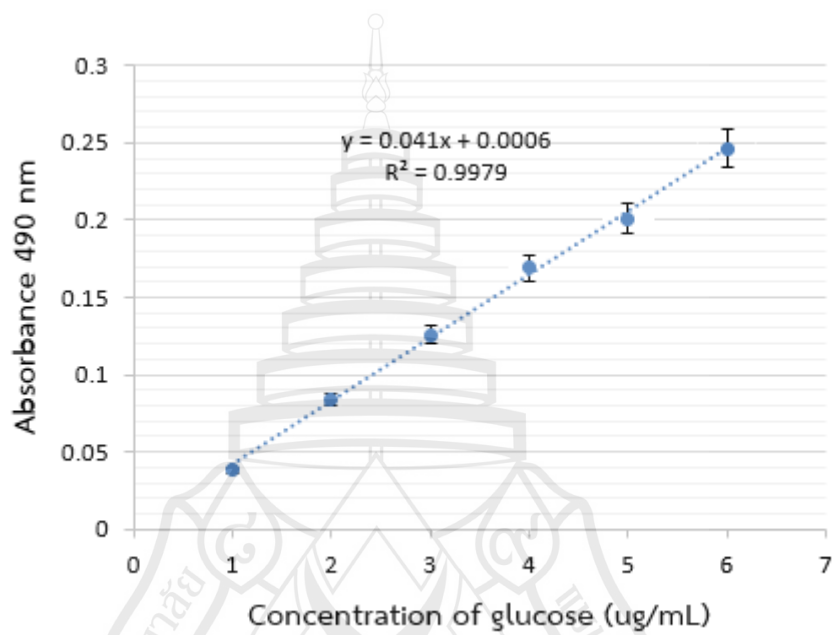
Detector: DTGS ATR

Beamsplitter: KBr

Source: IR

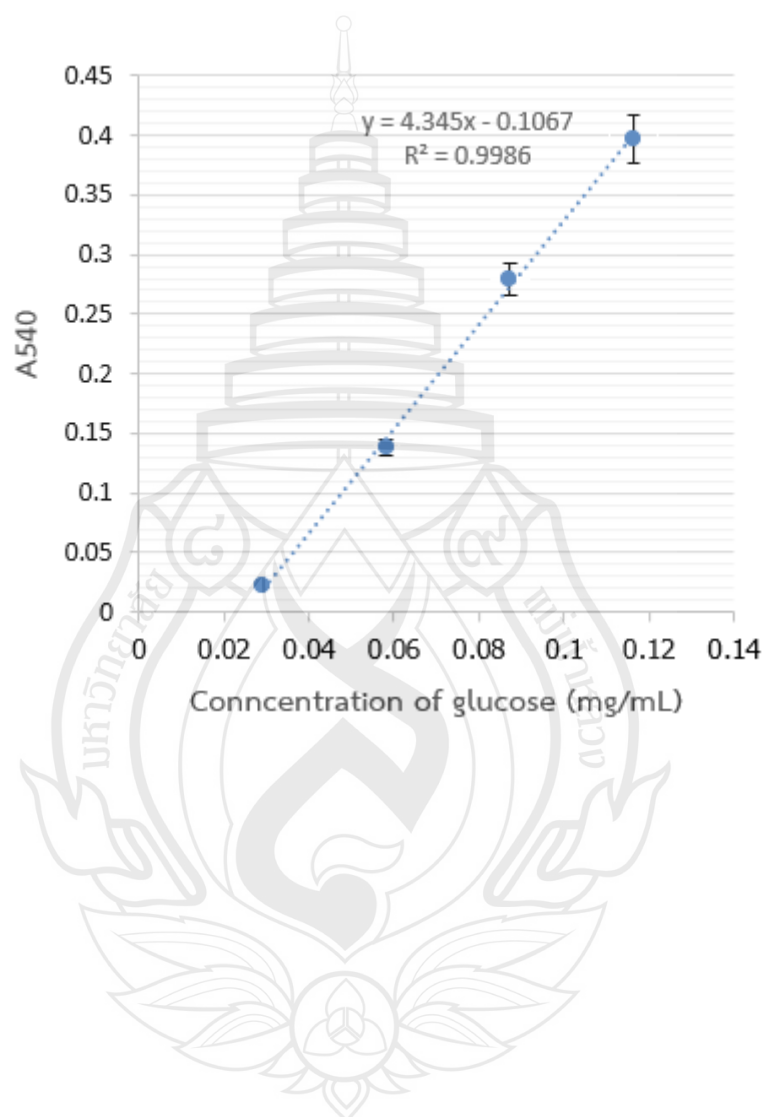
ภาคผนวก ข

กราฟมาตรฐานค่าการดูดกลืนแสงที่ 490 nm ของสารละลายกลูโคส



ภาคผนวก ค

กราฟมาตรฐานค่าการดูดกลืนแสงที่ 540 nm ของสารละลายกลูโคส



ประวัติผู้ประพันธ์

ชื่อ

ฐนัชช เนืองจำนงค์

ประวัติการศึกษา

2552

ปริญญาตรี การแพทย์แผนไทยประยุกต์บัณฑิต
มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

ประวัติการทำงาน

2560-ปัจจุบัน

ผู้จัดการทั่วไป
บริษัท เดอร์มา เอ็มดี จำกัด

