การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพจากเส้นใยหน่อไม้สด

วิทยานิพนธ์

ของ

ปิยพร สีแวง

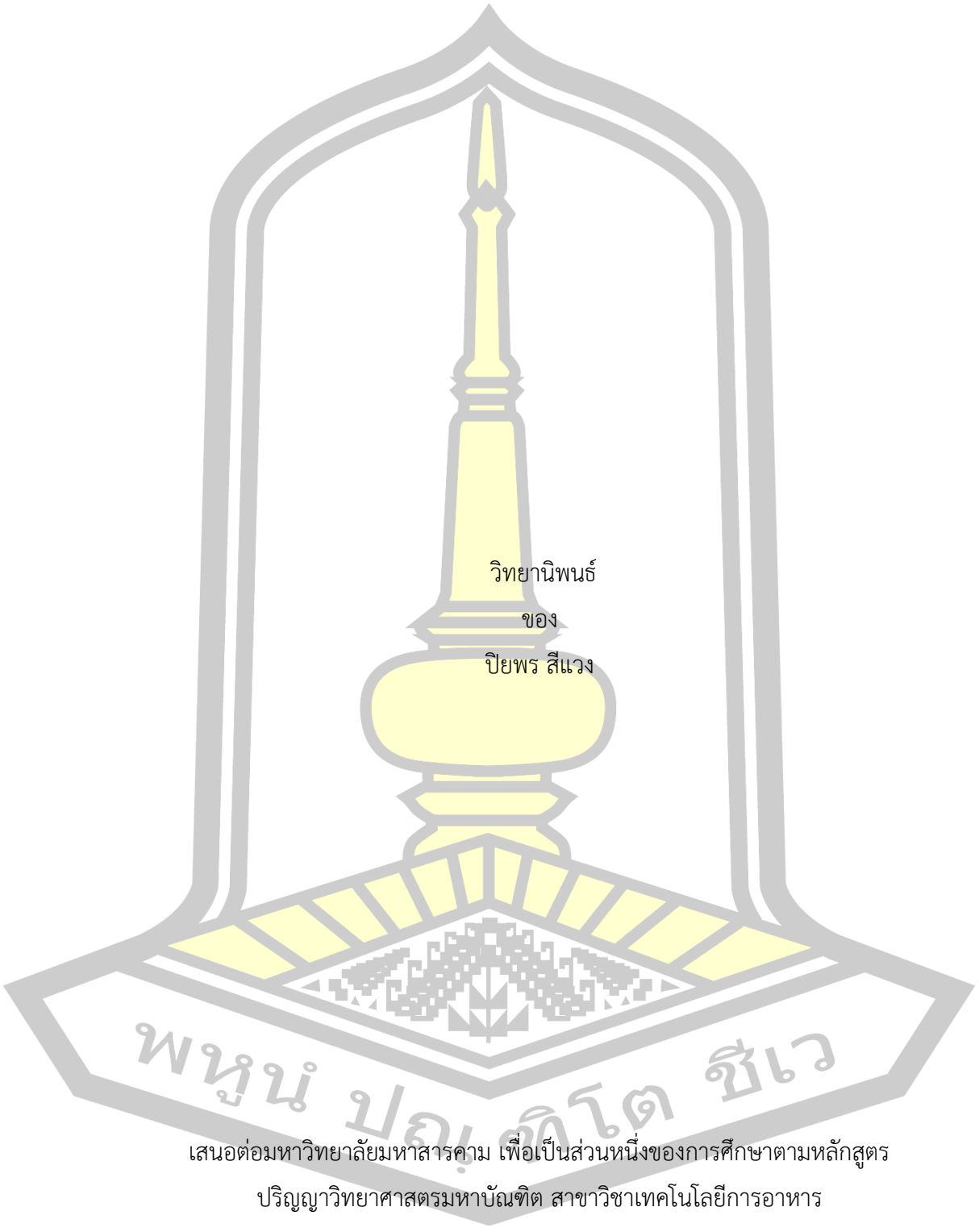
เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร

ตุลาคม 2561

สงวนลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพจากเส้นใยหน่อไม้สด



วิทยานิพนธ์

ของ

ปิยพร สีแวง

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร

ตุลาคม 2561

สงวนลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Product Development of Functional Food from Bamboo shoot Fiber

Piyaporn Seewaeng

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements

for Master of Science (Food Technology)

October 2018

Copyright of Mahasarakham University

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนางสาวปิยพร สีแวง แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ผศ. ดร. เกรียงศักดิ์ บรรลือ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รศ. ดร. ศิริธร ศิริอมรพรรณ)

.....กรรมการ
(ผศ. ดร. สุดาทิพย์ อินทร์ชื่น)

.....กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก
(อ. ดร. พรพิษณุ ธรรมปัทม์)

มหาวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

.....
(รศ. ดร. อนุชิตา มุ่งงาม)
คณบดีคณะเทคโนโลยี

.....
(ผศ. ดร. กริสน์ ชัยมูล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
วัน.....เดือน.....ปี.....

ชื่อเรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพจากเส้นใยหน่อไม้สด
ผู้วิจัย ปิยพร สีแวง
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. ศิริธร ศิริอมรพรรณ
ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต **สาขาวิชา** เทคโนโลยีการอาหาร
มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม **ปีการศึกษา** 2561

บทคัดย่อ

เนื่องจากประเทศไทยสามารถผลิตหน่อไม้ได้ในปริมาณมากต่อปีแต่มีการนำหน่อไม้มาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารในเชิงพาณิชย์ไม่หลากหลายเท่าที่ควรและมีมูลค่าค่อนข้างต่ำ ซึ่งหน่อไม้เป็นพืชที่มีแคลอรี่ต่ำ มีปริมาณเส้นใยอาหารสูงและอุดมไปด้วยสารอาหาร รวมทั้งสารต้านอนุมูลอิสระ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมี ปริมาณออกซาเลต ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในหน่อไม้สายพันธุ์ต่างๆ (หน่อไม้ตงลืมแล้ง, หน่อไม้เลี้ยง และหน่อไม้บงหวาน) และผลของวิธีการแปรรูป (การล้าง, การแช่ 1, 3, 5, 7 และ 10 ชั่วโมง, การต้ม 10, 30 และ 60 นาที) ต่อปริมาณออกซาเลตและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในหน่อไม้ เพื่อคัดเลือกหน่อไม้สายพันธุ์ที่เหมาะสม จากนั้นนำไปศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้งเส้นใยจากหน่อไม้เพื่อเป็นแนวทางในการนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพต้นแบบจากเส้นใยหน่อไม้

ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของหน่อไม้ตงลืมแล้ง หน่อไม้เลี้ยง และหน่อไม้บงหวาน พบว่า ปริมาณความชื้น เถ้า ไขมัน เส้นใย โปรตีน และคาร์โบไฮเดรต มีความแตกต่างกัน ($p<0.05$) ปริมาณออกซาเลตทำการวิเคราะห์โดยใช้เครื่อง high performance liquid chromatography (HPLC) พบว่าหน่อไม้เลี้ยงปริมาณออกซาเลตรวมและปริมาณออกซาเลตที่ละลายน้ำมากที่สุด (2335 และ 1654 mg/100 g DW ตามลำดับ) หน่อไม้บงหวานมีปริมาณปริมาณออกซาเลตรวมและปริมาณออกซาเลตที่ละลายน้ำน้อยที่สุด การล้างทำให้ปริมาณออกซาเลตที่ละลายน้ำในหน่อไม้ลดลง 3.6-8.4% การแช่หน่อไม้ในน้ำนาน 10 ชั่วโมง ส่งผลให้ปริมาณออกซาเลตที่ละลายน้ำในหน่อไม้ลดลง 30-41% และปริมาณออกซาเลตที่ละลายน้ำในหน่อไม้หลังจากการต้มเป็นนาน 60 นาที ทำให้ปริมาณออกซาเลตที่ละลายน้ำลดลง 63-87% การต้มนาน 60 นาที เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการลดปริมาณออกซาเลตที่ละลายน้ำ จากนั้นทำการศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging (DPPH), Ferric- reducing antioxidant power (FRAP) และ Total Phenolic content (TPC) ในหน่อไม้ดิบและหน่อไม้ที่ผ่านการแปรรูปแล้ว ผล

การศึกษาพบว่าหน่อไม้ที่ผ่านกระบวนการแปรรูปนั้นจะมีค่าเปอร์เซ็นต์ยับยั้งของ DPPH radical, ค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อระยะเวลาการของการแปรรูปที่นานมากขึ้น การศึกษาอุณหภูมิในการอบแห้งเส้นใยจากหน่อไม้ 3 ระดับ คือ 60, 70 และ 80 °C จากผลการวิเคราะห์พบว่าการอบแห้งเส้นใยที่อุณหภูมิ 60 °C มีคุณสมบัติทางกายภาพ คุณสมบัติทางเคมี และคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของเส้นใยดีที่สุด

โดยสรุปจากผลการทดลองหน่อไม้ตงลืมแล้งเป็นหน่อไม้สายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือก ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่มีปริมาณเส้นใยมากที่สุดจึงเหมาะสมที่จะนำไปพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพต้นแบบจากเส้นใยหน่อไม้ การเตรียมทำได้โดยการต้มนาน 60 นาที เพื่อกำจัดออกซาเลต แล้วนำไปอบแห้งแบบลมร้อนโดยใช้อุณหภูมิ 60 °C ทำให้เส้นใยมีคุณสมบัติที่ดีเหมาะสำหรับนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ จากนั้นนำไปบรรจุในแคปซูลขนาด 500 มิลลิกรัม และผลิตภัณฑ์เส้นใยจากหน่อไม้บรรจุแคปซูลมีต้นทุนการผลิต 2.11 บาท/แคปซูล

คำสำคัญ : เส้นใยหน่อไม้, อาหารเพื่อสุขภาพ, ออกซาเลต, ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ, คุณสมบัติเชิงหน้าที่

พหูน ปณฺฑิโต ชีเว

TITLE Product Development of Functional Food from Bamboo shoot Fiber

AUTHOR Piyaporn Seewaeng

ADVISORS Associate Professor Sirithon Siriamornpun , Ph.D.

DEGREE Master of Science **MAJOR** Food Technology

UNIVERSITY Mahasarakham University **YEAR** 2018

ABSTRACT

Thailand can produce bamboo shoot in large quantities per year. However, bamboo shoots are not commercially processed and relatively low in value. It has low in calories, high in fiber content and rich in nutrients. This study investigated the chemical composition, oxalate content, total phenolic content and antioxidant activity of 3 species bamboo shoots (*Bambusa beecheyana*, *Bambusa glaucescence* and *Bambusa burmanica*). The various processing treatments, namely washing, soaking (1, 3, 5, 7 and 10 h) and boiling (10, 30 and 60 min) of the 3 species bamboo shoot were investigated for the effects on the oxalate content, total phenolic content and antioxidant activity to select opposite species. Then, the optimum temperature for drying of bamboo shoot fiber was studied to develop a healthy food product from bamboo shoot fiber.

The result of chemical composition 3 species bamboo shoot found that significantly different ($p<0.05$). The result oxalate content was analyzed using by high-performance liquid chromatography (HPLC) found that *B. glaucescence* had the highest total oxalate and soluble oxalate content (2335 and 1654 mg/100 g DW, respectively). These varieties were processed by washing in water for 5 min, resulting in a 3.6-8.4% reduction in soluble oxalate content. Soaking the bamboo shoots for 10 h in water resulted in a 30-41% reduction in soluble oxalate content of the raw tissues. Boiling for 60 min was the most effective way to reduce the soluble oxalate levels. A 63-87% reduction in soluble oxalate in the bamboo shoots. DPPH radical

scavenging activity (DPPH) and Ferric-reducing antioxidant power (FRAP) was used for evaluating their antioxidant activity and total phenolic content (TPC). The results found that the processed all bamboo shoots had the DPPH, FRAP and TPC decreased significantly when the processing time was longer. The study of drying temperature of bamboo shoot fiber at 3 levels (60, 70 and 80 $^{\circ}$ C). The result of physical properties, chemical properties and functional properties of fiber found that drying at 60 $^{\circ}$ C is the highest quality.

In conclusion, the selected species is *B. beecheyana* and prepared by boiling for 60 min to remove the oxalate, drying at 60 $^{\circ}$ C to obtain fiber is good for the development of the product. Were packed in capsules of 500 mg and the capsule bamboo shoot fiber products has a capsule cost of 2.11 baht/capsule.

Keyword : Bamboo shoot, Healthy food, Oxalate, Antioxidant activity, Functional properties

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้รับทุนจากโครงการพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรม (พวอ.) ระดับปริญญาโท 2559 ที่ได้ให้งบสนับสนุนในการทำวิจัยและพัฒนางานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรมในครั้งนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากรองศาสตราจารย์ ดร.ศิริธร ศิริอมรพรรณ ประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ บรรลือ ประธานกรรมการสอบผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุดาทิพย์ อินทร์ชื่น กรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ อาจารย์ ดร.พรพิษณุ ธรรมปัทม์ กรรมการ ผู้ทรงคุณวุฒิ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหารและโภชนศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคามทุกท่าน ที่ให้ความคำแนะนำทางด้านวิชาการและงานวิจัย

ขอขอบคุณ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคามและมหาวิทยาลัยมหาสารคามที่ได้สนับสนุนงบประมาณในกาวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาในครั้งนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการเคมี ห้องปฏิบัติการการแปรรูปอาหาร ห้องปฏิบัติการทางจุลชีววิทยา ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหารและโภชนศาสตร์ที่อำนวยความสะดวกการใช้เครื่องอุปกรณ์และสารเคมี

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ศูนย์เครื่องมือกลางที่อำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือตลอดจนให้คำแนะนำในการใช้เครื่องมือ

สุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณบุพการี ที่คอยสนับสนุนและให้กำลังใจและกำลังทุนทรัพย์ ขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ น้องๆ ทุกท่านที่ค่อยช่วยแนะนำและช่วยเหลือ ทำให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยดีทุกประการ

ปิยพร สีแวง

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ฉ
กิตติกรรมประกาศ ..... ช
สารบัญ ..... ฌ
สารบัญตาราง ..... ฎ
สารบัญภาพประกอบ ..... ฑ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ภูมิหลัง 1
1.2 ความมุ่งหมายของงานวิจัย 2
1.3 สมมุติฐานของการวิจัย 2
1.4 ความสำคัญของงานวิจัย 3
1.5 ขอบเขตงานวิจัย 3
1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ 4
บทที่ 2 ปริทัศน์เอกสารข้อมูล 6
2.1 ข้อมูลทั่วไปของหน่อไม้ 6
2.2 ใยอาหาร 17
2.3 ออกซาเลต (oxalate) 25
2.4 ผลของกระบวนการแปรรูปต่างๆ ต่อปริมาณออกซาเลต 27
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 28
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 32
3.1 ขอบเขตการวิจัย 32

3.2 วัสดุอุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการวิจัย 39
3.3 วิธีการดำเนินการวิจัย 41
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล 46
3.5 สถิติที่ใช้ในการวิจัย 46
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปราย 47
4.1 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล 47
4.2 ลำดับขั้นในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล 47
4.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 48
บทที่ 5 สรุปผล และข้อเสนอแนะ 72
5.1 ความมุ่งหมายของงานวิจัย 72
5.2 สมมติฐานของการวิจัย 72
5.3 สรุปผล 73
5.4 ข้อเสนอแนะ 78
บรรณานุกรม 80
ภาคผนวก 85
ภาคผนวก ก คุณสมบัติทางกายภาพ 86
ภาคผนวก ข คุณสมบัติทางเคมี 88
ภาคผนวก ค คุณสมบัติเชิงหน้าที่ 96
ภาคผนวก ง ภาพประกอบการวิจัย 98
ภาคผนวก จ การวิเคราะห์ทางสถิติ 104
ประวัติผู้เขียน 124

สารบัญตาราง

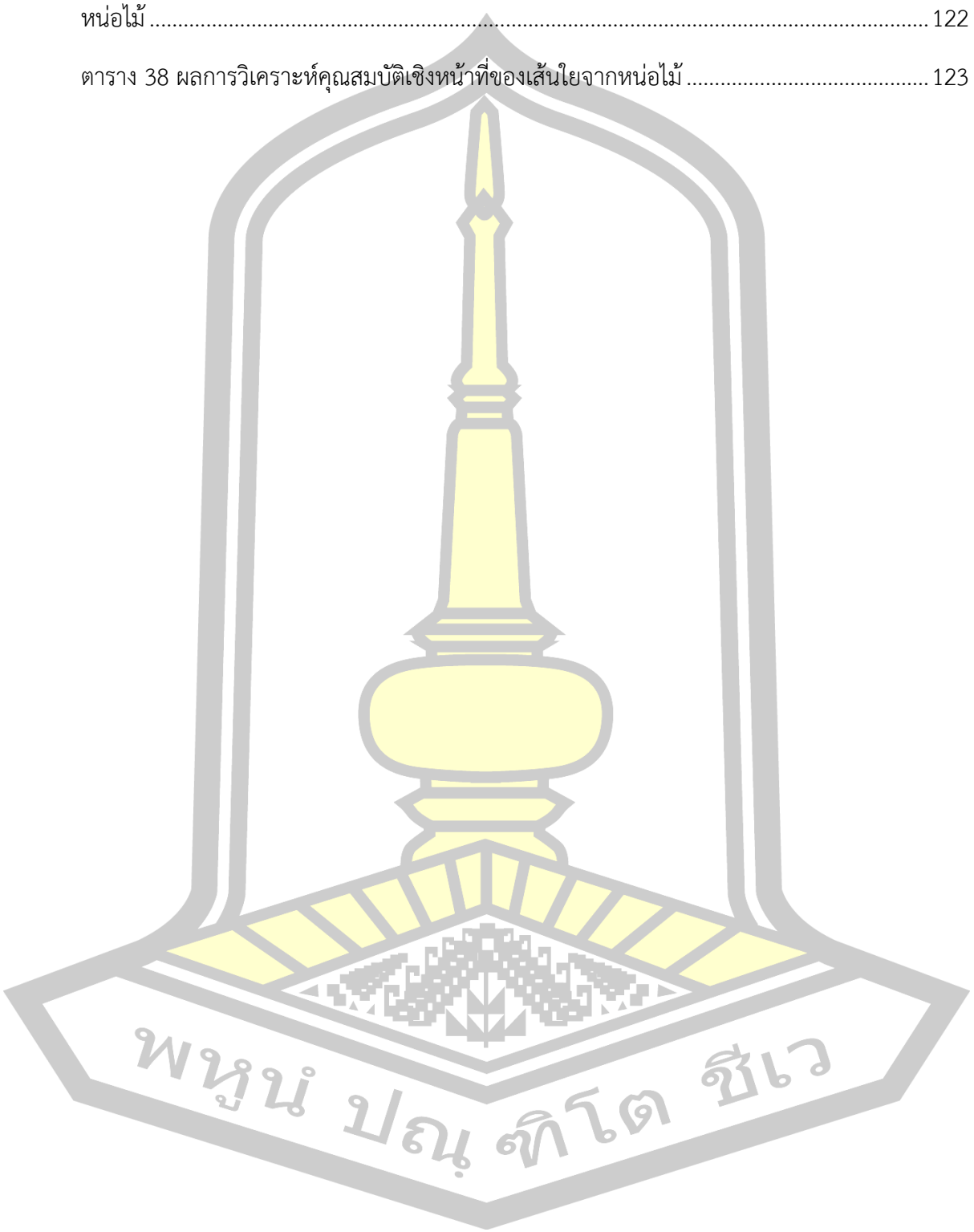
หน้า

ตาราง 1 ไผ่ 10 ชนิดที่มีความสำคัญทางการค้าของไทย 7
ตาราง 2 คุณค่าทางโภชนาการ (g/100 g fresh weight) ของหน่อไม้สดชนิดต่างๆ 8
ตาราง 3 หน่อไม้ที่ใช้บริโภคที่มีความสำคัญทางการค้าของประเทศต่างๆ 9
ตาราง 4 การประยุกต์ใช้เส้นใยไผ่ในอุตสาหกรรมอาหาร 16
ตาราง 5 องค์ประกอบทางเคมีของหน่อไม้ 48
ตาราง 6 ปริมาณออกซาเลตในหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ 50
ตาราง 7 ผลของการล้าง (washing) ต่อปริมาณออกซาเลตในหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ 51
ตาราง 8 ผลของการแช่ (soaking) ต่อปริมาณออกซาเลตในหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ 52
ตาราง 9 ผลของการต้ม (boiling) ต่อปริมาณออกซาเลตในหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ 53
ตาราง 10 คุณสมบัติทางกายภาพของเส้นใยหน่อไม้ 65
ตาราง 11 คุณสมบัติทางเคมีของเส้นใยหน่อไม้ 66
ตาราง 12 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของเส้นใยหน่อไม้ 67
ตาราง 13 คุณสมบัติเชิงหน้าที่ของเส้นใยหน่อไม้ 69
ตาราง 14 การวิเคราะห์ต้นทุนของผลิตภัณฑ์เส้นใยหน่อไม้บรรจุแคปซูล 71
ตาราง 15 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของหน่อไม้ 105
ตาราง 16 ผลการวิเคราะห์ปริมาณออกซาเลตในหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ 106
ตาราง 17 ผลการวิเคราะห์ปริมาณออกซาเลตในหน่อไม้ตงลืมแล้งที่ผ่านการแปรรูปโดยการล้าง 107
ตาราง 18 ผลการวิเคราะห์ปริมาณออกซาเลตในหน่อไม้ตงลืมแล้งที่ผ่านการแปรรูปโดยการแช่ที่ระยะเวลาต่างๆ 107
ตาราง 19 ผลการวิเคราะห์ปริมาณออกซาเลตในหน่อไม้ตงลืมแล้งที่ผ่านการแปรรูปโดยการต้มที่ระยะเวลาต่างๆ 108
ตาราง 20 ผลการวิเคราะห์ปริมาณออกซาเลตในหน่อไม้เลี้ยงที่ผ่านการแปรรูปโดยการล้าง 108

ตาราง 21 ผลการวิเคราะห์ปริมาณออกซาเลตในหน่อไม้เลี้ยงที่ผ่านการแปรรูปโดยการแช่ที่ระยะเวลาต่างๆ 109
ตาราง 22 ผลการวิเคราะห์ปริมาณออกซาเลตในหน่อไม้เลี้ยงที่ผ่านการแปรรูปโดยการต้มที่ระยะเวลาต่างๆ 109
ตาราง 23 ผลการวิเคราะห์ปริมาณออกซาเลตในหน่อไม้บงหวานที่ผ่านการแปรรูปโดยการล้าง 110
ตาราง 24 ผลการวิเคราะห์ปริมาณออกซาเลตในหน่อไม้บงหวานที่ผ่านการแปรรูปโดยการแช่ที่ระยะเวลาต่างๆ 110
ตาราง 25 ผลการวิเคราะห์ปริมาณออกซาเลตในหน่อไม้บงหวานที่ผ่านการแปรรูปโดยการต้มที่ระยะเวลาต่างๆ 111
ตาราง 26 ผลการวิเคราะห์ฤทธิ์ทางชีวภาพในหน่อไม้ตงลืมแล้งที่ผ่านการแปรรูปโดยการล้าง 111
ตาราง 27 ผลการวิเคราะห์ฤทธิ์ทางชีวภาพในหน่อไม้ตงลืมแล้งที่ผ่านการแปรรูปโดยการแช่ที่ระยะเวลาต่างๆ 112
ตาราง 28 ผลการวิเคราะห์ฤทธิ์ทางชีวภาพในหน่อไม้ตงลืมแล้งที่ผ่านการแปรรูปโดยการต้มที่ระยะเวลาต่างๆ 113
ตาราง 29 ผลการวิเคราะห์ฤทธิ์ทางชีวภาพในหน่อไม้เลี้ยงที่ผ่านการแปรรูปโดยการล้าง..... 114
ตาราง 30 ผลการวิเคราะห์ฤทธิ์ทางชีวภาพในหน่อไม้เลี้ยงที่ผ่านการแปรรูปโดยการแช่ที่ระยะเวลาต่างๆ 115
ตาราง 31 ผลการวิเคราะห์ฤทธิ์ทางชีวภาพในหน่อไม้เลี้ยงที่ผ่านการแปรรูปโดยการต้มที่ระยะเวลาต่างๆ 116
ตาราง 32 ผลการวิเคราะห์ฤทธิ์ทางชีวภาพในหน่อไม้บงหวานที่ผ่านการแปรรูปโดยการล้าง..... 117
ตาราง 33 ผลการวิเคราะห์ฤทธิ์ทางชีวภาพในหน่อไม้บงหวานที่ผ่านการแปรรูปโดยการแช่ที่ระยะเวลาต่างๆ 118
ตาราง 34 ผลการวิเคราะห์ฤทธิ์ทางชีวภาพในหน่อไม้บงหวานที่ผ่านการแปรรูปโดยการต้มที่ระยะเวลาต่างๆ 119
ตาราง 35 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของเส้นใยจากหน่อไม้ 120
ตาราง 36 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติเคมีของเส้นใยจากหน่อไม้ 121

ตาราง 37 ผลการวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของเส้นใยจากหน่อไม้ 122

ตาราง 38 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงหน้าที่ของเส้นใยจากหน่อไม้ 123



สารบัญภาพประกอบ

หน้า

ภาพประกอบ 1 หน่อไม้ตงลืมแล้ง 10
ภาพประกอบ 2 หน่อไม้เลี้ยง 11
ภาพประกอบ 3 หน่อไม้บงหวาน 12
ภาพประกอบ 4 ใยอาหารที่ละลายน้ำ (soluble dietary fiber) 18
ภาพประกอบ 5 ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (insoluble dietary fiber) 19
ภาพประกอบ 6 โครงสร้างกรดออกซาลิก 25
ภาพประกอบ 7 แผนดำเนินงานงานวิจัยการทดลองที่ 1 35
ภาพประกอบ 8 แผนดำเนินงานงานวิจัยการทดลองที่ 2 36
ภาพประกอบ 9 แผนดำเนินงานงานวิจัยการทดลองที่ 3 37
ภาพประกอบ 10 แผนดำเนินงานงานวิจัยการทดลองที่ 4 38
ภาพประกอบ 11 เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง DPPH radicals ของหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ที่ผ่านการแปรรูปโดยการล้าง 55
ภาพประกอบ 12 ค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี Ferric reducing antioxidant power ของหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ที่ผ่านการแปรรูปโดยการล้าง 56
ภาพประกอบ 13 ปริมาณ Total Phenolic content ของหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ที่ผ่านการแปรรูปโดยการล้าง 57
ภาพประกอบ 14 เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง DPPH radicals ของหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ที่ผ่านการแปรรูปโดยการแช่ 58
ภาพประกอบ 15 ค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี Ferric reducing antioxidant power ของหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ที่ผ่านการแปรรูปโดยการแช่ 59
ภาพประกอบ 16 ปริมาณ Total Phenolic content ของหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ที่ผ่านการแปรรูปโดยการแช่ 60

ภาพประกอบ 17 เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง DPPH radicals ของหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ที่ผ่านการแปรรูปโดยการต้ม 61

ภาพประกอบ 18 ค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี Ferric reducing antioxidant power ของหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ที่ผ่านการแปรรูปโดยการต้ม 62

ภาพประกอบ 19 ปริมาณ Total Phenolic content ของหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ที่ผ่านการแปรรูปโดยการต้ม 63

ภาพประกอบ 20 ผลิตภัณฑ์เส้นใยหน่อไม้บรรจุแคปซูล 70

ภาพประกอบ 21 โครมาโตแกรมของ standard total oxalate วิเคราะห์โดยใช้ HPLC 99

ภาพประกอบ 22 โครมาโตแกรมของ standard soluble oxalate วิเคราะห์โดยใช้ HPLC 99

ภาพประกอบ 23 โครมาโตแกรมของ total oxalate ในตัวอย่างหน่อไม้ดิบ วิเคราะห์โดยใช้ HPLC 100

ภาพประกอบ 24 โครมาโตแกรมของ soluble oxalate ในตัวอย่างหน่อไม้ดิบ วิเคราะห์โดยใช้ HPLC 100

ภาพประกอบ 25 ผลการทดสอบ total phenolic contents ในตัวอย่างหน่อไม้ตงลืมแล้ง 101

ภาพประกอบ 26 ผลการทดสอบ total phenolic contents ในตัวอย่างหน่อไม้เลี้ยง 101

ภาพประกอบ 27 ผลการทดสอบ total phenolic contents ในตัวอย่างหน่อไม้บงหวาน 102

ภาพประกอบ 28 เส้นใยหน่อไม้ 103

ภาพประกอบ 29 ผลิตภัณฑ์เส้นใยหน่อไม้บรรจุแคปซูล 103

พหูน ปณ ฑิโต ชีเว

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ภูมิหลัง

เนื่องจากปัจจุบันผู้บริโภคใส่ใจต่อสุขภาพมากขึ้นและมีการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพมากขึ้นตลาดอาหารเพื่อสุขภาพมีการขยายตัวค่อนข้างสูงและมีการพัฒนาให้แปลกใหม่อยู่เสมอ ซึ่งเส้นใยอาหารเป็นสารอาหารที่ไม่ให้พลังงาน แต่มีประโยชน์ต่อสุขภาพและจัดเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ (functional food) เป็นอาหารที่เหมาะสำหรับคนทั่วไป มนุษย์ควรรับประทานใยอาหารที่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกายในแต่ละวัน Thai Recommended Daily Intake (Thai RDI) ได้กำหนดปริมาณเส้นใยอาหารที่ร่างกายควรรับเท่ากับ 25-30 กรัมต่อวัน แต่ถ้าหากรับประทานใยอาหารในปริมาณมากๆ จะลดการดูดซึมของแร่ธาตุบางชนิด เช่น แคลเซียม วิตามิน และแร่ธาตุ เป็นต้น ซึ่งแหล่งของเส้นใยอาหารส่วนใหญ่มักพบในพืช เช่น หน่อไม้ ซึ่งเป็นพืชที่มีแคลอรี่ต่ำ มีปริมาณเส้นใยอาหารสูงและอุดมไปด้วยสารอาหารรวมทั้งโปรตีน คาร์โบไฮเดรต กรดอะมิโน แร่ธาตุ เป็นต้น เส้นใยที่ได้จากส่วนของหน่อไม้ประกอบด้วยเส้นใยที่ไม่ละลายน้ำมากกว่า 90% ที่ไม่สามารถย่อยสลายได้โดยระบบทางเดินอาหารของมนุษย์ (Sloan, 2008) แต่จะพองตัวในกระเพาะอาหาร มีส่วนช่วยควบคุมน้ำหนักตัว ทำให้รู้สึกอิ่มเร็วขึ้น และยังช่วยกระตุ้นการทำงานของลำไส้ ช่วยรักษาอาการท้องผูก และช่วยป้องกันมะเร็งลำไส้ใหญ่ ในการนำเส้นใยจากหน่อไม้มาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ เนื่องจากประเทศไทยสามารถผลิตหน่อไม้ได้ในปริมาณมากต่อปี แต่มีการนำหน่อไม้มาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารในเชิงพาณิชย์ไม่หลากหลายเท่าที่ควรและมีมูลค่าค่อนข้างต่ำ ซึ่งปัจจุบันหน่อไม้สดราคาประมาณกิโลกรัมละ 20 บาท หากสามารถนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพคาดว่าจะสามารถเพิ่มมูลค่าให้แก่หน่อไม้ได้หลายเท่า เนื่องจากหน่อไม้มีรสชาติอร่อย มีคุณค่าทางโภชนาการและเป็นยา มีประโยชน์ต่อระบบหมุนเวียนของเหลวในร่างกาย ทำให้หน่อไม้ถูกจัดให้เป็นอาหารเพื่อสุขภาพอันดับที่ 5 ของโลก (Bao, 2006) หน่อไม้อ่อนเป็นแหล่งอุดมไปด้วยสารอาหารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ รวมทั้งสารต้านอนุมูลอิสระและคุณสมบัติต้านมะเร็ง นอกจากนี้หน่อไม้สดยังเป็นแหล่งที่ดีของวิตามินบี 1 (ไทอะมีน) วิตามินบี 3 (ไนอะซิน) วิตามินเอ วิตามินบี 6 และวิตามินอี (วิลาวัลย์ พงษ์พิทักษ์, 2560) หน่อไม้ตง หน่อไม้เลี้ยง และหน่อไม้บงหวานเป็นหน่อไม้ที่พบมากในประเทศไทย มีรสชาติดีคนไทยนิยมนำมาบริโภค โดยนำไปประกอบอาหารคาว เช่น แกงหน่อไม้ และซุปหน่อไม้ หรือนำมาแปรรูปโดยการทำหน่อไม้ปี๊บ เป็นต้น (วราภรณ์ กุศลารักษ์ และนิพัฒน์ ลิ้มสงวน, 2558)

อย่างไรก็ตามหน่อไม้ยังมีสารที่เป็นอันตรายและส่งผลต่อสุขภาพของมนุษย์ ได้แก่ ออกซาเลต (oxalate) ที่มีอยู่ตามธรรมชาติ เช่นเดียวกับผักโขม งา หน่อไม้ฝรั่ง และพืชอื่นๆ เป็นต้น

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้สนใจศึกษาองค์ประกอบทางเคมี ปริมาณออกซาเลตในหน่อไม้สายพันธุ์ต่างๆ และศึกษาวิธีการกำจัดออกซาเลตในหน่อไม้สายพันธุ์ต่างๆ โดยใช้วิธีการแปรรูป ตลอดจนศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในหน่อไม้สายพันธุ์ต่างๆ และวิธีการแปรรูปต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในหน่อไม้สายพันธุ์ต่างๆ เพื่อคัดเลือกสายพันธุ์หน่อไม้และวิธีการแปรรูปที่เหมาะสมไปศึกษาอุณหภูมิในการอบแห้งหน่อไม้และคุณสมบัติทางกายภาพ คุณสมบัติทางเคมี คุณสมบัติเชิงหน้าที่ และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของหน่อไม้ เพื่อเป็นข้อมูลที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพต้นแบบจากเส้นใยหน่อไม้ต่อไป

1.2 ความมุ่งหมายของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของหน่อไม้ 3 สายพันธุ์

1.2.2 เพื่อศึกษาปริมาณออกซาเลตในหน่อไม้ 3 สายพันธุ์และศึกษาวิธีการกำจัดออกซาเลตโดยใช้การแปรรูป

1.2.3 เพื่อศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ ทั้งก่อนและหลังผ่านกระบวนการแปรรูป

1.2.4 เพื่อศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้งเส้นใยจากหน่อไม้ และคุณสมบัติทางกายภาพ คุณสมบัติทางเคมี คุณสมบัติเชิงหน้าที่ของเส้นใยจากหน่อไม้

1.2.5 เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพต้นแบบจากเส้นใยหน่อไม้

1.3 สมมุติฐานของการวิจัย

1.3.1 องค์ประกอบทางเคมีในหน่อไม้ 3 สายพันธุ์มีความแตกต่างกัน

1.3.2 ปริมาณออกซาเลตในหน่อไม้ 3 สายพันธุ์มีความแตกต่างกัน และวิธีการแปรรูปสามารถกำจัดออกซาเลตในหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ได้

1.3.3 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ทั้งก่อนและหลังผ่านกระบวนการแปรรูปอาจจะมีการเพิ่มขึ้นหรือลดลงได้

1.3.4 อุณหภูมิในการอบแห้งเส้นใยจากหน่อไม้มีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพ คุณสมบัติทางเคมี และคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของเส้นใยจากหน่อไม้

1.3.5 ได้ผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพต้นแบบจากเส้นใยหน่อไม้

1.4 ความสำคัญของงานวิจัย

1.4.1 ได้ทราบถึงองค์ประกอบทางเคมีของหน่อไม้ 3 สายพันธุ์

1.4.2 ได้ทราบถึงปริมาณออกซาเลตในหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ และวิธีการกำจัดออกซาเลตในหน่อไม้ 3 สายพันธุ์

1.4.3 ได้ทราบถึงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ ทั้งก่อนและหลังผ่านกระบวนการแปรรูป

1.4.4 ได้ทราบถึงอุณหภูมิในการอบแห้งเส้นใยจากหน่อไม้ต่อคุณสมบัติทางกายภาพ คุณสมบัติทางเคมี และคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของเส้นใยจากหน่อไม้

1.4.5 ได้ผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพต้นแบบจากเส้นใยหน่อไม้

1.5 ขอบเขตงานวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ตัวอย่างที่ได้นำมาวิเคราะห์ คือ หน่อไม้ตงลืมแล้ง, หน่อไม้เลี้ยง และหน่อไม้บงหวาน

การทดลอง 1 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีในหน่อไม้ 3 สายพันธุ์

1.1 ตัวแปรต้น ได้แก่

1.1.1 หน่อไม้ตงลืมแล้ง

1.1.2 หน่อไม้เลี้ยง

1.1.3 หน่อไม้บงหวาน

1.2 ตัวแปรตาม ได้แก่

1.2.1 องค์ประกอบทางเคมี

การทดลอง 2 การศึกษาปริมาณออกซาเลตในหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ และวิธีการกำจัดออกซาเลตในหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ โดยใช้วิธีการแปรรูป

2.1 ตัวแปรต้น ได้แก่

2.1.1 หน่อไม้ตงลืมแล้ง

2.1.2 หน่อไม้เลี้ยง

2.1.3 หน่อไม้บงหวาน

2.1.4 การล้าง (washing)

2.1.5 การแช่ (soaking) 1, 3, 5,7 และ 10 ชั่วโมง

2.1.6 การต้ม (boiling) 10, 30 และ 60 นาที

2.2 ตัวแปรตาม ได้แก่

2.2.1 ปริมาณออกซาเลต

การทดลอง 3 การศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ ทั้งก่อนและหลังผ่านกระบวนการแปรรูป

3.1 ตัวแปรต้น ได้แก่

3.1.1 หน่อไม้ตงลืมแล้ง

3.1.2 หน่อไม้เลี้ยง

3.1.3 หน่อไม้บงหวาน

3.1.4 การล้าง (washing)

3.1.5 การแช่ (soaking) 1, 3, 5, 7 และ 10 ชั่วโมง

3.1.6 การต้ม (boiling) 10, 30 และ 60 นาที

3.2 ตัวแปรตาม ได้แก่

3.2.1 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

3.2.2 ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

การทดลอง 4 แนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพต้นแบบจากเส้นใยหน่อไม้

3.1 ตัวแปรต้น ได้แก่

3.1.2 การอบแห้งเส้นใยจากหน่อไม้โดยวิธีอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 60, 70 และ 80 $^{\circ}$C

3.2 ตัวแปรตาม ได้แก่

3.2.1 คุณสมบัติทางกายภาพของเส้นใยจากหน่อไม้

3.2.2 คุณสมบัติทางเคมีของเส้นใยจากหน่อไม้

3.2.3 คุณสมบัติทางเชิงหน้าที่ของเส้นใยจากหน่อไม้

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.6.1 เส้นใยหน่อไม้ (bamboo shoot fiber) หมายถึงเส้นใยหรือเซลลูโลสในหน่อไม้ ซึ่งในหน่อไม้มีปริมาณเส้นใยอาหารสูง

1.6.2 อาหารเพื่อสุขภาพ (functional food) หมายถึง อาหารที่มีสารอื่นที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพ นอกเหนือจากมีสารอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการ เช่น ช่วยป้องกันโรค และรักษาโรคได้

ประโยชน์ต่อสุขภาพของสารเหล่านี้ ได้แก่ ตัวอย่างเช่นสารในกระเทียมช่วยลดปริมาณคอเลสเตอรอลในเลือดและเพิ่มระบบภูมิคุ้มกัน สารบางชนิดป้องกันการเกิดโรคมะเร็ง โรคอ้วน โรคเบาหวาน เป็นต้น

1.6.3 ออกซาเลต (oxalate) เป็นกรดอินทรีย์ที่สามารถพบได้ในอาหารทั่วไป โดยเฉพาะในผักและผลไม้แต่พบในผักเป็นส่วนใหญ่ เมื่ออยู่ในรูปของประจุเรียกว่า ออกซาเลต ($C_2O_4^{2-}$) เป็นเกลือของกรดออกซาลิก ($C_2H_2O_4$) พบมากในผักและผลไม้บางชนิด เช่น มันฝรั่ง ผักโขม รูบาร์บ ชา งา และพลัม ออกซาเลตจะยับยั้งการดูดซึมแคลเซียม จึงจัดเป็นสารต้านฤทธิ์สารอาหาร (antinutritional factor) หากบริโภคอาหารที่มีออกซาเลตสูงจะถูกขับออกมาทางปัสสาวะและอาจเป็นสาเหตุทำให้เกิดก้อนนิ่วในไตได้

1.6.4 สารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) หมายถึง โมเลกุลของสารที่สามารถป้องกันหรือชะลอกระบวนการเกิดออกซิเดชัน สารต้านอนุมูลอิสระมีบทบาทสำคัญในการยับยั้งการเกิดออกซิเดชันทั้งในระบบของอาหารและร่างกายมนุษย์ สารต้านอนุมูลอิสระจะทำหน้าที่ป้องกันความเสียหายของเซลล์จากการเกิดออกซิเดชันโดยอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นในร่างกาย ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคต่างๆ และความแก่ชรา

1.6.5 หน่อไม้ตงลืมแล้งหรือหน่อไม้กิมซุง มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า Bambusa beecheyana ไผ่ชนิดนี้มีชื่อเรียกทางการค้าอีกมากมายหลายชื่อ เช่น ไผ่ตงไต้หวัน ไผ่ตงอินโด

1.6.6 หน่อไม้เลี้ยง มีชื่อวิยาศาสตร์ว่า Bambusa glaucescence ไผ่เลี้ยงมีหลายชนิดและมีชื่อเรียกแตกต่างกันไป เช่น ไผ่เลี้ยง ไผ่สร้างไพร แต่เดิมมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า Bambusa nana

1.6.7 หน่อไม้บงหวาน มีมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า Bambusa burmanica Gamble เป็นไผ่เศรษฐกิจที่นิยมปลูกอีกพันธุ์หนึ่ง เนื่องจากมีลักษณะพิเศษคือหน่อไม้สามารถรับประทานสดๆ

พหูน ปณ ฑิโต ชีเว

บทที่ 2

ปริทัศน์เอกสารข้อมูล

ปริทัศน์เอกสารข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยแบ่งเป็นหัวข้อตามลำดับดังนี้

2.1 ข้อมูลทั่วไปของหน่อไม้

2.2 ใยอาหาร

2.3 ออกซาเลต

2.4 ผลการแปรรูปต่อปริมาณออกซาเลต

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้อมูลทั่วไปของหน่อไม้

ไผ่จัดเป็นพืชในวงศ์หญ้า (gramineae) สามารถพบได้ในส่วนต่างๆ ของโลก โดยเฉพาะบริเวณเขตร้อนและกึ่งร้อน แต่พบในเขตหนาวเพียงเล็กน้อย (ศิริกัลยา สุวจิตานนท์, 2551) ไผ่ที่มนุษย์บริโภคมีประมาณ 1,300 ชนิด สำหรับประเทศไทยเป็นประเทศที่อยู่ในเขตร้อน พบไผ่จำนวน 13 สกุล (genus) 60 ชนิด โดยไผ่ที่สำคัญทางการค้ามี 10 ชนิด (Kleinhenz et al, 2000) ดังตาราง 1

ไผ่สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด ตามการใช้ประโยชน์ของหน่อและลำต้นไผ่ดังนี้

ไผ่ที่ใช้ลำต้นในงานก่อสร้าง เช่น Bambusa bambos, Bambusa blumeana, Bambusa nana (multiplex), Dendrocalamus asper, Dendrocalamus strictus, Dendrocalamus membranaceus, Thyrsostachys oliverii และ Gigantochloa hasskarliana

งานหัตกรรมจากลำต้นไผ่ เช่น Bambusa blumeana, Bambusa nana, Thyrsostachys siamensis, Thyrsostachys oliveii, Gigantochloa hasskarliana, Schizostachyum humilis และ Cephalostachyum virgatum

ไผ่ที่ใช้เป็นอาหารตามประวัติศาสตร์ประเทศจีนมีการนำหน่อไม้ไปใช้เป็นอาหารมากกว่า 2,500 ปี เนื่องจากหน่อไม้มีรสชาติอร่อย มีคุณค่าทางโภชนาการและเป็นยา ช่วยระงับอาการอยากสุรา มีประโยชน์ต่อระบบหมุนเวียนของเหลวในร่างกาย ทำให้หน่อไม้ถูกจัดเป็นอาหารสุขภาพและถูกจัดให้เป็นอาหารสุขภาพอันดับที่ 5 ของโลก (Bao, 2006) โดยหน่อไม้แต่ละชนิดมีคุณค่าทางโภชนาการแตกต่างกัน ดังตาราง 2 หน่อไม้ที่ใช้บริโภคในประเทศต่างๆ แสดงดังตาราง 3

ตาราง 1 ไผ่ 10 ชนิดที่มีความสำคัญทางการค้าของไทย

ลำดับที่	ชื่อท้องถิ่น (local name)	ชื่อพฤษศาสตร์ (botanical name)
1	Pai Tong (ไผ่ตง)	Dendrocalamus asper Back
2	Pai Ruak (ไผ่รวก)	Thyrsostachys siamensis Gamble (Syn. Thyrsostachys regia Bennet)
3	Pai Seesuk (ไผ่สีสุก)	Bambusa blumeana Schult.
4	Pai Liang (ไผ่เลี้ยง)	Bambusa nana Roxb. (Syn. Bambusa multiplex Raensch)
5	Pai Ruakdum (ไผ่รวกดำ)	Thyrsostachys oliveri Gamble
6	Pai Pha (ไผ่ป่า)	Bambusa bambos Voss
7	Pai Saangnuan (ไผ่นวล)	Dendrocalamus membranaceus Munro
8	Pai Saang (ไผ่ซาง)	Dendrocalamus strictus Nees
9	Pai Wan (ไผ่หวาน)	Bambusa burmanica Gamble
10	Pai Kaolaam (ไผ่ข้าวหลาม)	Cephalostachyum pergracile Munro
ชนิดอื่นๆ	PaiRai (ไผ่ไร่)	Gigantochloa albociliata Kurz
	Pai Bongyai (ไผ่บงใหญ่)	Dendrocalamus brandisii Kurz
	Pai Phaak (ไผ่ผาก)	Gigantochloa hasskarliana
	Pai Griab (ไผ่เกรียบ)	Schizostachyum humilis
	Pai Hiae (ไผ่เฮียะ)	Cephalostachyum virgatum Kurz

(ที่มา: Pattanavibool, 1998)

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ตาราง 2 คุณค่าทางโภชนาการ (g/100 g fresh weight) ของหน่อไม้สดชนิดต่างๆ

Name of species	Amino acids	Proteins	Carbohydrates	Starch	Fat	Vitamin C	Vitamin E	Ash	Moisture	Dietary fiber
B. bambos	3.98 ± 0.02	3.57 ± 0.03	5.42 ± 0.02	0.25 ± 0.04	0.50 ± 0.02	1.90 ± 0.08	0.61 ± 0.05	1.38 ± 0.03	89.83 ± 0.08	3.54 ± 0.02
B. kingiana	3.701 ± 0.95	3.57 ± 0.08	5.45 ± 0.12	0.34 ± 0.03	0.35 ± 0.03	2.10 ± 0.12	0.50 ± 0.10	1.38 ± 0.23	90.00 ± 1.02	4.49 ± 0.06
B. nutans	3.89 ± 0.04	2.84 ± 0.12	5.47 ± 0.05	0.21 ± 0.02	0.40 ± 0.02	1.19 ± 0.10	0.47 ± 0.06	0.68 ± 0.11	92.00 ± 0.23	2.28 ± 0.01
B. polymorpha	3.42 ± 0.02	3.64 ± 0.02	5.44 ± 0.05	0.38 ± 0.04	0.46 ± 0.03	2.60 ± 0.13	0.49 ± 0.12	0.76 ± 0.22	90.26 ± 1.68	3.81 ± 0.06
B. tulda	3.65 ± 0.03	3.69 ± 0.03	6.92 ± 0.04	0.59 ± 0.12	0.48 ± 0.07	1.42 ± 0.06	0.61 ± 0.14	0.85 ± 0.13	83.60 ± 1.26	3.97 ± 0.02
B. vulgaris	3.57 ± 0.04	3.64 ± 0.03	6.51 ± 0.05	0.27 ± 0.05	0.50 ± 0.01	4.80 ± 0.11	0.52 ± 0.10	1.01 ± 0.21	90.60 ± 0.82	4.24 ± 0.01
D. asper	3.12 ± 0.07	3.59 ± 0.06	4.90 ± 0.11	0.36 ± 0.08	0.40 ± 0.06	3.20 ± 0.06	0.91 ± 0.13	0.95 ± 0.03	89.40 ± 0.98	3.54 ± 0.07
D. brandisii	3.01 ± 0.11	2.31 ± 0.12	4.90 ± 0.10	0.49 ± 0.04	0.24 ± 0.10	1.59 ± 0.10	0.42 ± 0.10	0.61 ± 0.11	89.80 ± 0.15	4.03 ± 0.09
D. giganteus	3.86 ± 0.13	3.11 ± 0.17	5.10 ± 0.04	0.51 ± 0.06	0.39 ± 0.03	3.28 ± 0.02	0.69 ± 0.03	0.89 ± 0.13	90.70 ± 0.12	2.65 ± 0.03
D. hamiltonii	3.18 ± 0.05	3.72 ± 0.12	5.50 ± 0.08	0.47 ± 0.03	0.41 ± 0.02	2.45 ± 0.08	0.71 ± 0.03	0.86 ± 0.20	92.51 ± 0.51	3.90 ± 0.03
D.membranaceus	3.46 ± 0.02	3.38 ± 0.10	5.40 ± 0.03	0.23 ± 0.04	0.43 ± 0.05	1.58 ± 0.06	0.65 ± 0.10	0.63 ± 0.04	89.30 ± 1.34	2.91 ± 0.06
D. strictus	3.07 ± 0.03	2.60 ± 0.07	6.17 ± 0.02	0.31 ± 0.05	0.33 ± 0.04	2.43 ± 0.11	0.58 ± 0.03	0.71 ± 0.10	90.10 ± 0.93	2.26 ± 0.01
G. albociliata	3.52 ± 0.11	3.05 ± 0.11	4.59 ± 0.09	0.31 ± 0.04	0.51 ± 0.10	1.00 ± 0.08	0.60 ± 0.04	0.73 ± 0.04	89.23 ± 0.30	4.15 ± 0.11
G. rostrata	3.17 ± 0.08	3.56 ± 0.11	4.32 ± 0.11	0.22 ± 0.03	0.56 ± 0.12	3.20 ± 0.10	0.49 ± 0.05	0.68 ± 0.05	90.56 ± 1.02	4.20 ± 0.09

B = Bambusa; D = Dendrocalamus; G = Gigantochloa. ± indicates standard deviation.

(ที่มา : Nirmala et al, 2011)

ตาราง 3 หน่อไม้ที่ใช้บริโภคที่มีความสำคัญทางการค้าของประเทศต่างๆ

ประเทศ	ชนิดของหน่อไม้ที่ใช้บริโภค
Australia	Bambusa oldhamii, Dendrocalamus asper, D. brandisii, D. latiflorus, B. arnhemica, Gigantochloa atter, Phyllostachys pubescens, P. heterocycla var. pubescens
Bhutan	Dendrocalamus giganteus, D. hamiltonii var. edulis, D. hookeri, D. sikkimensis
China	Bambusa oldhamii, Dendrocalamus asper, D. brandisii, D. latiflorus, Phyllostachys praecox, P. iridescens, P. nuda Phyllostachys makinoi, P. pubescens, P. viridis, Pleioblastus amarus, Thyrsostachys siamensis
India	B. balcooa, B. bambos, B. kingiana, B. nana, B, nutans, B. pallida, B. polymorpha, B. tulda, B. vulgaris var. vulgaris, Chimonobambusa hookeriana, Dendrocalamus asper, D. giganteus, D. hamiltonii, D. hookerii, D. longispathus, D. membranaceus, D. sikkimensis, D. strictus, Gigantochloa rostrata, Melocanna baccifera, Phyllostachys bambusoides, Schizostachyum capitatum, Teinostachyum wightii, Thyrsostachys siamensis, T. oliveri, Schizostachyum dullooa
Japan	Bambusa oldhamii, Dendrocalamus asper, Phyllostachys edulis, P. bambusoides, P. pubescens, P. mitis
Korea	Phyllostachy pubescens, P. nigra, P. heterocycla
Nepal	Dendrocalamus giganteus, D. hamiltonii, D. hookeri, D. sikkimensis
Puerto Rico	Bambusa polymorpha, Guadua augustifolia, Dendrocalamus membranaceus, D. asper, Gigantochloa levis, Melocanna baccifera, Sinocalamus oldhami
Taiwan	Bambusa edulis, B. multiplex, B. oldhamii, B. pallida, D. asper, D. latiflorus, Phyllostachys makinoi, P. pubescens and Thyrsostachys siamensis
Thailand	Bambusa edulis, B. oldhamii, B. pallida, Dendrocalamus asper, D. latiflorus, Thyrsostachys siamensis
United States	Phyllostachys dulcis, P. edulis, P. bambusoides, P. pubescens, P. nuda, P. viridis

(ที่มา : ดัดแปลงจาก Nirmala et al, 2011)

2.1.1 หน่อไม้สายพันธุ์ต่างๆ

ในที่นี้จะกล่าวถึง หน่อไม้ตงลืมแล้งหรือหน่อไม้กิมซุง หน่อไม้เลี้ยง และหน่อไม้บงหวาน

2.1.1.1 หน่อไม้ตงลืมแล้งหรือหน่อไม้กิมซุง

ไผ่ตงลืมแล้งหรือไผ่กิมซุง มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า Bambusa beecheyana ไผ่ชนิดนี้มีชื่อเรียกทางการค้าอีกมากมายหลายชื่อ เช่น ไผ่ตงไต้หวัน ไผ่ตงอินโด ฯลฯ ไผ่ชนิดนี้นำเข้ามาจากประเทศจีนเป็นไผ่ที่เจริญเติบโตและให้ผลผลิตเร็วมาก อีกทั้งยังดูแลง่ายเมื่อเทียบกับไม้เศรษฐกิจชนิดอื่น เพราะใช้เวลาปลูกเพียงแค่ 6-8 เดือนก็สามารถรับประทานหรือจำหน่ายได้ นอกจากนี้ยังเป็นไผ่ที่ดูแลง่าย ทนแล้ง ทนน้ำท่วม โรคภัยน้อย ไม่ค่อยมีแมลงมากวน ให้ผลผลิตไว ผลผลิตเยอะ และนำไปใช้ประโยชน์ได้มากมาย

ภาพประกอบ 1 หน่อไม้ตงลืมแล้ง

1) ลักษณะทั่วไปของไผ่ตงลืมแล้งหรือไผ่กิมซุง

ลำต้น ไผ่กิมซุงเป็นไผ่ที่มีขนาดใหญ่ ลำต้นสูงประมาณ 20-25 เมตร ลำต้นมีสีเขียว ต้นจะขึ้นเป็นกอ มีพูพอน (รากไม้ที่ขึ้นเป็นปีก เป็นพูหรือเป็นปมที่โคนต้น ซึ่งแผ่ขยายออกไปรอบๆ เพื่อพยุงลำต้น) ลำต้นตั้งตรง ข้อปล้องยาวพอดี เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นประมาณ 8-10 เซนติเมตร เนื้อลำต้นหนา มีเยื่อสีขาวในข้อปล้องหนา

ใบ ลักษณะใบจะมีสีเขียวเข้ม รูปร่างคล้ายวงรีหรือใบหยก กว้าง 1.5-4.5 เซนติเมตร ยาว 15 เซนติเมตร

2) แหล่งที่พบ พบได้ทุกภาค

3) การตัดหน่อ การตัดหน่อจะตัดเมื่อหน่อยาวประมาณ 25-30 เซนติเมตร โดยใช้เสียมหางปลาตัดหน่อบริเวณกาบใบที่ 3 จากโคนหน่อ เพื่อเหลือตาไว้ 2-3 ตา สำหรับแตกหน่อใหม่

4) การใช้ประโยชน์ สำหรับไผ่ชนิดนี้นอกจากจะสามารถทำหน่อนอกฤดูได้ในส่วนของลำก็สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการทำข้าวของเครื่องใช้ได้ หรือแม้แต่ในเชิงอุตสาหกรรมก็มีการนำลำไผ่ไปบดอัดเป็นก้อน เรียกว่า bamboo pellet เป็นพลังงานชีวมวลได้ (ปลูกไผ่, 2558)

2.1.1.2 หน่อไม้เลี้ยง

ไผ่เลี้ยง มีชื่อวิยาศาสตร์ว่า Bambusa glaucescence ไผ่เลี้ยงมีหลายชนิดและมีชื่อเรียกแตกต่างกันไป เช่น ไผ่เลี้ยง ไผ่สร้างไพร แต่เดิมมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า Bambusa nana ซึ่งเป็นชื่อพ้องของ Bambusa multipiex และ Bambusa glaucescence ที่เป็นไม้ไผ่ที่มีลักษณะแตกต่างจากไผ่เลี้ยง

ภาพประกอบ 2 หน่อไม้เลี้ยง

1) ลักษณะทั่วไปของไผ่เลี้ยง

ลำต้นตั้งตรงสีเขียว มีขนละเอียดสีขาวนวล เรียวยาว ไม่มีหนาม เนื้อหนามีแขนงน้อยขึ้นเป็นกอไม่แน่นทึบนัก สูงประมาณ 3-10 เมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 1-3 เซนติเมตร ปล้องยาว 20-30 เซนติเมตร เมื่อแก่จัดมีสีเหลืองอมเขียว มีความเหนียวทนทาน ประโยชน์ใช้สอยมีความเหนียวทนทานกว่าไผ่รวกใช้ทำเป็นหลักปลูกพืชได้ดี เป็นไม้ ทำด้ามสอยผลไม้ ใช้ทำบันไดและอื่นๆ

ใบอ่อนสีเขียวอ่อน ใบแก่สีเขียวแก่ ขนาดแผ่นใบกว้าง 1.5-2 เซนติเมตร ยาว 1-15 เซนติเมตร ใบเรียวเล็กปลายแหลมขอบใบบางและคม ใบเรียงสลับสามารถขึ้นได้ทั่วทุกภาคของเมืองไทย ใบจะเล็กมีสีเขียว กิ่งแขนงจะแตกจากช่วงโคนถึงยอดแต่นานๆ ไปจะทิ้งกิ่งแขนงจากบริเวณโคนถึงกลางต้น ดอกมีสีขาวอมเหลือง

หน่อของไผ่เลี้ยง มีลักษณะพิเศษ คือ จะมีหน่อเล็ก มีเนื้อที่ละเอียดเหมือนหน่อไผ่ป่า เนื้อในต้นไม่กลวงเหมือนไผ่รวก แต่ปัจจุบันคนก็หันมาบริโภค ไผ่เลี้ยงกันมากไม่ว่าจะเป็นการบริโภคหน่อสดหรือจะแปรรูปใส่ปี๊บ

2) แหล่งที่พบมาก สามารถพบได้ทั่วไป แต่จะพบมากในแถบภาคกลาง

3) การตัดหน่อ ควรคัดเลือกหน่อที่มีลักษณะสมบูรณ์ ขนาดความยาวของหน่อไผ่ที่เหมาะสม 40-50 เซนติเมตร หรือถ้าเห็นหน่อไผ่พ้นดินขึ้นมาให้รออีก 4-6 วัน ก็สามารถตัดหน่อได้

4) การใช้ประโยชน์ ไผ่เลี้ยงเป็นไผ่ชนิดหนึ่งที่สามารถให้ผลผลิตได้ทั้งหน่อและลำไผ่ เช่นเดียวกับไผ่ชนิดอื่นๆ ปัจจุบันมีเกษตรกรได้ให้ความสนใจปลูกไผ่เลี้ยงเชิงเศรษฐกิจมากขึ้น เพราะสามารถให้ผลผลิตได้ทั้งหน่อและลำไผ่ ระยะเวลาปลูกจนกระทั่งให้ผลผลิตไม่นานนัก ซึ่งปัจจุบันตลาดมีความต้องการหน่อไม้และลำไผ่เพิ่มขึ้นอย่างไม่จำกัด ดังนั้นไผ่เลี้ยงจึงเป็นพืชเศรษฐกิจอีกชนิดหนึ่งที่เหมาะสมที่จะนำมาปลูกเพื่อยึดเป็นอาชีพหลักและอาชีพเสริมได้ ไผ่เลี้ยงก็สามารถให้ผลผลิตโดยออกหน่อนอกฤดูกาลได้ที่สำคัญคือหลังจากปลูกได้เพียง 8 เดือน ก็สามารถเริ่มเก็บหน่อขายได้ (ปลูกไผ่, 2558)

2.1.1.3 หน่อไม้บงหวาน

ไผ่บงหวาน มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า Bambusa burmanica Gamble เป็นไผ่เศรษฐกิจที่นิยมปลูกอีกพันธุ์หนึ่ง เนื่องจากมีลักษณะพิเศษคือหน่อไม้สามารถรับประทานสดๆ ได้และยังเป็นไผ่ที่มีลำต้น ไม่ใหญ่มากนัก จึงไม่จำเป็นจะต้องใช้เนื้อที่มาก มีขนาดตั้งแต่เล็กไปจนถึงขนาดกลาง สามารถปลูกเพื่อร่มเงาและประดับสวนได้ แล้วยังสามารถปลูกเพื่อเก็บหน่อขายหรือรับประทานเองได้อีกด้วย เนื้อของหน่อไม้จะละเอียด มีรสชาติหวาน และสามารถรับประทานดิบได้ รสชาติคล้ายยอดมะพร้าว

ภาพประกอบ 3 หน่อไม้บงหวาน

1) ลักษณะทั่วไปของไผ่บงหวาน

ลำต้น มีลักษณะเป็นกอพุ่มแน่น ลำไผ่ไม่สูงมาก ประมาณ 5-8 เมตร ลำปล้องประมาณ 10-15 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 3-5 เซนติเมตร ลำอ่อนมีสีเขียวใบไม้ และจะเปลี่ยนเป็นสีสีเขียวเข้มเมื่อแก่

ใบ มีสีเขียวอ่อนอมเหลือง เรียวยาว เป็นไผ่ที่มีใบดกทำให้ลำต้นโน้มเอียงลงพื้นได้ง่าย ในช่วงลมแรงจึงต้องหาสายรัดมารัดลำต้นรวมกันไว้ เพื่อไม่ให้ลำต้นโค้งงอนจนหักลงมา ครีบกาบทั้งสองของกาบหุ้มลำจะมีขนาดแตกต่างกันไปไม่เท่ากัน ซึ่งต่างจากครีบกาบของไผ่ชนิดอื่นๆ

หน่อ มีลายเขียวสลับกับอ่อนและชมพู ลักษณะเรียวยาวแต่โคนอวบ มีขนาดเล็กหนักเพียง 1-2 กิโลกรัม เนื้อของหน่อไม้จะมีสีขาว รสชาติหวาน เนื้อกรอบคล้ายกับยอดมะพร้าวสามารถรับประทานสดได้

2) แหล่งที่พบ ไผ่บงหวานมีการกระจายพันธุ์ชอบขึ้นบนภูเขาที่ราบปะปนไม้อื่นพบขึ้นในป่าผสมผลัดใบทางภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และพบมากที่จังหวัดเลย โดยในอดีตนั้นยังไม่เป็นที่รู้จักกันมากนัก ส่วนใหญ่จะอยู่ที่อำเภอด่านซ้าย จังหวัดเลย แต่ปัจจุบันสามารถนำมาปลูกเป็นอาชีพและขายได้ราคาดีมาก

3) การตัดหน่อ ในการตัดหน่อควรจะตัดจากตรงกลางกอแล้วขยายออกมารอบนอก ขนาดความยาวของหน่อไผ่หวานที่เหมาะสมประมาณ 9 นิ้ว หน่อจะลักษณะเล็ก สีเขียวหนัก 200-300 กรัม

4) การใช้ประโยชน์ หน่อไม้บงหวานนั้นสามารถนำไปประกอบอาหารได้มากมาย ปัจจุบันเริ่มนำไปประกอบอาหารตามภัตตาคาร ร้านอาหาร เช่น นำไปผัด นำไปแกงจืดหรือรับประทานกับน้ำพริก ส่วนลำของไผ่บงหวานไม่ปรากฏว่านำมาทำงานจักสาน งานเฟอร์นิเจอร์ เพราะลำไผ่คดงอไม่แข็งแรง จึงเหมาะที่จะทำฟืนมากกว่า (ปลูกไผ่, 2558)

มีรายงานการวิจัยมากมายเกี่ยวกับคุณประโยชน์ในด้านคุณค่าทางโภชนาการของหน่อไม้ในหลายประเทศ ซึ่งรายงานไปในแนวทางเดียวกันว่า หน่อไม้มีคุณประโยชน์ต่อร่างกายมาก ช่วยเสริมสร้างให้ร่างกายมีสุขภาพที่ดีจากการที่มีคุณค่าสารอาหารสูง ได้แก่ มีปริมาณโปรตีนสูงโดยมีกรดอะมิโน 17 ชนิด และเป็นกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายถึง 8 ชนิด ได้แก่ ซีรีน เมทไทโอนีน ไอโซลิวซีน ลิวซีน พีนิลอะลานีน ไลซีน และฮิสติดีน โดยเฉพาะไลซีนมีประโยชน์ต่อเด็กที่อยู่ในวัยกำลังเจริญเติบโต ไลซีนเป็นกรดอะมิโนที่ไม่มีในธัญพืชทั่วไป แต่พบได้ในหน่อไม้ นอกจากนี้หน่อไม้ยังมีคาร์โบไฮเดรต แร่ธาตุ และวิตามินต่างๆ มีไขมันและแคลอรี่ต่ำจนเกือบไม่มี แต่มีเส้นใยอาหารสูงมาก จึงช่วยเพิ่มกากใยเร่งให้มีการขับถ่ายและขับสารพิษออกนอกร่างกายช่วยลดการเกิดมะเร็งลำไส้ใหญ่ นอกจากนั้น หน่อไม้ยังอุดมไปด้วยสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (bioactive compounds) ได้แก่ ไฟโตสเตอรอล (phytosterol) และสารประกอบฟีนอล (วราภรณ์ สกุลไชย, 2555)

2.1.2 สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (bioactive compounds) ในหน่อไม้

มีหลักฐานเพิ่มเติมทางวิทยาศาสตร์ชี้ให้เห็นว่าการบริโภคอาหารบางอย่างอาจนำไปสู่การลดความเสี่ยงของการเกิดโรค เช่น โรคหลอดเลือดหัวใจตีบ โรคมะเร็ง และโรคอื่นๆ ตามสภาพของอายุ มีงานวิจัยจำนวนมากได้นำไปสู่การระบุองค์ประกอบทางอาหารบางอย่างที่อยู่ในกลุ่ม "สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ" ซึ่งสามารถส่งผลต่อการเมแทบอลิซึม การทำงานของยีน การส่งสัญญาณเกี่ยวกับเซลล์และการมีปฏิกิริยากับการก่อให้เกิดโรคและกลไกการเกิดโรค (Rostagno et al, 2010) สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพเป็นสารที่จำเป็นและไม่จำเป็นที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ เป็นส่วนของห่วงโซ่อาหารและมีผลต่อสุขภาพของมนุษย์ อาหารจากพืชมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพหลายชนิดนอกเหนือไปจากสารอาหารที่ถือว่าเป็นอาหารตามธรรมชาติแล้ว มีสารประกอบทางสรีรวิทยาที่เรียกว่า "phytochemicals" ที่ผลิตโดยการเมแทบอลิซึมในปริมาณค่อนข้างน้อย ซึ่งมีกลุ่มสารพฤกษเคมีบางชนิดที่มีศักยภาพทางสุขภาพที่สำคัญ เช่น แคโรทีนอยด์ สารประกอบฟีนอล และคาร์โบไฮเดรตที่ไม่สามารถย่อยได้ (ใยอาหารและพรีไบโอติค) สารประกอบเหล่านี้แตกต่างกันไปตามโครงสร้างทางเคมีและการทำงาน เนื่องจากมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจำนวนมากจากพืชซึ่งได้รับการศึกษาเพื่อประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ เนื่องจากมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพหลายชนิดจากพืช ซึ่งได้รับการรายงานว่ามีการระบาดวิทยาจำนวนมากทางคลินิก ซึ่งสารประกอบฟีนอลรวมทั้งฟลาโวนอยด์ในกลุ่มย่อยที่มีอยู่ในพืชทุกชนิดและมีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ (Rodriguez et al, 2006)

2.1.2.1 ไฟโตสเตอรอล (phytosterols) เป็นสารพฤษเคมีที่คล้ายคอเลสเตอรอล แต่เป็นสารที่มีประโยชน์ พบในธัญพืช ประโยชน์ของไฟโตสเตอรอลช่วยลดคอเลสเตอรอลชนิดเหลวและการเกิดโรคหัวใจ และหลอดเลือด โดยสเตอรอลและสตานอลจะเข้ายับยั้งการดูดซึม ควบคุมปริมาณการละลายและการย่อยคอเลสเตอรอลในลำไส้ โดยมีกลไกการออกฤทธิ์ คือ เข้าแข่งขันการดูดซึมกับคอเลสเตอรอล ทำให้คอเลสเตอรอลไม่ถูกดูดซึม จึงใช้เป็นสารลดคอเลสเตอรอล มีการศึกษาจำนวนมากได้มุ่งเน้นไปที่ประโยชน์ด้านโภชนาการของหน่อไม้ส่วนใหญ่อยู่ในส่วนประกอบที่ไม่ละลายน้ำและละลายน้ำ เช่น เส้นใยอาหาร โปรตีน กรดอะมิโน และวิตามิน แต่มีข้อมูลเชิงปริมาณเกี่ยวกับส่วนประกอบที่ละลายในไขมัน โดยเฉพาะสเตอรอล (sterol) หน่อไม้สดและหน่อไม้ดองเป็นแหล่งที่ดีของไฟโตสเตอรอลที่เป็นสารตั้งต้นของสเตียรอยด์ที่ใช้งานทางเภสัชกรรมหลายชนิดที่พบในพืช และทำหน้าที่เป็นเภสัชโภชนศาสตร์ (Srivastava, 1990) สเตอรอลหรือไฟโตรสเตอรอลที่ผลิตโดยพืชเป็นส่วนประกอบที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่เกิดขึ้นในผักเกือบทั้งหมด ในหน่อไม้มีไฟโตสเตอรอล 0.12-0.19% ต่อน้ำหนักฐานแห้งในไผ่สายพันธุ์ต่างๆ ดังนั้นหน่อไม้ที่อุดมสมบูรณ์ จึงสามารถใช้เป็นแหล่งของไฟโตสเตอรอลได้ (Miettinen, 2003)

2.1.2.2 ฟีนอลหรือสารประกอบฟีนอลิก (phenols หรือ phenolic compounds) เป็นสารที่พบตามธรรมชาติในพืชหลายชนิด ซึ่งถูกสร้างขึ้นเพื่อประโยชน์ในการเจริญเติบโต

สารประกอบฟีนอลเป็นโภชนเภสัช มีสรรพคุณที่ดีต่อสุขภาพ คือ มีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลิสระ สามารถละลายได้ในน้ำ สารประกอบฟีนอลที่พบในธรรมชาติมีมากมายหลายชนิด และมีลักษณะสูตรโครงสร้างทางเคมีที่แตกต่างกัน ตั้งแต่กลุ่มที่มีโครงสร้างอย่างง่าย เช่น กรดฟีนอลิก ไปจนถึงกลุ่มที่มีโครงสร้างเป็นพอลิเมอร์ เช่น ลิกนิน กลุ่มใหญ่ที่สุดที่พบ คือ สารประกอบพวกฟลาโวนอยด์ (Schuler, 1990) สารประกอบฟนอลิกทำหนาที่เปนตัวขับไลอนุมูลอิสระที่สำคัญ คือ อนุมูล peroxyl โดยมีกลไก 2 แบบ คือ เมื่ออยู่ในสภาวะที่มีความเขมขนต่ำ เมื่อเทียบกับสารออกซิไดซสารประกอบฟนอลิกจะปองกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน มีการศึกษาจำนวนมากเพื่อหาสารฟีนอลธรรมชาติที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ มีสารต้านอนุมูลอิสระบางชนิดที่สกัดได้จากพืชและมีการผลิตในเชิงพาณิชย์

2.1.3 เส้นใย (Fiber) ในหน่อไม้

เส้นใยเรียกว่าเส้นใยอาหารและถือว่ามีความสำคัญอย่างมากในการศึกษาด้านสุขภาพ เส้นใยอาหารประกอบด้วยเซลลูโลส ลิกนิน เฮมิเซลลูโลส เพคติน กัม โพลีแซ็กคาไรด์ และโอลิโกแซ็กคาไรด์ อื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับพืช และมีส่วนเกี่ยวข้องกับประโยชน์ต่อสุขภาพหลายอย่าง เช่น รวมทั้ง transit time ได้เร็วขึ้น เวลาที่ร่างกายจะขับของเสียออกจากร่างกาย ช่วยลดการสัมผัสกับสารก่อมะเร็ง ช่วยป้องกันลำไส้ และเพิ่มปริมาณของ butyrate เป็นแหล่งพลังงานที่ต้องการสำหรับเซลล์ที่เรียกว่า colonocytes การเพิ่มขึ้นของเส้นใยอาหารยังช่วยลดความดันโลหิต ปริมาณของเส้นใยอาหารต่างๆ ในถั่ว เมล็ดธัญพืช แป้งผักและผลไม้ มีความสัมพันธ์กับการลดระดับคอเลสเตอรอล (low-density lipoprotein:LDL) ทำให้ความต้องการอินซูลินต่ำลง ทำให้ระบบทางเดินอาหารมีสุขภาพดี เพิ่มปริมาณอุจจาระ ทำให้อุจจาระนิ่ม และควบคุมน้ำหนัก ปริมาณที่แนะนำของเส้นใยสำหรับผู้ใหญ่ คือ 25 - 30 กรัมต่อวัน ร่วมกับของเหลวอย่างน้อย 2 ลิตรเพื่อให้แน่ใจว่ามีการย่อยอาหารอย่างละเอียด สารสกัดจากเส้นใยอาหารที่อุดมจากพืชสามารถนำมาใช้เป็นส่วนประกอบในการทำงานได้ เนื่องจากไม่เพียงแต่ปรับปรุงสุขภาพทางเดินอาหารเท่านั้น แต่ยังช่วยควบคุมน้ำหนัก หลอดเลือดหัวใจและสุขภาพทั่วไป บทบาทของเส้นใยในการป้องกันโรคหลอดเลือดหัวใจ (cardiovascular disease: CVD) ซึ่งได้รับการรับรองเป็นอย่างดี ประโยชน์ของอาหารที่มีเส้นใยสูงในการป้องกันโรคหลอดเลือดหัวใจตีบ โดยมีหลักฐานแสดงให้เห็นว่าการบริโภคเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำและเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำได้โดยตรงสามารถส่งผลกระทบต่อความเสี่ยงในการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจ (cardiovascular disease: CVD)

หน่อไม้เป็นแหล่งที่อุดมไปด้วยเส้นใยอาหาร ซึ่งมีปริมาณเส้นใยสูง 2.23 - 4.20 กรัม/100 กรัมน้ำหนักสดของหน่อไม้บางชนิดก็ถือได้ว่าเป็นแหล่งของเส้นใยอาหาร หน่อไม้มีผลดีต่อระดับไขมันและการทำงานของลำไส้ การบริโภคหน่อไม้ซึ่งมีเส้นใยอาหารสูงอาจช่วยในการป้องกันหรือชะลอการริเริ่มอาการของโรคเรื้อรัง หน่อไม้มีรายงานว่ามีสารต้านมะเร็งและต้านเชื้อแบคทีเรีย เนื่องจากมีลิกนิน ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของเส้นใย (Shi and Yang, 1992) (Akao et al,

2004) รายงานว่ามีปริมาณ hemicelluloses ในไผ่ 10 ชนิด อยู่ในรูปของ poly xylose เมื่อถูกไฮโดรไลซ์โพลีเอสเซลอลจะสร้างไซโลสที่มีไฮโดรเจนเพื่อผลิตไซลิทอลเป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมอาหารและสารเคมี ไซโลสมีลักษณะพิเศษและสามารถบรรเทาอาการไอได้ การรับประทานหน่อไม้ที่สุกแล้วเป็นที่นิยมอ้างว่าทำให้ผิวเรียบเนียนและขาว (Shi and Yang, 1992) ถึงแม้ตัวเส้นใยจะมองไม่เห็นในผลิตภัณฑ์อาหาร แต่ก็กลายเป็นหนึ่งในส่วนผสมที่นิยมมากที่สุดในอาหารของวันนี้ ในปี 2007 การบริโภคเส้นใยติดอันดับ 5 ใน 10 อันดับแรกของอาหารเพื่อสุขภาพ ไฟเบอร์พบในธัญพืช ผลไม้ ผักและถั่ว แต่ใยหน่อไม้เป็นทางเลือกที่ราคาถูกเมื่อเทียบกับเส้นใยที่ได้จากข้าวสาลี ข้าวโอ๊ต ข้าวโพด มันฝรั่ง ถั่ว ถั่วเหลืองและแอปเปิ้ล มีหลายบริษัทใช้ในทำผลิตภัณฑ์เส้นใยไผ่ใช้เป็นส่วนผสมในธัญพืชอาหารเช้า พาสต้า ชีส ซอส มัสตาร์ด ซอสมะเขือเทศ เครื่องดื่มน้ำผลไม้ ขนมขบเคี้ยว และผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ เป็นต้น เส้นใยที่ได้จากส่วนของไฟเบอร์ของไผ่ประกอบด้วยเส้นใยที่ไม่ละลายน้ำมากกว่า 90% ที่ไม่สามารถย่อยสลายได้โดยระบบทางเดินอาหารของมนุษย์ ซึ่งจะพองตัวในกระเพาะอาหาร เส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำที่ได้จากพืชธรรมชาติ เช่น ข้าวสาลี ไผ่ และเซลลูโลส (Sloan, 2008)

ตาราง 4 การประยุกต์ใช้เส้นใยไผ่ในอุตสาหกรรมอาหาร

รายการอาหาร	**ประโยชน์**
1. ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่อบแห้ง เช่นขนมเค้ก ไอศกรีมและคุกกี้ เค้กเวเฟอร์อบ และทอดกรอบ	-ช่วยเพิ่มผลผลิตแป้งและความสม่ำเสมอเนื่องจากความสามารถในการยึดเกาะของน้ำ -ลดการแตกหักหรือละลายของเสีย ควบคุมการสูญเสียความชุ่มชื้นในอาหารที่มีความชื้นสูงและปานกลาง
2. นม ผลิตภัณฑ์นม โยเกิร์ต ไอศกรีม ชีสหั่นฝอย	-การเพิ่มปริมาณใย noncaloric -ช่วยปรับปรุงความหนืด ความสม่ำเสมอ และความคงตัว -สามารถเก็บน้ำได้ดี
3. เนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์จากสัตว์น้ำ	-ช่วยปรับปรุงพื้นผิวและการจับตัว -มีความบริสุทธิ์และมีการดูดซึมไขมันน้อยลงในผลิตภัณฑ์ระหว่างการแปรรูป
4. เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ	-การเพิ่มปริมาณใย noncaloric -ช่วยปรับปรุงความหนืด ความสม่ำเสมอ และความคงตัว
5. ซอส น้ำพริก ซอสมะเขือเทศ มัสตาร์ด น้ำสลัดแคลอรี่ต่ำ และพาสต้า	-การเพิ่มปริมาณใย noncaloric -ช่วยปรับปรุงความหนืด ความสม่ำเสมอ และความคงตัว

(ที่มา : ดัดแปลงมาจาก Nirmala et al, 2011)

2.2 ใยอาหาร

2.2.1 ความหมายของใยอาหาร

เส้นใยอาหาร หรือ dietary fiber หมายถึง ส่วนประกอบของผนังเซลล์ในพืชที่ไม่ใช่เป็นอาหารและไม่สามารถถูกย่อยสลายต่อไปได้อีกภายในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์ ทั้งนี้เนื่องจากในร่างกายมนุษย์ไม่มีเอนไซม์หรือน้ำย่อยที่สามารถย่อยสลายเส้นใยอาหาร “สารโพลีแซ็กคาไรด์” (polysaccharide) เหล่านี้ได้จึงทำให้เส้นใยเหล่านี้ถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกายได้น้อยมากหรือแทบไม่ได้เลย และเหลืออยู่ในระบบทางเดินอาหารพร้อมที่จะขับถ่าย (ผกาวดี นารอง, 2543)

ใยอาหาร ประกอบด้วย สารประกอบที่มีโครงสร้างเป็นคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อนที่ไม่ใช่แป้ง (non starch polysaccharides) ได้แก่ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส เพคติน กัมส์ มิวซิเลจส์ และสารประกอบที่ไม่ใช่คาร์โบไฮเดรต (non-polysaccharides) ได้แก่ ลิกนิน

2.2.2. ประเภทของใยอาหาร

ใยอาหารแบ่งตามความสามารถในการละลายเป็น 2 ประเภท คือ ใยอาหารชนิดที่ละลายน้ำ (soluble fiber) และใยอาหารชนิดที่ไม่ละลายน้ำ (insoluble fiber)

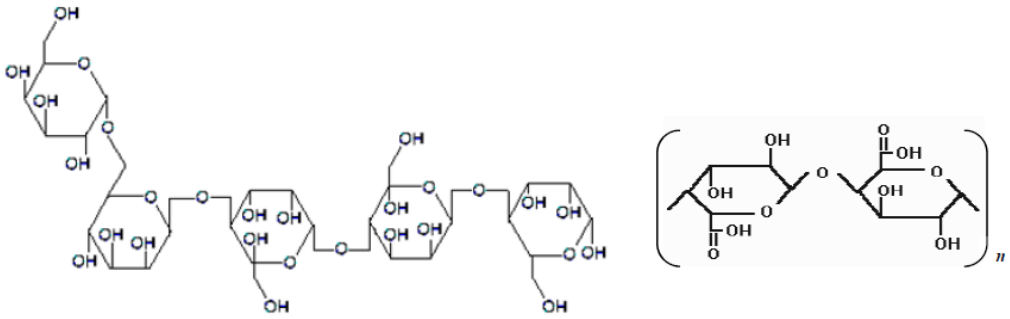
2.2.2.1 ใยอาหารชนิดที่ละลายน้ำ

ใยอาหารชนิดที่ละลายน้ำ (soluble dietary fiber) คือใยอาหารส่วนที่มีคุณสมบัติในการละลายน้ำ ใยอาหารชนิดนี้มักจะปนอยู่กับส่วนที่เป็นแป้งในพืช ได้แก่ กัม เพคติน และมิวซิเลจส์ (ภาพประกอบ 4) ใยอาหารชนิดนี้สามารถรวมตัวกับน้ำได้ในปริมาณมาก เกิดการกระจายโครงสร้างที่อัดแน่นทำให้สามารถดูดซับสารได้หลายอย่าง เช่น น้ำตาล คอลเลสเตอรอล และเกลือแร่บางชนิด เป็นต้น (ดวงจันทร์ เฮงสวัสดิ์, 2545) ดังนั้นจึงมีผลชะลอและลดการดูดซึมของสารอาหารดังกล่าวเข้าสู่ร่างกาย (สุรัตน์ โคมินทร์, 2534)

1) กัม (gum) สารไฮโดรคอลลอยด์ (hydrocolloid) ซึ่งเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ที่มาจากแหล่งต่างๆ เช่น กัมที่ได้จากยางพืช ได้แก่ gum arabic gum ghatti และ karaya gum กัมที่ได้จากเมล็ดพืช เช่น กัวกัม โลคัสต์บีนกัม สตาร์ช และบีตา-กลูแคน และกัมที่ได้จากสาหร่าย เช่น คาร์ราจีแนน วุ้น และอัลจิเนต เป็นต้น

2) เพคติน (pectin) เป็นพอลิแซ็กคาไรด์ ประเภท heteropolysaccharide มีหน่วยย่อย คือ กรดกาแล็กทูโรนิก (D-galacturonic acid) ประมาณ 65 % โดยน้ำหนัก และเมทิลการแล็กทูโรเนต และน้ำตาลหลายชนิด เช่น rhamnose, galactose, arabinose พบตามธรรมชาติในผนังเซลล์ของพืช และรอยต่อระหว่างผนังเซลล์ โดยรวมตัวอยู่กับเซลลูโลส (cellulose) ทำหน้าที่ยึดเกาะผนังเซลล์ให้ติดกันคล้ายเป็นซีเมนต์

3) มิวซิเลจส์ (mucilage) เป็นกัมที่ผลิตจากยางพืช หรือจากสาหร่ายทะเล



(A) Gum (B) Pectin

(ที่มา : หยาดฝน ทะนงการกิจ, 2556)

ภาพประกอบ 4 ใยอาหารที่ละลายน้ำ (soluble dietary fiber)

2.2.2.2 ใยอาหารชนิดที่ไม่ละลายน้ำ

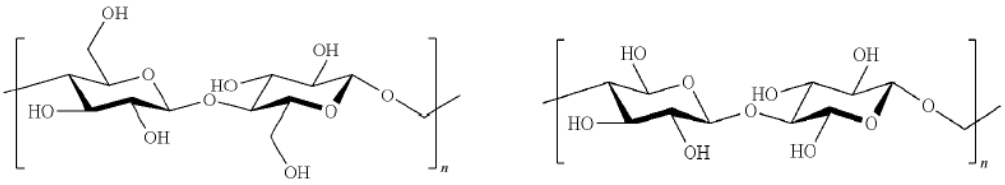
ใยอาหารชนิดที่ไม่ละลายน้ำ (insoluble dietary fiber) เป็นคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อนที่ย่อยสลายได้ยาก ได้แก่ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน (ภาพประกอบ 5) ซึ่งมีความสามารถดูดซับสารต่างๆ ได้น้อย แต่จะจับน้ำแล้วเกิดการพองตัวในน้ำ ลักษณะคล้ายฟองน้ำ ดังนั้นเมื่อบริโภคเข้าไปแล้วขับถ่าย จะทำให้มีมวลอุจจาระเพิ่มขึ้น เนื้ออุจจาระนิ่ม ส่งผลให้ขับถ่ายได้สะดวก (สุรัตน์ โคมินทร์, 2534)

1) เซลลูโลส (cellulose) เป็นคาร์โบไฮเดรท ประเภทพอลิแซ็กคาไรด์ ประเภทอโมพอลิแซ็กคาไรด์ (homopolysaccharide) ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง ประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคสมาต่อกันด้วยพันธะไกลโคไซด์ที่ตำแหน่งบีต้า-1,4 (b-1,4) เป็นสายยาวมากกว่า 2,000 โมเลกุล เซลลูโลสเป็นโครงสร้างหลักของผนังเซลล์พืช เช่น ผัก ผลไม้ และเมล็ดธัญพืช โดยอยู่รวมกับเฮมิเซลลูโลสและเพคตินเซลลูโลสจัดเป็นเส้นใยอาหารชนิดที่ไม่ละลายในน้ำและไม่สามารถย่อยได้ด้วยเอนไซม์ในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์และสัตว์กระเพาะเดี่ยว

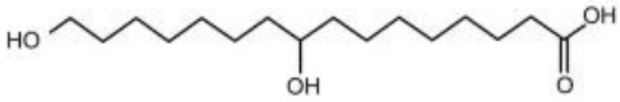
2) เฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) เป็นคาร์โบไฮเดรตประเภทพอลิแซ็กคาไรด์ในโมเลกุลของเฮมิเซลลูโลสเป็น heteropolysaccharide ที่ประกอบด้วยน้ำตาลหลายชนิด มีน้ำตาลไซโลสเชื่อมต่อกันด้วยพันธะไกลโคไซด์ที่ตำแหน่ง บีต้า (1-4) เป็นโซ่หลัก อาจมีน้ำตาลแมนโนส กาแล็กโทส หรือกลูโคสมาต่อกันเป็นโซ่หลักด้วยและมีน้ำตาลชนิดอื่นมาต่อกันเป็นโซ่สาขาหรือโซ่แขนง ได้แก่ น้ำตาลอะราบิโนส (arabinose) กรดกลูคูโรนิก (glucuronic acid) เฮมิเซลลูโลสจัดเป็นเส้นใยอาหาร ที่ไม่ละลายน้ำ ไม่สามารถย่อยได้ด้วยเอนไซม์ในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์และสัตว์กระเพาะเดี่ยว สามารถละลายได้ในสารละลายด่างเจือจาง สมบัติทางกายภาพที่สำคัญคือ

มีความสามารถในการอุ้มน้ำ และแลกเปลี่ยนไอออนประจุบวก เมื่ออยู่ในกระเพาะอาหารและลำไส้ของมนุษย์

3) ลิกนิน (lignin) เป็นคาร์โบไฮเดรต ประเภทใยอาหารที่ไม่ให้พลังงาน โครงสร้างโมเลกุลของลิกนิน เป็นพอลิแซ็กคาไรด์ ที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่ ประกอบด้วยโซ่โมเลกุลของออกซิจิเนตเตดฟีนิลโพรเพน (oxygenated phenyl propane) มีน้ำหนักโมเลกุลระหว่าง 1,000 - 4,500 ดาลตัน สังเคราะห์จากอนุพันธ์ของแอลกอฮอล์ชนิดต่างๆ ได้แก่ คูมาริล (coumaryl) โคนิเฟอริล (coniferyl) และไซนาพิล (sinapyl) ไม่สลายทั้งในกรดและด่างแก่



(A) Cellulose (B) Hemicellulose



(C) Chitin

(ที่มา : หยาดฝน ทะนงการกิจ, 2556)

ภาพประกอบ 5 ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (insoluble dietary fiber)

2.2.3 สมบัติของใยอาหารที่สำคัญ

2.2.3.1 ความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity)

ความสามารถในการอุ้มน้ำ คือ ความสามารถของใยอาหารที่จะตรึงน้ำไว้ภายในโครงสร้างในภาวะใดภาวะหนึ่ง สามารถหาค่าเป็นตัวเลขได้โดยคิดจากปริมาณน้ำที่ถูกตรึงไว้ภายในโครงสร้าง คิดเป็นมิลลิลิตร ต่อหนึ่งหน่วยของน้ำหนักแห้งจากการศึกษา พบว่า ใยอาหารที่มีเพคตินและเฮมิเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบสามารถดูดซึมน้ำเข้าเซลล์ได้มากจนเกิดลักษณะเช่นนี้จึงทำให้มีการประยุกต์ไปใช้ในอาหารสำหรับผู้ที่ต้องการจะลดน้ำหนัก เพื่อให้อาหารที่รับประทานไปขยายตัวเพิ่มปริมาตร (bulking volume) ในกระเพาะอาหาร ทำให้เกิดความรู้สึกอิ่มนานกว่าปกติ ซึ่งเป็นการลดทั้งปริมาณอาหารที่รับประทานและพลังงานที่ร่างกายจะได้รับ นอกจากนี้การอุ้มน้ำได้ดีของใยอาหารจะช่วยเพิ่มกากอาหารที่จะไปกระตุ้นการเคลื่อนไหวของลำไส้ ทำให้กากอาหารนุ่ม มีปริมาตรมาก ถ่ายสะดวก ใยอาหารที่ให้ประโยชน์ในลักษณะเช่นนี้มักเป็นพวกที่หยาบและละลายน้ำไม่ได้ เช่น

รำข้าวสาลี (wheat bran) รำข้าวหยาบ เป็นต้น สำหรับปัจจัยที่มีผลต่อการอุ้มน้ำของใยอาหารนี้ ได้แก่ องค์ประกอบทางเคมี ขนาดใยอาหาร ปริมาณอิเล็กโตรไลท์ และค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายนั้นๆ

2.2.3.2 ความสามารถในการดูดซึมสารอินทรีย์

สารอินทรีย์ต่างๆ เช่น กรดน้ำดี (bile acid) คอเลสเตอรอล ยา สารก่อมะเร็ง และสารพิษต่างๆ จากโครงสร้างของใยอาหารที่เป็นที่ยึดเกาะของสารอินทรีย์เหล่านี้ ก่อให้เกิดผลดีต่อร่างกาย โดยเมื่อภายหลังจากที่ใยอาหารถูกขับออกจากระบบลำไส้ สารอินทรีย์ที่เกาะกับใยอาหารก็จะขับออกจากร่างกายด้วยพร้อมๆ กัน ทำให้ปริมาณและความเข้มข้นของสารอินทรีย์ดังกล่าวลดลง เช่น ลดระดับของคอเลสเตอรอลและซีรัมที่มีอยู่ในเนื้อเยื่อ จากการศึกษาพบว่าองค์ประกอบทางเคมีจะมีผลต่อการยึดเกาะของสารเหล่านี้ เช่น ลิกนิน, เพคติน และโพลีแซ็กคาไรด์ ที่มีความเป็นกรดจะสามารถดูดซึมกรดน้ำดีได้ดี ส่วนเซลลูโลสสามารถยึดเกาะสารเคมี 1,2 ไดเมททิลไฮดราซีนที่เป็นสารก่อมะเร็งได้ดีกว่าเพคติน จากผลการดูดซับและการแลกเปลี่ยนประจุกับสารอื่นๆ ที่มากับอาหารพวกสารพิษ และอนุมูลอิสระต่างๆ ทำให้ใยอาหารสามารถดึงเอาสารพิษเหล่านี้ออกจากอาหารรวมทั้งการที่ใยอาหารสามารถลดความหมักหมมของกากอาหารในลำไส้ด้วย จึงทำให้ลดโอกาสที่สารก่อมะเร็งเหล่านี้จะสัมผัสกับผนังลำไส้ได้

2.2.3.3 ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก

ใยอาหารประเภทโพลีแซ็กคาไรด์ที่มีหมู่คาร์บอกซีลอิสระ ทำให้โมเลกุลมีความเป็นกรด เช่น เพคติน ลิกนิน จะมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกกับเกลือแร่และอิเลคโตรไลท์ต่างๆ ดังนั้นเมื่อใยอาหารขับออกจากร่างกาย จึงให้เกลือแร่และอิเลคโตรไลท์ที่เกาะกับโครงสร้างใยอาหารมากเกินไป มันอาจจะไปจับกับเกลือแร่ที่จำเป็นต่อร่างกาย เช่น แคลเซียม แมกนีเซียม ซึ่งมีผลต่อการเจริญของกระดูก เหล็ก และสังกะสี ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตของร่างกายได้เหมือนกัน แต่อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีการยืนยันที่แน่นอนหรือมีข้อมูลจากการวิจัยที่สนับสนุนในเรื่องของผลเสียที่มีต่อร่างกายหากมีการบริโภคใยอาหารในปริมาณที่มากเกินไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลเสียที่มีต่อการดูดซึมและการนำไปใช้ของเกลือแร่ต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย ซึ่งอาจจะทำให้เป็นการลดการนำเกลือแร่และอิเลคโตรไลท์ไปใช้ ปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถนี้ ได้แก่ สารประกอบไนโตรเจน สารประกอบฟีนอล สารที่เกิดจากการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (mailard) และวิธีการเตรียมใยอาหาร เป็นต้น

2.2.3.4 ความสามารถในการย่อยสลายด้วยจุลินทรีย์

สมบัติที่สำคัญประการหนึ่งของใยอาหาร คือ ความสามารถในการเป็นสารตั้งต้นหรือเป็นสารอาหารสำหรับจุลินทรีย์ที่อยู่ในลำไส้ใหญ่ การย่อยสลายนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของโพลีแซ็กคาไรด์ โดยที่ความสามารถในการอุ้มน้ำและโครงสร้างของโพลีแซ็กคาไรด์ มีผลต่ออัตราการย่อยสลาย เช่น

เพคติน มิวซีเลจส์ และกัม สามารถย่อยได้ดีในขณะที่เซลลูโลสสามารถย่อยได้เพียงบางส่วนเท่านั้น ผลที่ได้จากการย่อยสลาย คือ กรดไขมันสายสั้น (short chain fatty acid) ซึ่งจุลินทรีย์สามารถนำไปใช้เป็นแหล่งพลังงานในการเจริญเติบโต และการย่อยสลายนี้จะทำให้สภาพความเป็นกรด-ด่างในลำไส้ใหญ่เปลี่ยนไป โดยจะมีความเป็นกรดมากขึ้น ซึ่งจะส่งผลโดยตรงต่อการทำงานของเอนไซม์จากจุลชีพ การทำงานของระบบลำไส้ที่ปกติ เนื่องมาจากการทำงานของจุลินทรีย์นั่นเอง ดังนั้นในอาหารที่รับประทานจึงควรพิจารณาถึงชนิด และองค์ประกอบที่มีอยู่ในอาหารนั้นๆ เช่น ผักกาดขาว และกะหล่ำปลีสามารถย่อยสลายได้ถึงร้อยละ 90 ในขณะที่รำข้าวสาลีจะไม่ย่อยสลายและองค์ประกอบที่เป็นเฮมิเซลลูโลสมีแนวโน้มที่จะย่อยสลายได้มากกว่าเซลลูโลส

2.2.4 แหล่งของใยอาหาร

เส้นใยอาหารสามารถพบในอาหารจากพืชเท่านั้น ซึ่งพืชแต่ละชนิดจะมีปริมาณเส้นใยอาหารที่แตกต่างกัน ซึ่งสามารถแบ่งแหล่งของเส้นใยอาหารได้ดังนี้

2.2.4.1 ธัญพืช (cereal) เช่น ข้าวสาลี ข้าวโอ๊ต ข้าวโพด และข้าว เป็นต้น ซึ่งธัญพืชจัดเป็นแหล่งที่ดีของเส้นใยอาหาร โดยเฉพาะธัญพืชที่ไม่ผ่านการขัดสีจะมีปริมาณเส้นใยอาหารมากกว่าธัญพืชที่ผ่านการขัดสี ปริมาณเส้นใยอาหารของธัญพืชแต่ละชนิดจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กระบวนการแปรรูป

2.2.4.2 พืชตระกูลถั่ว (legumes) เช่น ถั่วเขียว ถั่วแดง ถั่วดำ และถั่วเหลือง เป็นต้น พืชตระกูลถั่วทั้งหลายจัดเป็นแหล่งของอาหารที่มีปริมาณเส้นใยอาหารสูง

2.2.4.3 ผัก (vegetables) ผักเป็นแหล่งที่ดีของเส้นใยอาหาร นอกจากนี้ผักต่างชนิดกันก็มีปริมาณเส้นใยอาหารแตกต่างกันแล้ว ยังพบว่าปริมาณเส้นใยอาหารในผักยังขึ้นอยู่กับส่วนต่างๆ ของผัก พันธุ์ ฤดูกาล ความแก่อ่อน ปริมาณน้ำในผัก และการแปรรูป

2.2.4.4 ผลไม้ (fruits) ปกติผลไม้มักจะมีปริมาณน้ำและน้ำตาลสูง ส่งผลให้มีปริมาณเส้นใยอาหารต่ำ สามารถเพิ่มปริมาณเส้นใยอาหารในผลไม้ได้โดยใช้กระบวนการกำจัดน้ำ ส่วนต่างๆ ของผลไม้ เช่น เปลือก แกน เมล็ด เป็นต้น เป็นส่วนที่มีปริมาณเส้นใยอาหารสูงและมักเป็นของเหลือจากอุตสาหกรรม ซึ่งถือเป็นแหล่งเส้นใยอาหารที่มีศักยภาพ

2.2.5 ประโยชน์ของใยอาหารและบทบาทต่อสุขภาพ

ใยอาหารแม้จะเป็นสารอาหารที่ไม่มีคุณค่าทางโภชนาการ แต่มีความสำคัญต่อร่างกายเป็นอย่างมาก เนื่องจากใยอาหารสามารถป้องกันอุบัติการณ์การเกิดโรคต่างๆ เช่น ริดสีดวงทวาร ผนังลำไส้โป่งพอง โรคหัวใจขาดเลือด ท้องผูก การเกิดถุงตันในลำไส้ใหญ่ โรคอ้วน โรคเบาหวาน มะเร็งในระบบทางเดินอาหาร เป็นต้น แม้ว่าใยอาหารจะเป็นอาหารที่ไม่ให้สารอาหารใดๆ แก่ร่างกาย แต่ช่วยควบคุมการทำงานของอวัยวะให้ทำงานเป็นปกติได้ อย่างไรก็ตามหากร่างกายไม่ได้รับใยอาหารหรือมี

พฤติกรรมการกินอาหารที่มีใยอาหารต่ำ จะทำให้เสี่ยงต่อการเกิดโรคดังต่อไปนี้ (Stark and Madar, 1994)

2.2.5.1 ผลของการบริโภคใยอาหารกับโรคท้องผูก

การได้รับใยอาหารในปริมาณที่ไม่เพียงพอเป็นสาเหตุหนึ่งของการเกิดโรคท้องผูก การบริโภคอาหารที่มีใยอาหารสูง จะช่วยลดปัญหาอาการท้องผูกได้เนื่องจากใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำประเภทเซลลูโลส ช่วยเพิ่มน้ำหนักและปริมาณกากอาหาร ทำให้กากอาหารอ่อนนุ่มและช่วยลดเวลาที่กากอาหารเคลื่อนผ่านลำไส้ใหญ่ ส่วนใยอาหารที่ละลายประเภทเฮมิเซลลูโลส จะช่วยดูดซับน้ำในทางเดินอาหาร ทำให้กากอาหารนุ่มและช่วยลดเวลาที่กากอาหารเคลื่อนที่ผ่านลำไส้ใหญ่

2.2.5.2 ผลของการบริโภคใยอาหารกับโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่

การบริโภคอาหารที่มีใยอาหารน้อย แต่มีไขมันสูงมีความสัมพันธ์กับอุบัติการณ์การเกิดโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ ซึ่งเป็นโรคที่พบมากในประเทศตะวันตก และเริ่มสูงขึ้นในประเทศอุตสาหกรรม เช่น ประเทศญี่ปุ่น โดยเฉพาะกลุ่มประชากรเขตเมือง ผู้ป่วยโรคนี้มักมีประวัติเป็นโรคท้องผูกเป็นเวลานาน จากการศึกษาหลายแหล่งได้สนับสนุนถึงความสำคัญของการบริโภคอาหารที่มีใยอาหารสูงต่อการป้องกันการเกิดมะเร็งลำไส้ใหญ่ โดยเฉพาะใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ เช่น รำข้าว สาลี เซลลูโลส ส่วนใยอาหารที่ละลายน้ำไม่มีส่วนป้องกันการเกิดโรคนี้

2.2.5.3 ผลของการบริโภคใยอาหารกับผนังลำไส้ใหญ่โป่งพอง

สาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดการโป่งพองของลำไส้ใหญ่ เกิดจากการที่อุจจาระมีปริมาณน้อยและแข็งเป็นประจำ ทำให้การขับถ่ายต้องใช้แรงเบ่งมาก เกิดความดันในลำไส้ใหญ่สูงเพื่อผลักดันกากอาหารและส่งผลให้ดันผนังลำไส้ให้โป่งพอง หากมีกากอาหารที่มีลักษณะแข็งตกค้างจะทำให้เกิดอาการระคายเคือง อาจอักเสบจนถึงขั้นเป็นอันตรายได้

2.2.5.4 ผลของการบริโภคใยอาหารกับโรคอ้วน

สาเหตุส่วนใหญ่ของโรคอ้วนเกิดจากการกินอาหารและการออกกำลังกายน้อย การบริโภคอาหารที่มีใยอาหารสูงจะให้พลังงานน้อยกว่าการบริโภคอาหารที่มีใยอาหารต่ำ ใยอาหารจากพืชที่มีเพคติน, เฮมิเซลลูโลส และกลูโคแมนแนน เป็นองค์ประกอบจะสามารถดูดซึมน้ำได้มาก ดังนั้นผู้รับประทานอาหารที่มีใยอาหารเหล่านี้เป็นส่วนประกอบอาหารจะขยายตัวและเพิ่มปริมาตรในกระเพาะอาหาร จึงทำให้เกิดความรู้สึกอิ่มนานกว่าปกติทั้งๆ ที่ปริมาณที่เข้าไปไม่ได้เพิ่มมากกว่าที่เคยรับประทาน

2.2.5.5 ผลของการบริโภคใยอาหารกับด้านการแพทย์

เนื่องจากเส้นใยอาหารมีโครงสร้างที่คล้ายกับฟองน้ำและมีประจุไฟฟ้าอยู่ด้วย ดังนั้นจึงสามารถยึดจับกับสารอาหารและน้ำได้ดี ดังนั้นจึงช่วยยับยั้ง ดูดซึม และต้านการเกิดพิษในระบบ

การย่อย และดูดซึมอาหารได้ นอกจากนั้นยังป้องกันการเกิดโรคหลายชนิด และป้องกันการเกิดโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ โรคเบาหวาน ตลอดจนป้องกันการเกิดภาวะก้อนนิ่วในระบบทางเดินอาหารได้

2.2.5.6 เส้นใยอาหารต่อระบบเมแทบอลิซึมของร่างกาย (ปิ่นมณี ขวัญเมือง, 2547)

นอกเหนือจากประโยชน์ของเส้นใยอาหารในการช่วยทำให้ระบบขับถ่ายสะดวกขึ้น และช่วยป้องกันมะเร็งลำไส้แล้ว ประโยชน์ที่สำคัญอีกประการหนึ่ง คือ ความสำคัญต่อระบบเมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรต ไขมัน เกลือแร่ และวิตามิน

1) ระบบเมแทบอลิซึมของไขมัน

มีการศึกษาโดย (Stark and Madar, 1994) รายงานว่า เส้นใยอาหารที่ละลายน้ำมีศักยภาพต่อการลดระดับคอเลสเตอรอลทั้งหมดและลด low density lipoprotein cholesterol ในเลือดการดูดซึมกรดเกลือของเส้นใยทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเมแทบอลิซึมของคอเลสเตอรอล ทำให้เกิดการสูญเสียคอเลสเตอรอลออกจากร่างกายโดยขั้นแรกเพิ่มการขับกรดเกลือทำให้การสังเคราะห์กรดเกลือจากคอเลสเตอรอลเพิ่มขึ้น จากนั้นกรดเกลือที่ไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ในลำไส้จะเกิดเป็นไมเซลล์ ซึ่งไมเซลล์จะไปยับยั้งการดูดซึมไขมันและคอเลสเตอรอล นอกจากนั้นเส้นใยจากข้าวบาร์เลย์ และชูการ์บีท จะสามารถเพิ่มปริมาณอุจจาระได้ ทำให้กรดเกลือในลำไส้เจือจางลง นอกจากนั้นแบคทีเรียที่อยู่ในลำไส้จะย่อยเส้นใยอาหารเป็น short chain fatty acid (SCFA) ซึ่งมีคุณสมบัติยับยั้งการสังเคราะห์คอเลสเตอรอลได้

2) ระบบเมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรต

ในส่วนของเส้นใยที่ละลายน้ำและอาหารเส้นใยที่มีความหนืดสูง มีศักยภาพในการดูดซึมกลูโคสและคอเลสเตอรอล จึงช่วยลดระดับของคอเลสเตอรอลหลังอาหารได้ดี

3) คุณสมบัติของเส้นใยอาหารต่อการใช้ประโยชน์ทางชีวภาพของแร่ธาตุ

ในอาหารเมื่อผ่านการย่อยจะถูกดูดซึมไปใช้ประโยชน์ต่อร่างกาย การดูดซึมแร่ธาตุไปใช้ประโยชน์ ขึ้นอยู่กับปัจจัยภายนอกและปัจจัยภายในและการใช้ประโยชน์ของแร่ธาตุบางประการขึ้นอยู่กับเส้นใยอาหาร

4) คุณสมบัติของเส้นใยต่อการใช้ประโยชน์ทางชีวภาพวิตามิน

อาหารส่วนใหญ่ที่บริโภคมักจะช่วยให้มีการดูดซึมวิตามินได้ดี เช่น อาหารประเภทไขมัน ศช่วยวิตามินเอ ดี อี เค เป็นประโยชน์ต่อร่างกายได้มากขึ้น วิตามินบางชนิดช่วยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์และช่วยขับน้ำดีออกมาช่วยในระบบการย่อยอาหาร แต่อาหารบางชนิดมีองค์ประกอบที่ขัดขวางการใช้ประโยชน์ของวิตามิน เช่น proteinase inhibitors ที่พบในผักและผลไม้สดบางชนิด มีผลต่อการดูดซึมกรดเกลือแบบ reabsorption อาหารที่มีเส้นใยบางชนิดอาจยับยั้งหรือทำลายวิตามินดีและทำให้ร่างกายเกิดภาวะวิตามินดีต่ำ ซึ่งพบได้ในอาหารมังสวิรัติ

2.2.6 ผลเสียและอาการข้างเคียงจากการรับประทานใยอาหาร

ผลเสียและอาการข้างเคียงจากการรับประทานใยอาหารแม้ว่าใยอาหารจะมีประโยชน์ต่อร่างกายอย่างมากแต่ถ้ารับประทานมากเกินไปจะมีผลเสียต่อร่างกาย เช่น

2.2.6.1 ลดการดูดซึมของสารอาหารบางชนิด เช่น แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก ทองแดง และสังกะสี เป็นต้น (Silk, 1989)

2.2.6.2 ผลเสียต่อทางเดินอาหาร เช่น มีแก๊สในกระเพาะและลำไส้ อาเจียน ลำไส้เคลื่อนไหวเร็วกว่าปกติ และปวดท้อง เป็นต้น (Scheppach et al, 1990)

2.2.6.3 ในคนที่ต้องการให้อาหารทางสายยาง ใยอาหารที่หยาบอาจจะทำให้เกิดการอุดตันในสายยาง (Scheppach et al, 1990)

2.2.7 การใช้ใยอาหารในผลิตภัณฑ์อาหาร

ปัจจุบันผู้บริโภคตระหนักถึงความสำคัญของใยอาหารต่อสุขภาพมากขึ้น ซึ่งในทางกฎหมายเซลลูโลสผงได้รับอนุญาตจากองค์การร่วมทางเศรษฐกิจแห่งยุโรป (EEC) ให้ใช้เป็นส่วนประกอบของอาหารได้ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1993 และได้รับการรับรองจากองค์การอนามัยโลก (WHO) และองค์กรณ์อาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) ให้ใช้เป็นสารเติมแต่งได้ในอาหารบางชนิด ในทวีปยุโรปและอเมริกาได้มีการนำเซลลูโลสผงมาใช้เป็นองค์ประกอบของสารอาหารเพื่อสุขภาพและผลิตภัณฑ์เค้ก คุกกี้ เนยเทียม พาสต้า และซุปต่างๆ (วิภา สุโรจนะเมธกุล, 2541)

ใยอาหารผงทางการค้าทั่วไปควรมีปริมาณใยอาหารทั้งหมดไม่ต่ำกว่า 50% ความชื้นต่ำกว่า 9% ฐานแห้ง มีปริมาณไขมันต่ำและให้พลังงานต่ำกว่า 8.36 กิโลจูล/ต่อกรัม (Larrauri, 1991)

2.2.7.1 การใช้ใยอาหารผงเพื่อปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมอบ

ผลิตภัณฑ์ขนมอบมีความเหมาะสมที่จะใช้เป็นตัวกลางในการทดสอบเติมใยอาหารจากแหล่งต่างๆ เพื่อศึกษาผลของใยอาหารต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ต่างๆ การเติมเซลลูโลสผงในผลิตภัณฑ์ขนมอบนั้น จะช่วยเพื่อปริมาณผลผลิตให้กับผลิตภัณฑ์ เพิ่มอายุการเก็บรักษา และลดการสูญเสียความชื้นระหว่างการเก็บรักษาเพราะเซลลูโลสมีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำ ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่ผลิตภัณฑ์ขนมอบจะต้องมี

2.2.7.2 การใช้ใยอาหารผงเพื่อปรับปรุงเนื้อสัมผัส

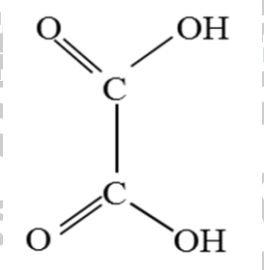
การเติมเซลลูโลผงลงในเค้ก เพื่อศึกษาลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (instron) พบว่าเค้กที่เติมเซลลูโลสในระดับต่ำกว่าจะมีเนื้อแข็งกว่า เนื่องจากเซลลูโลสมีขนาดเส้นใยยาวจะทำให้เค้กมีเนื้อนุ่ม และพบว่าการเติมเซลลูโลสผงที่ระดับ 2-4 % จะช่วยปรับปรุงคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสของเค้กให้ดีขึ้น ซึ่งจะมีผลต่ออายุการเก็บรักษา ลักษณะปรากฏของเค้ก และความสูญเสียจากการแตกของเค้ก เค้กที่เติมเซลลูโลสผงจะมีความชื้นสูงกว่า เนื่องจากเซลลูโลสมีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำ ทำให้เค้กมีความนุ่มมากขึ้น และสามารถเก็บได้นานโดยไม่แห้งแข็ง

2.2.7.3 การใช้ใยอาหารผงเป็น noncaloric bulking agen

เซลลูโลสผงถูกนำไปใช้เป็น Bulking agent ในอาหารหลายชนิด เช่น เครื่องดื่ม น้ำสลัด ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ เป็นต้น (จุฬาลักษณ์ วงศ์สรรเสริญ และคณะ, 2544) การสกัดใยอาหารไม่มีรูปแบบและวิธีการที่ตายตัวทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแนวทางและวัตถุประสงค์ของผู้วิจัย โดยงานวิจัยหลายๆ งานวิจัยจะทำการกำจัดองค์ประกอบบางส่วนที่ผู้วิจัยเห็นว่าไม่มีประโยชน์หรือมีประโยชน์น้อยกว่าองค์ประกอบอื่นๆ ออก อย่างเช่น ไขมัน แป้ง น้ำตาลอิสระ เป็นต้น เพื่อให้ได้ใยอาหารที่บริสุทธิ์และได้ส่วนของใยอาหารในปริมาณสูง

2.3 ออกซาเลต (oxalate)

ออกซาเลต เป็นกรดอินทรีย์ที่สามารถพบได้ในอาหารทั่วไป โดยเฉพาะในพืชผักและผลไม้ แต่พบในผักเป็นส่วนใหญ่ ถือเป็นกรดที่มีความเป็นกรดสูงกว่ากรดน้ำส้ม (acetic acid) 10,000 เท่า เมื่ออยู่ในรูปของประจุเรียกว่าออกซาเลต ($C_2O_4^{2-}$) เป็นเกลือของกรดออกซาลิก ($C_2H_2O_4$) พบมากในผักและผลไม้บางชนิด เช่น มันฝรั่ง ผักโขม รูบาร์บ ชา งา และพลัม สารนี้ยับยั้งการดูดซึมแคลเซียม จึงจัดเป็นสารต้านฤทธิ์สารอาหาร (antinutritional factor) หากบริโภคอาหารที่มีออกซาเลตสูง จะถูกขับออกมาทางปัสสาวะ และอาจเป็นสาเหตุทำให้เกิดก้อนนิ่วในไตได้ ซึ่งออกซาเลตสามารถเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับธาตุอื่นทำให้มีคุณสมบัติไม่ละลายน้ำ เช่น แคลเซียมออกซาเลต แมกนีเซียมออกซาเลต และโซเดียมออกซาเลต เป็นต้น จากกระบวนการนี้ทำให้การดูดซึมแคลเซียมของร่างกายลดลง และส่งผลให้เกิดการสะสมของแคลเซียมออกซาเลต ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดก้อนนิ่วในไต โดยเฉพาะนิ่วแคลเซียมออกซาเลต นอกจากนี้ยังทำให้เกิดการระคายเคืองต่อลำไส้หากมีการบริโภคในปริมาณสูง



(ที่มา : Savage et al, 2000)

ภาพประกอบ 6 โครงสร้างกรดออกซาลิก

2.3.1 แหล่งของกรดออกซาลิก

2.3.1.1 การสังเคราะห์ของร่างกาย ที่มาจากกระบวนการเมตาบอลิซึมของ glyoxylic และ ascorbic acid ดังนั้น หากร่างกายได้รับวิตามินซีมากเกินไปอาจทำให้เกิดกรดออกซาลิกเพิ่มขึ้นได้

2.3.1.2 จากอาหาร โดยเฉพาะผัก ผลไม้ต่างๆ ที่มีกรดออกซาลิก โดยพบว่าผักและผลไม้ต่างๆ ที่มีกรดออกซาลิกมาก ได้แก่ ใบชะพลู ยอดพริกชี้ฟ้า ผักโขม มันสำปะหลัง และแครอท เป็นต้น

2.3.2 ประโยชน์ของกรดออกซาลิก

กรดออกซาลิกถือเป็นกรดที่เป็นโทษต่อร่างกายมนุษย์ แต่ก็นำมาใช้ประโยชน์ได้ในหลายด้าน เช่น ใช้เป็นส่วนผสมของน้ำยาฆ่าเชื้อ ใช้เป็นส่วนผสมของน้ำยาทำความสะอาด ใช้เป็นสารเคมีสำหรับเติมเพื่อฆ่าเชื้อโรคในระบบบำบัดน้ำเสีย เป็นต้น

2.3.3 ความเป็นพิษของกรดออกซาลิก

2.3.3.1 กรดออกซาลิกหากร่างกายได้รับมากเกินขนาดจะทำให้เกิดความเป็นพิษ คือ ได้รับขนาด 5-15 กรัม สามารถทำให้ตายได้ หากได้รับในปริมาณน้อยและอย่างต่อเนื่องจะสะสมในร่างกาย โดยการตกตะกอนร่วมกับแคลเซียมเป็นผลึกแคลเซียมออกซาเลตที่สะสมในไต กระเพาะปัสสาวะ หัวใจและสมองได้ ผลจากการสะสมมักทำให้เกิดโรคนิ่วในบริเวณต่างๆ หรือกดทับระบบประสาทหากสะสมในสมอง

2.3.3.2 ความเป็นพิษแบบเฉียบพลันเมื่อรับประทานผักที่มีกรดออกซาลิกสูง คือ มีอาการปวดท้อง ลำไส้อักเสบ อาเจียน ท้องร่วง มีอาการชัก เลือดไม่แข็งตัวและตายได้

2.3.3.4 กรดออกซาลิกจัดเป็นกรดที่มีความเป็นพิษระดับสูงมีฤทธิ์กัดกร่อน และทำให้ระคายเคืองอย่างรุนแรงต่อผิวหนังและตา ส่วนฤทธิ์ที่มีต่ออวัยวะภายในร่างกายจะมีความเป็นพิษสูงมากขึ้น โดยมีฤทธิ์ระคายเคืองและทำลายอวัยวะภายในระบบทางเดินอาหาร ระบบทางเดินหายใจ ทำให้ระดับแคลเซียมในร่างกายลดลงมีผลต่อระบบประสาท นอกจากนั้นยังเป็นสาระสำคัญที่สามารถทำลายไตได้สูง

2.3.4 การป้องกัน และลดความเป็นพิษ

การป้องกันการได้รับพิษจากกรดออกซาลิกที่ดีคือหลีกเลี่ยงหรือรับประทานในปริมาณน้อยของกลุ่มพืชผักที่มีกรดออกซาลิกสูง สำหรับการลดความเป็นพิษ ได้แก่ การรับประทานเมล็ดฟักทอง อาหารเสริมฟอสฟอรัสหรืออาหารที่มีฟอสฟอรัสสูง ซึ่งฟอสฟอรัสจะช่วยลดการก่อตัวของผลึกแคลเซียมออกซาเลตและลดปริมาณผลึกจากบริเวณที่มีการสะสมต่างๆ ให้น้อยลง

2.3.5 ที่มาของกรดออกซาลิก

2.3.5.1 เกิดขึ้นภายในร่างกายได้เองโดยมาจากกระบวนการเมแทบอลิซึมของ glyoxylicacid และ (unused) ascorbic acid ดังนั้นถ้าร่างกายได้รับวิตามินซีมากเกินไปเป็นเวลานานๆ อาจจะทำให้มีกรดออกซาลิกเพิ่มขึ้น และมีผลให้เกิดก้อนนิ่วแคลเซียมออกซาเลตในไตและกระเพาะปัสสาวะได้

2.3.5.2 ได้รับจากภายนอก โดยรับประทานอาหารที่มีกรดออกซาลิก เช่น ผักต่างๆ โดยเฉพาะใบ ยอด และ ต้นอ่อน ปริมาณกรดออกซาลิกในผักต่างๆ จากการวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการของกลุ่มวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย กองโภชนาการ กรมอนามัย และที่ได้รวบรวมจากผลการวิเคราะห์ของต่างประเทศ พบว่าผักพื้นบ้านของไทยที่มีกรดออกซาลิกมาก (Siamchemi, 2559)

2.4 ผลของกระบวนการแปรรูปต่างๆ ต่อปริมาณออกซาเลต

การแปรรูปอาหารถือว่าเป็นกระบวนการที่สำคัญในการผลิตอาหารเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์อาหารที่สะอาด ปลอดภัย และตรงกับความต้องการของผู้บริโภค อย่างไรก็ตามการแปรรูปอาหารอาจส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะด้านต่างๆของอาหาร ทั้งทางด้านกายภาพ เคมี คุณค่าทางโภชนาการ และรวมถึงสารพิษที่อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภคอีกด้วย

พืชผักก็เป็นอาหารสำหรับมนุษย์และมีความจำเป็นต่อระบบการทำงานของร่างกายมาก แต่บางอย่างถ้ารับประทานมากเกินไปก็ทำให้เกิดโรคได้ พืชผักที่ไม่ควรรับประทานมากเกินไป ซึ่งจะทำให้เกิดเป็นนิ่วในไตได้ เช่น ยอดใบมันสำปะหลัง ใบชะพลู ผักแพรว หน่อไม้ ผักโขม หัวผักกาด ใบชา โกโก้ คื่นช่าย คะน้า มะเขือ แครอท บอน เผือก องุ่นแดง สตรอเบอรี่ ผักกระโดน ผักติ้ว ผักเม็ก ผักหวานป่า เป็นต้น พืชผักเหล่านี้จะมีสารออกซาเลต ค่อนข้างสูงมาก ซึ่งเป็นสารมีฤทธิ์ในการยับยั้งการดูดซึมของแคลเซียมและแร่ธาตุที่สำคัญหลายชนิดในกระแสเลือด มีผลเสียต่อร่างกายคือ หากรับประทานเป็นประจำทุกวันในปริมาณมาก ออกซาเลตจะเข้าไปตกผลึกสะสมในไตและกระเพาะปัสสาวะทำให้เป็นนิ่ว อย่างไรก็ตามมีรายงานวิจัยอย่างกว้างขวางที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบของการแปรรูปต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารออกซาเลต ในที่นี้จะกล่าวถึงผลของการแปรรูปอาหารต่างๆ ได้แก่ การล้าง การแช่ และการต้ม

2.4.1 การล้าง (washing)

การล้าง เป็นการทำความสะอาดอาหารที่ใช้รับประทาน หรือล้างวัตถุดิบด้วยน้ำ ซึ่งเป็นขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ ก่อนการแปรรูปอาหารหรือล้างระหว่างกระบวนการแปรรูปอาหาร อาหารที่ทำความสะอาดด้วยการล้าง เช่น ผัก ผลไม้ เนื้อสัตว์ สัตว์น้ำ เช่น กุ้ง หอย ปู ปลา เป็นต้น การล้าง

จึงเป็นขั้นตอนสำคัญ เพื่อทำความสะอาดและลดอันตรายที่ปนเปื้อนมากับวัตถุดิบ ออกซาเลตสามารถกำจัดออกจากอาหารโดยการชะล้างในน้ำมีรายงานว่าออกซาเลตสูญเสีย 40-50% โดยการชะล้าง (Concon, 1988)

2.4.2 การแช่ (soaking)

การแช่ คือ กรรมวิธีการแปรรูปอาหารโดยการแช่วัตถุดิบในน้ำ การแช่ในน้ำประปาเย็นเป็นเวลา 18 ชั่วโมง ส่งผลให้ออกซาเลตที่ละลายน้ำลดลง 26% (Dubois and Savage, 2006) รายงานว่าการแช่สามารถลดปริมาณออกซาเลตรวมและออกซาเลตที่ละลายน้ำลงได้ (Hang et al, 2014)

2.4.3 การต้มหรือการเดือด (boiling)

การต้มหรือการเดือด เป็นกรรมวิธีการแปรรูที่ใช้ความร้อนโดยใช้น้ำเป็นตัวกลาง ปรากฏการณ์ที่ของเหลวเปลี่ยนสถานะเป็นไอเมื่อได้รับความร้อนจะเกิดฟองอากาศอย่างรวดเร็ว เนื่องจากของเหลวมีความดันไอเท่ากับความดันบรรยากาศที่อยู่รอบๆ ในการทำให้อาหารสุก (cooking) หมายถึงการต้มอาหารในน้ำเดือด การทำให้สุกเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการลดปริมาณออกซาเลตทั้งหมด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยในการศึกษาผลกระทบจากตัวอย่างวิธีการแปรรูปต่อปริมาณออกซาเลตของก้านใบและใบของเผือกสองสายพันธุ์ พบว่าการต้ม 60 นาที เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการลดระดับออกซาเลตที่ละลายน้ำได้ในเนื้อเยื่อที่สุก และพบว่าออกซาเลตที่ละลายน้ำได้ในก้าน ก้านและใบเผือกหลังจากการต้มเป็นเวลา 60 นาที มีค่าเฉลี่ยลดลง 84.2% ในขณะที่เมื่อวัตถุดิบทั้งสองอย่างถูกต้มเป็นเวลาเพียง 10 นาทีค่าเฉลี่ยลดลง 62.1% (Hang et al, 2014)

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วราภรณ์ กุศลารักษ์ และนิพัฒน์ ลิ้มสงวน (2558) ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการและโภชนเภสัชในหน่อไม้ไผ่บงหวาน (Bambusa burmanica Gamble) และหน่อไม้ไผ่รวก (Thysostachys siamensis Gamble) โดยการตรวจวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี กรดอะมิโนอิสระ ไฟโตสเตอรอล และสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดพบว่าหน่อไม้ทั้ง 2 ชนิดมีปริมาณความชื้น 91-92% โปรตีน 1-3.44% ไขมัน 0.06-0.13% และเส้นใยอาหาร 2.23-2.60% ตรวจพบกรดอะมิโนอิสระ 18 ชนิด (รวมทั้งกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายครบทั้ง 8 ชนิด) และตรวจพบไฟโตสเตอรอลหลายชนิด ได้แก่ แคมพีสเตอรอล (campesterol) สติกมาสเตอรอล (stigmasterol) เบต้าซิโตสเตอรอล (β-sitosterol) และบลาสิกาสเตอรอล (brassicasterol) หน่อไม้ไผ่บงหวานมีปริมาณกรดอะมิโนอิสระรวมและไฟโตสเตอรอลรวมมากกว่าหน่อไม้ไผ่รวก แต่หน่อไม้ไผ่รวกมีปริมาณสารประกอบฟีนอ

ลิก และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ DPPH มากกว่า หน่อไม้ไผ่บงหวาน ขั้นตอนการต้มมีผลต่อคุณค่าทางโภชนาการและโภชนเภสัชของหน่อไม้ทั้ง 2 ชนิด โดยที่ปริมาณโปรตีน เถ้า และคาร์โบไฮเดรต มีค่าลดลง แต่ปริมาณไขมันและเยื่อใยมีค่าเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามหน่อไม้ไผ่บงหวานและหน่อไม้ไผ่รวกนับได้ว่าเป็นผักที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย เนื่องจากเป็นแหล่งของโปรตีนคุณภาพ ไขมันต่ำ เส้นใยสูง นอกจากนี้ยังมีไฟโตสเตอรอลและสารประกอบฟีนอลิกจึงเหมาะสมต่อการบริโภคเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ

มาลี ชิ้มศรีสกุล (2544) ศึกษาการสกัดเส้นใยอาหารจากกากและเปลือกถั่วเหลือง กากและเปลือกถั่วเหลืองเป็นส่วนเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมการแปรรูปถั่วเหลือง อาทิ เต้าเจี้ยว น้ำมันถั่วเหลือง และน้ำนมถั่วเหลือง ซึ่งสามารถนำมาใช้ประโยชน์จะเป็นการช่วยลดปริมาณส่วนเหลือดังกล่าว จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่า ในกากและเปลือกถั่วเหลืองมีเส้นใยอาหารประเภทไม่ละลายน้ำ (non-soluble dietary fiber) ในปริมาณค่อนข้างสูง ดังนั้นจึงศึกษาถึงขั้นตอนเพื่อให้ได้มาซึ่งเส้นใยดังกล่าว โดยการสกัดด้วยสารละลายด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ในสภาวะที่เหมาะสม เพื่อใช้เป็นแนวทางในการศึกษาต่อไป

Foophow et al. (2014) ศึกษาวิธีการสกัดเซลลูโลส 2 วิธี ได้แก่ การสกัดเบื้องต้นด้วยน้ำร้อนหรือเอนไซม์ร่วมกับวิธีการสกัดด้วยด่าง หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์คุณสมบัติของเซลลูโลสจากกากมะรุมผลการศึกษาพบว่าองค์ประกอบทางเคมีของกากมะรุมประกอบด้วยปริมาณเส้นใยสูงถึง 31.03% โดยน้ำหนักแห้ง และวิธีการสกัดที่เหมาะสมในการสกัดเซลลูโลสจากกากมะรุมเบื้องต้นด้วยน้ำร้อนร่วมกับวิธีการสกัดด้วยด่าง โดยใช้อุณหภูมิพรีไฮโดรไลซิสที่ 70 °C และความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5% (w/v) ได้ปริมาณเซลลูโลสของสารสกัดกากมะรุมอยู่ที่ 96.54% และเซลลูโลสที่ได้มีความสามารถในการพองตัว 8.79 กรัมน้ำต่อกรัมตัวอย่างสารสกัดเซลลูโลสที่ได้มีปริมาณเส้นใยสูงถึง 70.74% และเส้นใยมีความยาวประมาณ 30-60 ไมโครเมตร ดังนั้นกากมะรุมจึงเป็นวัสดุเหลือทิ้งที่เหมาะสมในการนำมาสกัดเซลลูโลสและเซลลูโลสที่สกัดได้สามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นวัตถุเติมแต่งอาหารได้ในอนาคต

ธนิน สุขผุย (2552) ศึกษาผลของสภาวะอบแห้งที่มีต่อคุณภาพของเส้นใยอาหารผงที่ผลิตจากเศษเหลือทิ้งของมะนาวแป้น จากผลการศึกษาพบว่าอุณหภูมิอบแห้งในช่วง 40-60 °C ไม่มีผลต่อองค์ประกอบและสมบัติด้าน hydration ของเส้นใยอาหาร โดยเส้นใยอาหารผงที่ผลิตประกอบด้วยปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมด 77.10±0.44% (ฐานแห้ง) และมีปริมาณเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำได้ 42.15±1.94% (ฐานแห้ง) และไม่พบความแตกต่างของค่า water-holding capacity และ swelling capacity ของเส้นใยอาหารที่มีขนาดแตกต่างกัน คือ ช่วงอนุภาค 300-450, 250-300 และ 150-250 ไมครอน นอกจากนี้ยังพบว่าสภาวะอบแห้งที่ใช้ในการทดลองไม่มีผลต่อปริมาณของเพคตินที่สกัดได้ โดยได้ปริมาณเพคตินทั้งหมด 85% (ฐานแห้ง) ที่ความชื้น 9% (ฐานแห้ง) สำหรับการศึกษาค่าการ

ละลายของเพคตินที่ pH 3-7 พบว่าค่าการละลายของเพคตินสูงขึ้น เมื่อ pH ลดลง อย่างไรก็ตาม เพคตินที่สกัดจากผงเส้นใยอาหารที่ได้จากสภาวะอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 °C มีค่าการละลายสูงกว่าเพคตินที่สกัดได้จากตัวอย่างที่ผ่านการอบแห้งที่ 40 และ 50 °C เล็กน้อย ผลการทดลองสรุปว่าเศษเหลือทิ้งจากมะนาวแป้นหลังจากการคั้นน้ำมีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นแหล่งเส้นใยอาหาร และการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 °C สามารถใช้ในการอบแห้งเพื่อผลิตเส้นใยอาหารผงที่มีคุณภาพ

ศิรดา สังสินชัย และชลิดา เนียมนุ้ย (2558) อิทธิพลของวิธีการอบแห้งที่มีต่อปริมาณเส้นใยอาหารและสมบัติด้านต่างๆ ของใยอาหารจากกากส้มเขียวหวาน ได้แก่ ความสามารถในการลดการดูดซึมกลูโคสการยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส และค่าสี กากส้มเขียวหวานผ่านการเตรียมด้วยการล้าง การลวก และการแช่ในสารละลายเอทานอล 95% ก่อนนำมาอบแห้งโดยใช้เทคนิคการอบแห้งด้วยลมร้อนและไมโคเวฟที่อุณหภูมิ 40, 60 และ 80 °C เพื่อผลิตเป็นใยอาหารผง พบว่าอัตราการอบแห้งในกรณีการอบแห้งด้วยไมโครเวฟมีค่าสูงกว่าในกรณีการอบแห้งด้วยลมร้อน นอกจากนี้พบว่าเทคนิคและอุณหภูมิ การอบแห้งไม่มีอิทธิพลต่อปริมาณใยอาหาร และการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 °C แสดงค่าความสามารถในการลดการดูดซึมกลูโคสและการยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลสสูงที่สุดเมื่อเทียบกับอุณหภูมิอบแห้งอื่นๆ ทั้งกรณีการอบแห้งด้วยลมร้อนและไมโครเวฟ

Savage et al. (2000) ได้ทำการศึกษาผลกระทบในการทำอาหารต่อปริมาณออกซาเลตที่ละลายน้ำและออกซาเลตที่ไม่ละลายน้ำของอาหารนิวซีแลนด์บางชนิด ออกซาเลตเกิดขึ้นเป็นผลิตภัณฑ์สุดท้ายของการเผาผลาญในจำนวนของเนื้อเยื่อพืช ใบพืชบางส่วนและรากพืชบางส่วนมีออกซาเลตที่ละลายน้ำและออกซาเลตที่ไม่ละลายน้ำในระดับสูง เมื่อบริโภคออกซาเลตเหล่านี้ซึ่งสามารถจับกับแคลเซียมและแร่ธาตุอื่นๆ การวัดปริมาณออกซาเลตในผักที่นิยมบริโภคในนิวซีแลนด์แสดงให้เห็นว่าการทำให้สุกจะช่วยลดปริมาณออกซาเลตของอาหาร ซึ่งจะสูญเสียโดยการชะล้างลงไปในน้ำที่ใช้ทำอาหาร

Dubois and Savage (2006) ศึกษาผลกระทบของการแช่และการทำให้สุกต่อปริมาณออกซาเลตของใบเผือกที่ทำการปลูกในสภาวะเรือนกระจกของนิวซีแลนด์ พบว่าปริมาณออกซาเลตของใบดิบ คือ 236.10 มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักแห้ง การแช่ใบดิบในน้ำเป็นเวลา 30 นาที จะช่วยลดปริมาณออกซาเลตที่ละลายน้ำลงโดยการชะล้างลงไปในน้ำ ส่วนการแช่เป็นเวลา 18 ชั่วโมง ส่งผลให้ปริมาณออกซาเลตที่ละลายน้ำของใบดิบลดลง 26% ในระหว่างการแช่พบว่าปริมาณออกซาเลตที่ไม่ละลายน้ำ (แคลเซียมออกซาเลต) ของใบเผือกยังคงไม่เปลี่ยนแปลง (เฉลี่ย 171.64 มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักแห้ง) ส่วนการต้มใบเผือกส่งผลให้ออกซาเลตที่ละลายน้ำสูญเสีย 36% ในขณะที่ปริมาณออกซาเลตที่ละลายน้ำของเนื้อเยื่อที่อบคล้ายกับเนื้อเยื่อดิบ โดยเฉลี่ยปริมาณออกซาเลตที่ไม่ละลายน้ำของเนื้อเยื่อดิบ เนื้อเยื่อสุก และเนื้อเยื่ออบ คือ 226.28 มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักแห้ง โดยรวมพบว่าการต้มใบเผือกเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณออกซาเลตที่ละลายน้ำในเนื้อเยื่อสุก

Hang et al. (2014) ศึกษาผลของตัวอย่างวิธีการแปรรูปต่อปริมาณออกซาเลตในก้านใบและใบเผือกสองสายพันธุ์ที่แตกต่างกัน คือ Mon Cham (purple stem) และ Chia Voi (light green stem) ของเผือก (Alocasia odora) ที่ปลูกในภาคกลางของเวียดนาม ซึ่งทำการแปรรูปโดยการทำให้เหี่ยวเป็นเวลา 18 ชั่วโมง ส่งผลให้ออกซาเลตที่ละลายน้ำโดยรวมลดลง 5.9% และการล้างในน้ำเย็นเป็นเวลา 5 นาที ส่งผลให้ปริมาณออกซาเลตที่ละลายน้ำลดลง 26.2% การแช่ก้านใบและใบในน้ำเป็นเวลา 10 นาที และเก็บที่อุณหภูมิ 36-38 °C ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยปริมาณออกซาเลตที่ละลายน้ำไของเนื้อเยื่อดิบลดลง 69.5% และการต้มเป็นเวลา 60 นาที เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดเพื่อลดระดับออกซาเลตที่ละลายน้ำในเนื้อเยื่อสุก พบว่าออกซาเลตที่ละลายน้ำในก้านและใบหลังจากการต้มเป็นเวลา 60 นาที มีค่าเฉลี่ยลดลง 84.2% และเมื่อวัตถุดิบทั้งสองอย่างถูกต้มเป็นเวลาเพียง 10 นาที ส่งผลให้ออกซาเลตที่ละลายน้ำมีค่าเฉลี่ยลดลง 62.1%

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (experimental research) เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีในหน่อไม้ 3 สายพันธุ์และปริมาณออกซาเลตในหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ จากนั้นศึกษาวิธีการกำจัดออกซาเลตในหน่อไม้ 3 สายพันธุ์โดยใช้การแปรรูป รวมทั้งศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ ทั้งก่อนและหลังผ่านกระบวนการแปรรูป และศึกษาอุณหภูมิในการอบแห้งเส้นใยจากหน่อไม้สายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือก รวมทั้งคุณสมบัติทางกายภาพ คุณสมบัติทางเคมี และคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของเส้นใยหน่อไม้ และนำไปพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพต้นแบบจากเส้นใยหน่อไม้ โดยดำเนินการวิจัยตามลำดับดังต่อไปนี้

3.1 ขอบเขตการวิจัย

3.2 วัสดุอุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการวิจัย

3.3 วิธีการดำเนินการวิจัย

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.5 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

3.6 ระยะเวลาในการดำเนินงานวิจัย

3.1 ขอบเขตการวิจัย

วัตถุดิบที่นำมาใช้ในงานวิจัย ได้แก่ หน่อไม้ตงลืมแล้ง หน่อไม้เลี้ยง และหน่อไม้บงหวาน การดำเนินการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้แบ่งการวิจัยออกเป็น 5 การทดลอง คือ ส่วนที่ (1) ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีในหน่อไม้ทั้ง 3 สายพันธุ์ ได้แก่ หน่อไม้ตงลืมแล้ง หน่อไม้เลี้ยง และหน่อไม้บงหวาน ส่วนที่ (2) ศึกษาปริมาณออกซาเลตในหน่อไม้ทั้ง 3 สายพันธุ์ ได้แก่ หน่อไม้ตงลืมแล้ง หน่อไม้เลี้ยง และหน่อไม้บงหวาน รวมทั้งศึกษาวิธีการกำจัดออกซาเลตในหน่อไม้ทั้ง 3 สายพันธุ์ ได้แก่ หน่อไม้ตงลืมแล้ง หน่อไม้เลี้ยง และหน่อไม้บงหวาน โดยใช้การแปรรูป ได้แก่ การล้าง การแช่เป็นเวลา 1, 3, 5, 7 และ 10 ชั่วโมง และการต้มเป็นเวลา 10, 30 และ 60 นาที ส่วนที่ (3) ศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ ได้แก่ หน่อไม้ตงลืมแล้ง หน่อไม้เลี้ยง และหน่อไม้บงหวาน รวมทั้งศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ที่ผ่านกระบวนการแปรรูป ได้แก่ หน่อไม้ตงลืมแล้ง หน่อไม้เลี้ยง และหน่อไม้บงหวาน โดยใช้การแปรรูป ได้แก่ การล้าง, การแช่เป็นเวลา 1, 3, 5, 7 และ 10

ชั่วโมง และการต้มเป็นเวลา 10, 30 และ 60 นาที ส่วนที่ (4) แนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพต้นแบบจากเส้นใยหน่อไม้ ศึกษาอุณหภูมิในการอบแห้งเส้นใยจากหน่อไม้สายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือก คือ การอบแห้งเส้นใยโดยวิธีอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 60, 70 และ 80 °C และศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ คุณสมบัติทางเคมีและคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของเส้นใยจากหน่อไม้ นำไปพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพต้นแบบจากเส้นใยหน่อไม้

การทดลองที่ 1

ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีในหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ ได้แก่ หน่อไม้ตงลืมแล้ง, หน่อไม้เลี้ยง และหน่อไม้บงหวาน โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มโดยสมบรูณ์ (completely randomized design; CRD) ปัจจัยที่ศึกษา คือ สายพันธุ์ของหน่อไม้ที่นำมาศึกษามีผลต่อองค์ประกอบทางเคมี ชนิดอิทธิพลกำหนด (fixed effect model) มี 1 ปัจจัย คือ องค์ประกอบทางเคมีในหน่อไม้ที่นำมาศึกษา โดยทำการทดลองวิเคราะห์ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

การทดลองที่ 2

ศึกษาปริมาณออกซาเลตในหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ หน่อไม้ตงลืมแล้ง หน่อไม้เลี้ยง และหน่อไม้บงหวาน จากนั้นศึกษาวิธีการกำจัดออกซาเลตในหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ โดยใช้การแปรรูป ได้แก่ 1. การล้าง (washing) 2. การแช่ (soaking) 1, 3, 5, 7 และ 10 ชั่วโมง และ 3. การต้ม (boiling) 10, 30 และ 60 นาที โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบรูณ์ (completely randomized design; CRD) ปัจจัยที่ศึกษา คือ ปริมาณออกซาเลตในหน่อไม้แต่ละสายพันธุ์ที่นำมาศึกษา และเมื่อทำการแปรรูปแล้วจะมีผลต่อปริมาณออกซาเลตอย่างไร ชนิดอิทธิพลกำหนด (fixed effect model) มี 1 ปัจจัย คือ ปริมาณออกซาเลตในหน่อไม้แต่ละสายพันธุ์ที่นำมาศึกษา และวิธีการกำจัดออกซาเลตโดยใช้การแปรรูป โดยทำการทดลองตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

การทดลองที่ 3

ศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ หน่อไม้ตงลืมแล้ง หน่อไม้เลี้ยง และหน่อไม้บงหวาน และศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ที่ผ่านกระบวนการแปรรูป ได้แก่ 1. การล้าง (washing) 2. การแช่ (soaking) 1, 3, 5, 7 และ 10 ชั่วโมง และ 3. การต้ม (boiling) 10, 30 และ 60 นาที โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบรูณ์ (completely randomized design; CRD) ปัจจัยที่ศึกษา คือ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในหน่อไม้แต่ละสายพันธุ์ที่นำมาศึกษาและเมื่อทำการแปรรูปแล้วจะมีผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระอย่างไร ชนิดอิทธิพลกำหนด (fixed effect model) มี 1 ปัจจัย คือ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในหน่อไม้แต่ละสายพันธุ์ที่นำมาศึกษาและ

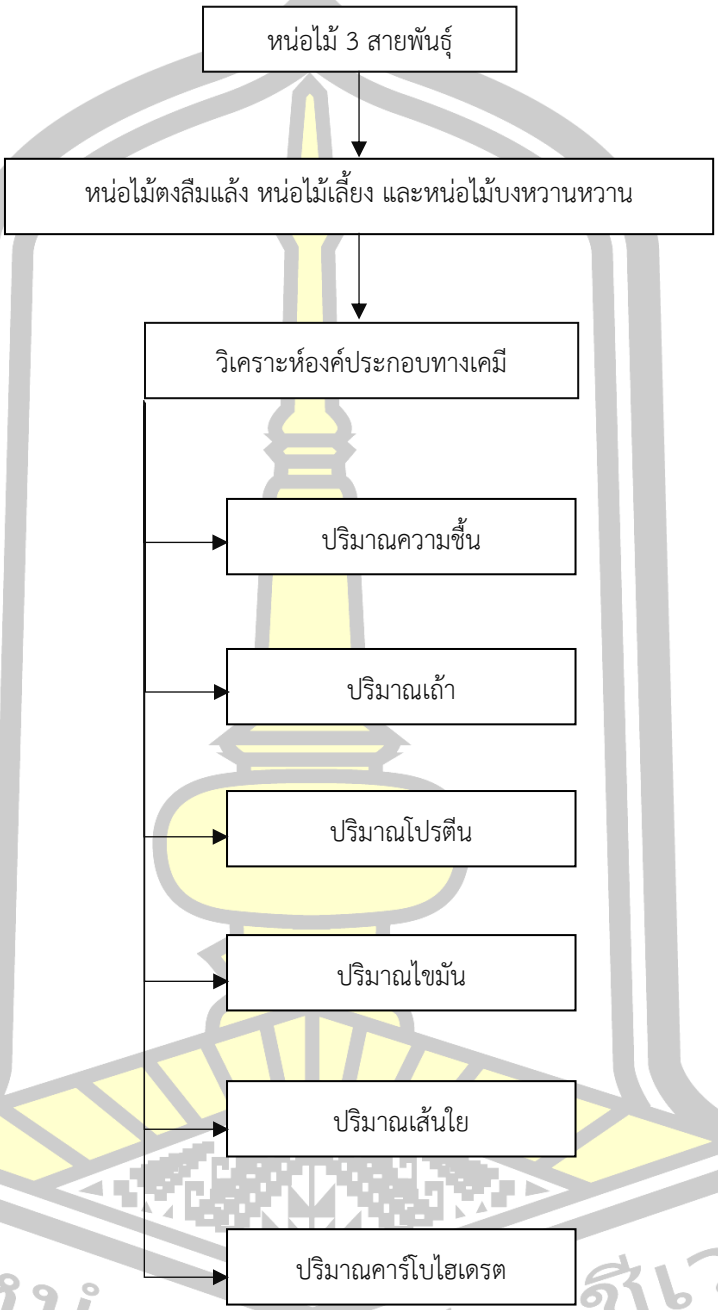
ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในหน่อไม้แต่ละสายพันธุ์เมื่อผ่านกระบวนการแปรรูป โดยทำการทดลองตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

การทดลองที่ 4

แนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพต้นแบบจากเส้นใยหน่อไม้ นำหน่อไม้สายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกมาศึกษาอุณหภูมิในการอบแห้งเส้นใยจากหน่อไม้ โดยใช้วิธีการอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 60, 70 และ 80 ^{o}C โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มโดยสมบรูณ์ (completely randomized design; CRD) ปัจจัยที่ศึกษา คือ อุณหภูมิในการอบแห้งเส้นใยจากหน่อไม้ที่นำมาศึกษามีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพ คุณสมบัติทางเคมี และคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของเส้นใยจากหน่อไม้ ชนิดอิทธิพลกำหนด (fixed effect model) มี 1 ปัจจัย คือ อุณหภูมิในการอบแห้งเส้นใยจากหน่อไม้ โดยทำการทดลองวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ คุณสมบัติทางเคมี และคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของเส้นใยจากหน่อไม้ โดยทำการทดลองตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

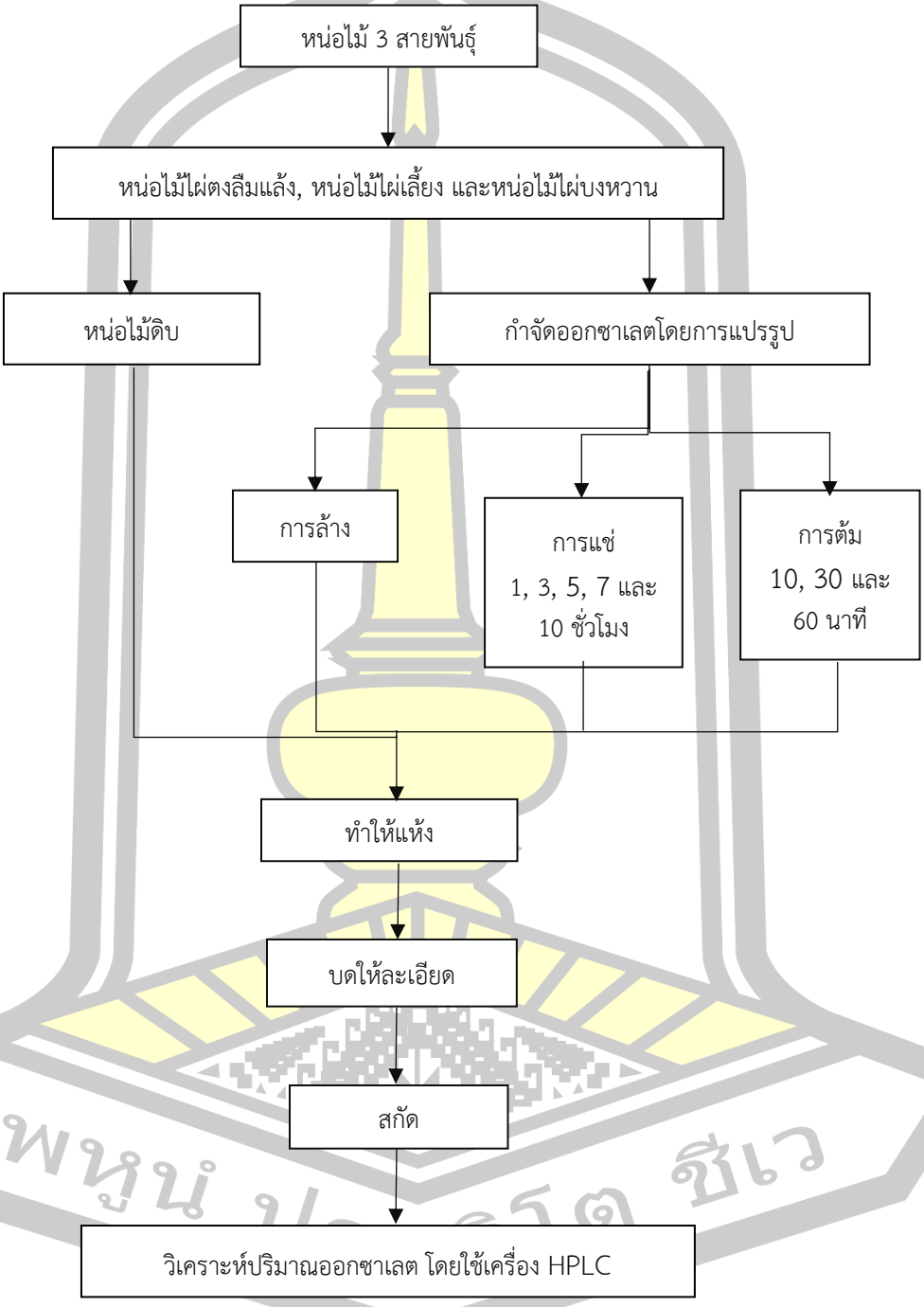
พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

แผนการดำเนินงานงานวิจัยการทดลองที่ 1 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีในหน่อไม้ 3 สายพันธุ์



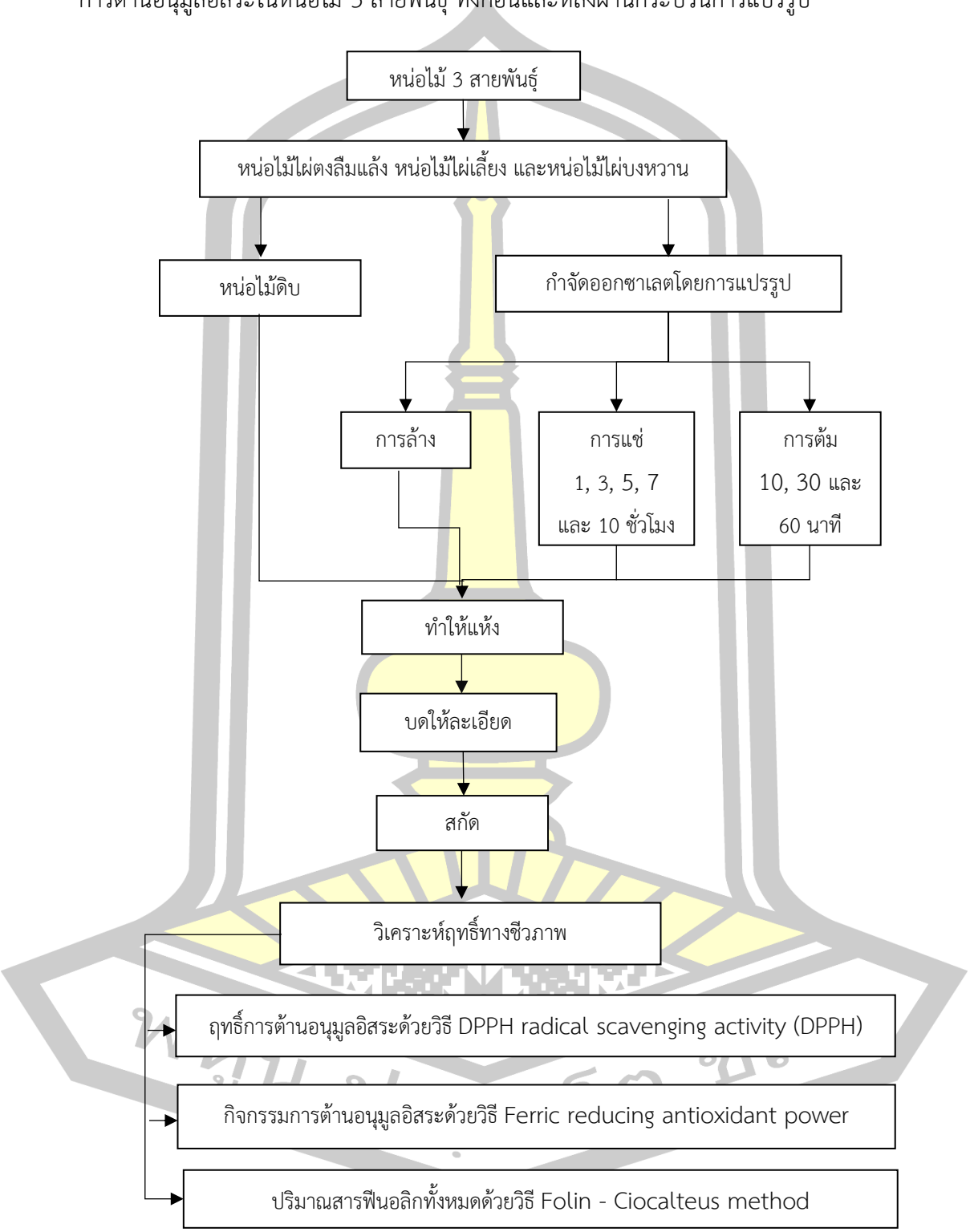
ภาพประกอบ 7 แผนดำเนินงานงานวิจัยการทดลองที่ 1

แผนดำเนินงานงานวิจัยการทดลองที่ 2 การศึกษาปริมาณออกซาเลตในหน่อไม้ 3 สายพันธุ์และวิธีการกำจัดออกซาเลตในหน่อไม้โดยการแปรรูป



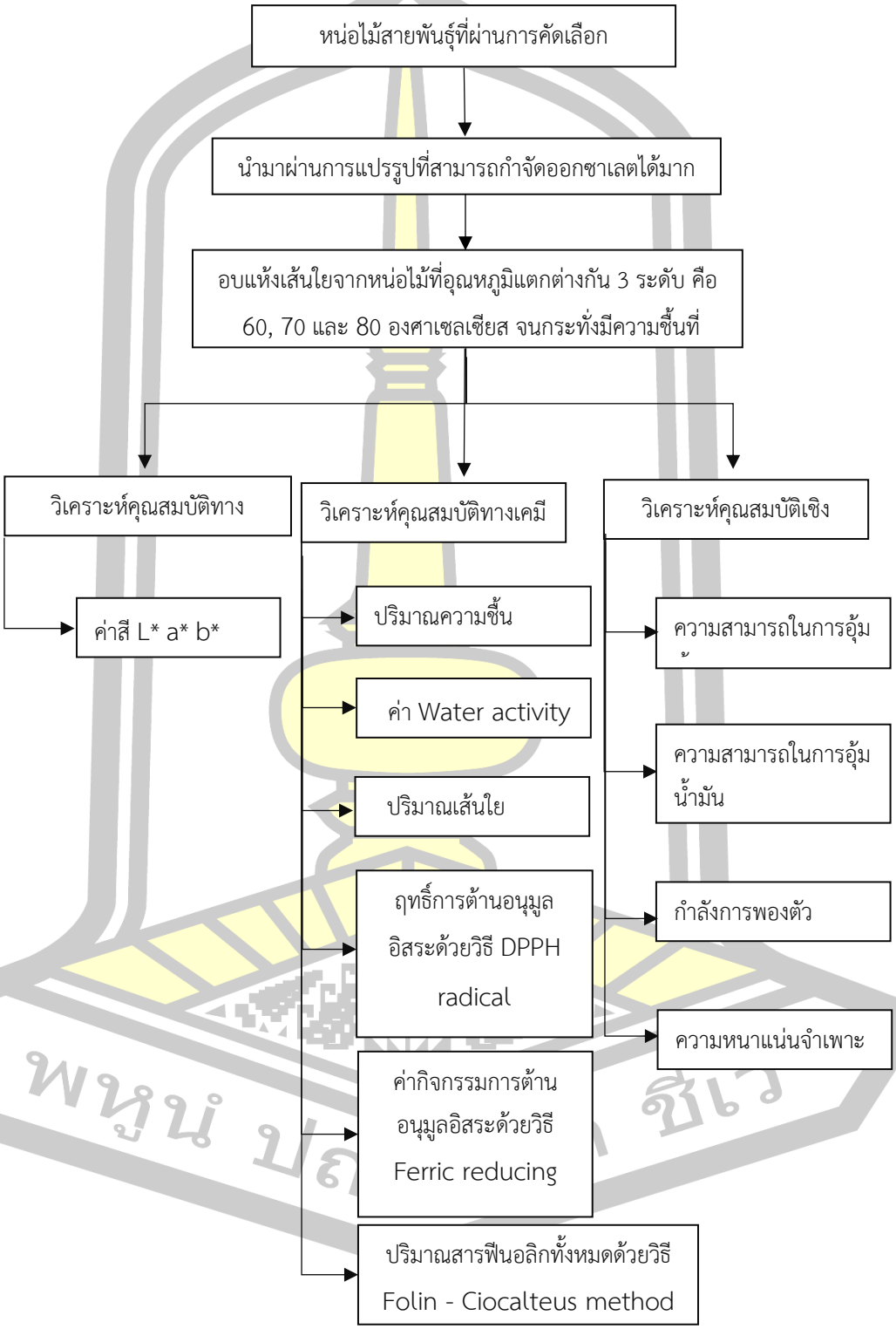
ภาพประกอบ 8 แผนดำเนินงานงานวิจัยการทดลองที่ 2

แผนดำเนินงานงานวิจัยการทดลองที่ 3 ศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ ทั้งก่อนและหลังผ่านกระบวนการแปรรูป



ภาพประกอบ 9 แผนดำเนินงานงานวิจัยการทดลองที่ 3

แผนดำเนินงานงานวิจัยการทดลองที่ 4 แนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพต้นแบบจากเส้นใยหน่อไม้



ภาพประกอบ 10 แผนดำเนินงานงานวิจัยการทดลองที่ 4

3.2 วัสดุอุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการวิจัย

3.2.1 วัตถุดิบ

3.2.1.1 หน่อไม้ตงลืมแล้ง (Bambusa beecheyana) ขนาดความยาวประมาณ 25-35 เซนติเมตร ช่วงอายุ 5-8 วัน ซื้อมาจากอำเภอยางตลาด จังหวัดกาฬสินธุ์

3.2.1.2 หน่อไม้เลี้ยง (Bambusa glaucescence) ขนาดความยาวประมาณ 35-50 เซนติเมตร ช่วงอายุ 4-7 วัน ซื้อมาจากอำเภอยางตลาด จังหวัดกาฬสินธุ์

3.2.1.3 หน่อไม้บงหวาน (Bambusa burmanica) ขนาดความยาวประมาณ 15-20 เซนติเมตร ช่วงอายุ 3-6 วัน ซื้อมาจากอำเภอภูกระดึง จังหวัดเลย

3.2.2 วัสดุอุปกรณ์

3.2.2.1 เครื่องบด

3.2.2.2 ตะแกรงร่อนขนาด 80 เมช

3.2.2.3 มีด

3.2.2.4 ถาด

3.2.2.5 ชาม

3.2.2.6 หม้อ

3.2.3 วัสดุอุปกรณ์วิเคราะห์ทางเคมี

3.2.3.1 เครื่องชั่งชนิดละเอียด 4 ตำแหน่ง (Mettler Toledo, Thailand)

3.2.3.2 เครื่อง spectrophotometer (Libra S12)

3.2.3.3 เครื่อง vortex (VTX-3000L)

3.2.3.4 เครื่อง shaker incubator

3.2.3.5 เครื่อง high performance liquid chromatography (HPLC) (Shimadzu LC-20AC pump, SPD-M20A diode array detector)

3.2.3.6 เครื่อง sonicator (Ultrasonic cleaner 621 OHP)

3.2.3.7 อ่างควบคุมอุณหภูมิ (Water bath, Memmert schutzart DIN 40050 TP 20, Germany)

3.2.3.8 ตู้อบลมร้อน (hot air oven)

3.2.3.9 เครื่องวิเคราะห์หาปริมาณเส้นใย (Fiber Analyzer)

3.2.3.10 เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง

3.2.3.11 ตู้อบลมร้อน (hot air oven) อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส

3.2.3.12 เครื่อง centrifuge (Universal 320)

3.2.3.13 เครื่อง hot plate

3.2.3.14 เครื่องวัดค่าแอคติวิตี้ (Water Activity Meter)

3.2.3.15 เตาเผาความร้อนสูง (Muffle furnace)

3.2.3.16 เครื่องวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน (Kjeldath apparatus)

3.2.3.17 เครื่องวิเคราะห์หาปริมาณไขมัน (Soxhlet apparatus)

3.2.3.18 ไมโครปิเปต (micro pipett)

3.2.3.19 กระดาษกรอง whatman No.1

3.2.3.20 หัวกรอง ขนาด 0.45 µm

3.2.3.21 กระบอกตวง

3.2.3.22 moisture can

3.2.3.22 หลอด centrifuge

3.2.3.23 คิวเวตต์ (cuvette)

3.2.3.24 ช้อนตักสารเคมี

3.2.3.25 ถ้วย crucible

3.2.3.26 เครื่องแก้วต่างๆ

3.2.4 วัสดุอุปกรณ์วิเคราะห์ทางกายภาพ

3.2.4.1 เครื่องวัดค่าสี (colorimeter)

3.2.5 สารเคมีที่ใช้ในการวิจัย

3.2.5.1 ethanol (Merck ; Darmstadt, Germany)

3.2.5.2 2,2 diphenyl-1-picrylhdrazylredical (DPPH) (Sigma-Aldrich Fine Chemicals (St. Louis, MO))

3.2.5.3 oxalic acid

3.2.5.4 glacial acetic acid (Analytical grade)

3.2.5.5 ferric reducing antioxidant power reagent (FRAP) (Sigma-Aldrich Fine Chemicals (St. Louis, MO))

3.2.5.6 2, 4, 6 tripyridyl-s-triazine (TPTZ) (Sigma-Aldrich Fine Chemicals (St. Louis, MO))

3.2.5.7 hydrochloric acid (HCL) (Analytical grade)

3.2.5.8 ferrous sulfate heptahydrate ($FeSO_4.7H_2O$) (Analytical grade)

3.2.5.9 boric acid (Rankem, India)

3.2.5.10 sodium hydroxide (NaOH) (Analytical grade)

3.2.5.11 potassium persulfate ($K_2S_2O_8$) (Analytical grade)

3.2.5.12 sodium phosphate

3.2.5.13 petroleum ether (Rcilabscan, Thailand)

3.2.5.14 sodium potassium tartrate

3.2.5.15 sulfuric acid (Analytical grade)

3.2.5.16 acetone (Analytical grade)

3.2.5.17 folin – ciocalteu reagent

3.2.5.18 sodium carbonate ($NaCO_2$) (Analytical grade)

3.2.5.19 sodium nitrite ($NaNO_2$) (Analytical grade)

3.2.5.20 aluminum chloride hexahydrate ($AlCl_3.6H_2O$) (Analytical grade)

3.2.5.21 Iodine solution

3.2.5.22 gallic acid (Sigma-Aldrich Fine Chemicals (St. Louis, MO))

3.2.5.23 potassium hydroxide (KOH) (Analytical grade)

3.2.5.24 distilled water

3.2.5.25 oil

3.2.5.26 Petroleum ether (Rcilabscan, Thailand)

3.3 วิธีการดำเนินการวิจัย

3.3.1 การทดลองที่ 1 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีในหน่อไม้ 3 สายพันธุ์

การเตรียมตัวอย่าง

3.3.1.1 หน่อไม้ตงลืมแล้ง

คัดเลือกหน่อที่มีขนาดความยาวประมาณ 25-35 เซนติเมตร นำมาปอกเปลือกและเอาเฉพาะส่วนที่กินได้ แล้วหั่นเป็นแว่นขนาดประมาณ 1 มิลลิเมตร นำไปทำให้แห้งที่อุณหภูมิที่ 60 °C จนกระทั่งมีความชื้นที่ 10±1% จากนั้นบดให้ละเอียดแล้วนำไปร่อนผ่านตะแกรงร่อนขนาด 80 เมช บรรจุในซองปิดสนิท เก็บที่ -18 °C เพื่อนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

3.3.1.2 หน่อไม้เลี้ยง

คัดเลือกหน่อที่มีขนาดความยาวประมาณ 35-50 เซนติเมตร นำมาปอกเปลือกและเอาเฉพาะส่วนที่กินได้ แล้วหั่นเป็นแว่นขนาดประมาณ 1 มิลลิเมตร นำไปทำให้แห้งที่อุณหภูมิที่ 60 °C จนกระทั่งมีความชื้นที่ 10±1% จากนั้นบดให้ละเอียดแล้วนำไปร่อนผ่านตะแกรงร่อนขนาด 80 เมช บรรจุในซองปิดสนิท เก็บที่ -18 °C เพื่อนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

3.3.1.3 หน่อไม้บงหวาน

คัดเลือกหน่อที่มีขนาดความยาวประมาณ 15-20 เซนติเมตร นำมาปอกเปลือกและเอาเฉพาะส่วนที่กินได้ แล้วหั่นเป็นแว่นขนาดประมาณ 1 มิลลิเมตร นำไปทำให้แห้งที่อุณหภูมิที่ 60 °C จนกระทั่งมีความชื้นที่ 10±1% จากนั้นบดให้ละเอียดแล้วนำไปร่อนผ่านตะแกรงร่อนขนาด 80 เมช บรรจุในซองปิดสนิท เก็บที่ -18 °C เพื่อนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมี ตามภาคผนวก ข

1) ปริมาณความชื้น (ตามวิธีการของ A.O.A.C., 2000)

2) ปริมาณเถ้า (ตามวิธีการของ A.O.A.C., 2000)

3) ปริมาณโปรตีน (ตามวิธีการของ A.O.A.C., 2000)

4) ปริมาณไขมัน (ตามวิธีการของ A.O.A.C., 2000)

5) ปริมาณเส้นใย (ตามวิธีการของ A.O.A.C., 2000)

6) ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (ตามวิธีการของ A.O.A.C., 2000)

3.3.2 การทดลองที่ 2 การศึกษาปริมาณออกซาเลตในหน่อไม้ 3 สายพันธุ์และศึกษาวิธีการกำจัดออกซาเลตในหน่อไม้ 3 สายพันธุ์โดยใช้การแปรรูป

3.3.2.1 การศึกษาปริมาณออกซาเลตในหน่อไม้ 3 สายพันธุ์

การเตรียมตัวอย่าง

1) หน่อไม้ตงลืมแล้ง

คัดเลือกหน่อที่มีขนาดความยาวประมาณ 25-35 เซนติเมตร นำมาปอกเปลือกและเอาเฉพาะส่วนที่กินได้ หั่นเป็นแว่นขนาดประมาณ 1 มิลลิเมตร นำไปทำให้แห้งที่อุณหภูมิที่ 60 °C เป็นเวลา 18 ชั่วโมง บดให้ละเอียดแล้วนำไปร่อนผ่านตะแกรงร่อนขนาด 80 เมช บรรจุในซองปิดสนิท เก็บที่ -18 °C เพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณออกซาเลต

2) หน่อไม้เลี้ยง

คัดเลือกหน่อที่มีขนาดความยาวประมาณ 35-50 เซนติเมตร นำมาปอกเปลือกและเอาเฉพาะส่วนที่กินได้ หั่นเป็นแว่นขนาดประมาณ 1 มิลลิเมตร นำไปทำให้แห้งที่อุณหภูมิที่ 60 °C เป็นเวลา 18 ชั่วโมง บดให้ละเอียดแล้วนำไปร่อนผ่านตะแกรงร่อนขนาด 80 เมช บรรจุในซองปิดสนิท เก็บที่ -18 °C เพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณออกซาเลต

3) หน่อไม้บงหวาน

คัดเลือกหน่อที่มีขนาดความยาวประมาณ 15-20 เซนติเมตร นำมาปอกเปลือกและเอาเฉพาะส่วนที่กินได้ หั่นเป็นแว่นขนาดประมาณ 1 มิลลิเมตร นำไปทำให้แห้งที่อุณหภูมิที่ 60 °C เป็นเวลา 18 ชั่วโมง บดให้ละเอียดแล้วนำไปร่อนผ่านตะแกรงร่อนขนาด 80 เมช บรรจุในซองปิดสนิท เก็บที่ -18 °C เพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณออกซาเลต

3.3.2.2 การศึกษาวิธีการกำจัดออกซาเลตในหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ โดยใช้การแปรรูป โดยวิธีการแปรรูปทั้ง 3 วิธี ทำการดัดแปลงมาจาก Hang et al. (2014)

การเตรียมตัวอย่าง

1) การล้าง (washing)

นำตัวอย่างนำหน่อไม้แต่ละสายพันธุ์มาปอกเปลือกและเอาเฉพาะส่วนที่กินได้ นำไปหั่นเป็นแว่นขนาดประมาณ 1 มิลลิเมตร จากนั้นหน่อไม้สายพันธุ์ละ 1 กิโลกรัมต่อน้ำสะอาด 5 ลิตร และล้างเป็นเวลา 5 นาที นำตัวอย่างขึ้นจากน้ำและทิ้งให้สะเด็ดน้ำที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที แล้วนำตัวอย่างมาทำแห้งที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 18 ชั่วโมง บดให้ละเอียด แล้วนำไปร่อนผ่านตะแกรงร่อนขนาด 80 เมช บรรจุในซองปิดสนิท เก็บที่ -18 °C เพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณออกซาเลต

2) การแช่ (soaking)

นำตัวอย่างนำหน่อไม้แต่ละสายพันธุ์มาปอกเปลือกและเอาเฉพาะส่วนที่กินได้ นำไปหั่นเป็นแว่นขนาดประมาณ 1 มิลลิเมตร ชั่งตัวอย่างหน่อไม้สายพันธุ์ละ 1 กิโลกรัมต่อน้ำสะอาด 3 ลิตร แช่น้ำเป็นเวลา 1, 3, 5, 7 และ 10 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง นำตัวอย่างขึ้นและทิ้งให้สะเด็ดน้ำ แล้วนำไปทำให้แห้งที่อุณหภูมิที่ 60 °C เป็นเวลา 18 ชั่วโมง บดให้ละเอียด แล้วนำไปร่อนผ่านตะแกรงร่อนขนาด 80 เมช บรรจุในซองปิดสนิท เก็บที่ -18 °C เพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณออกซาเลต

3) การต้ม (boiling)

นำตัวอย่างนำหน่อไม้แต่ละสายพันธุ์มาปอกเปลือกและเอาเฉพาะส่วนที่กินได้ นำไปหั่นเป็นแว่นขนาดประมาณ 1 มิลลิเมตร ชั่งตัวอย่างหน่อไม้สายพันธุ์ละ 1 กิโลกรัมต่อน้ำสะอาด 2 ลิตร ต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส โดยจับเวลาเมื่อนำเดือด 10, 30 และ 60 นาที นำตัวอย่างขึ้นแล้วทิ้งตัวอย่างสะเด็ดน้ำและปล่อยทิ้งไว้ให้เย็น 30 นาที นำมาทำให้แห้งที่อุณหภูมิที่ 60 °C เป็นเวลา 18 ชั่วโมง บดให้ละเอียด แล้วนำไปร่อนผ่านตะแกรงร่อนขนาด 80 เมช บรรจุในซองปิดสนิท เก็บที่ -18 °C เพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณออกซาเลต

การศึกษาปริมาณออกซาเลต ตามภาคผนวก ข

วิเคราะห์ปริมาณออกซาเลตโดยใช้เครื่อง high performance liquid chromatography (HPLC) โดยดัดแปลงจากวิธีการ Savage et al. (2000)

3.3.3 การทดลองที่ 3 การศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ ทั้งก่อนและหลังผ่านกระบวนการแปรรูป

3.3.3.1 การศึกษาสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในหน่อไม้สายพันธุ์ต่างๆ

การเตรียมตัวอย่าง

1) หน่อไม้ตงลืมแล้ง

คัดเลือกหน่อที่มีขนาดความยาวประมาณ 25-35 เซนติเมตร นำมาปอกเปลือกและเอาเฉพาะส่วนที่กินได้ หั่นเป็นแว่นขนาดประมาณ 1 มิลลิเมตร นำไปทำให้แห้งที่อุณหภูมิที่ 60 °C เป็นเวลา 18 ชั่วโมง บดให้ละเอียดแล้วนำไปร่อนผ่านตะแกรงร่อนขนาด 80 เมช บรรจุในซองปิดสนิท เก็บที่ -18 °C เพื่อนำไปวิเคราะห์ฤทธิ์ทางชีวภาพ

2) หน่อไม้เลี้ยง

คัดเลือกหน่อที่มีขนาดความยาวประมาณ 35-50 เซนติเมตร นำมาปอกเปลือกและเอาเฉพาะส่วนที่กินได้ หั่นเป็นแว่นขนาดประมาณ 1 มิลลิเมตร นำไปทำให้แห้งที่อุณหภูมิที่ 60 °C เป็นเวลา 18 ชั่วโมง บดให้ละเอียดแล้วนำไปร่อนผ่านตะแกรงร่อนขนาด 80 เมช บรรจุในซองปิดสนิท เก็บที่ -18 °C เพื่อนำไปวิเคราะห์ฤทธิ์ทางชีวภาพ

3) หน่อไม้บงหวาน

คัดเลือกหน่อที่มีขนาดความยาวประมาณ 15-20 เซนติเมตร นำมาปอกเปลือกและเอาเฉพาะส่วนที่กินได้ หั่นเป็นแว่นขนาดประมาณ 1 มิลลิเมตร นำไปทำให้แห้งที่อุณหภูมิที่ 60 °C เป็นเวลา 18 ชั่วโมง บดให้ละเอียดแล้วนำไปร่อนผ่านตะแกรงร่อนขนาด 80 เมช บรรจุในซองปิดสนิท เก็บที่ -18 °C เพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

3.3.3.2 การศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ที่ผ่านกระบวนการแปรรูป โดยวิธีการแปรรูปทั้ง 3 วิธี ทำการดัดแปลงมาจาก Hang et al. (2014)

การเตรียมตัวอย่าง

1) การล้าง (washing)

นำตัวอย่างนำหน่อไม้แต่ละสายพันธุ์มาปอกเปลือกและเอาเฉพาะส่วนที่กินได้ นำไปหั่นเป็นแว่นขนาดประมาณ 1 มิลลิเมตร จากนั้นหน่อไม้สายพันธุ์ละ 1 กิโลกรัมต่อน้ำสะอาด 5 ลิตร และล้างเป็นเวลา 5 นาที นำตัวอย่างขึ้นจากน้ำและทิ้งให้สะเด็ดน้ำที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที แล้วนำตัวอย่างมาทำแห้งที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 18 ชั่วโมง บดให้ละเอียด แล้วนำไปร่อนผ่านตะแกรงร่อนขนาด 80 เมช บรรจุในซองปิดสนิท เก็บที่ -18 °C เพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

2) การแช่ (soaking)

นำตัวอย่างนำหน่อไม้แต่ละสายพันธุ์มาปอกเปลือกและเอาเฉพาะส่วนที่กินได้ นำไปหั่นเป็นแว่นขนาดประมาณ 1 มิลลิเมตร ชั่งตัวอย่างหน่อไม้สายพันธุ์ละ 1 กิโลกรัมต่อน้ำสะอาด 3 ลิตร แช่น้ำเป็นเวลา 1, 3, 5, 7 และ 10 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง นำตัวอย่างขึ้นและทิ้งให้สะเด็ดน้ำ แล้วนำไปทำให้แห้งที่อุณหภูมิที่ 60 °C เป็นเวลา 18 ชั่วโมง บดให้ละเอียด แล้วนำไปร่อนผ่านตะแกรงร่อนขนาด 80 เมช บรรจุในซองปิดสนิท เก็บที่ -18 °C เพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

3) การต้ม (boiling)

นำตัวอย่างนำหน่อไม้แต่ละสายพันธุ์มาปอกเปลือกและเอาเฉพาะส่วนที่กินได้ นำไปหั่นเป็นแว่นขนาดประมาณ 1 มิลลิเมตร ชั่งตัวอย่างหน่อไม้สายพันธุ์ละ 1 กิโลกรัมต่อน้ำสะอาด 2 ลิตร ต้มที่อุณหภูมิ 100 °C โดยจับเวลาเมื่อนำเดือด 10, 30 และ 60 นาที นำตัวอย่างขึ้นแล้วทิ้งตัวอย่างสะเด็ดน้ำ และปล่อยทิ้งไว้ให้เย็น 30 นาที นำมาทำให้แห้งที่อุณหภูมิที่ 60 °C เป็นเวลา 18 ชั่วโมง บดให้ละเอียด แล้วนำไปร่อนผ่านตะแกรงร่อนขนาด 80 เมช บรรจุในซองปิดสนิท เก็บที่ -18 °C เพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

การศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ตามภาคผนวก ข

1) วิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant activity) โดยใช้วิธี DPPH radical scavenging activity (DPPH) และวิธี Ferric reducing antioxidant power assay (FRAP) (ดัดแปลงจากวิธีการของ Kubola and Siriamonpun, 2008)

2) วิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด (total phenolic content) (ดัดแปลงจากวิธีการของ Kubola and Siriamonpun, 2011)

3.3.4 การทดลองที่ 4 แนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพต้นแบบจากเส้นใยหน่อไม้

นำหน่อไม้สายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกมาปอกเปลือกและเอาเฉพาะส่วนที่กินได้ นำไปหั่นเป็นแว่นขนาดประมาณ 1 มิลลิเมตร กำจัดออกซาเลตโดยใช้วิธีการแปรรูปที่สามารถกำจัดออกซาเลตได้มากที่สุด จากนั้นนำไปอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 60, 70 และ 80 °C จนกระทั่งมีความชื้นต่ำกว่า 10% บดให้ละเอียด แล้วนำไปร่อนผ่านตะแกรงร่อนขนาด 80 เมช บรรจุในซองปิดสนิท เก็บที่ -18 °C เพื่อนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ คุณสมบัติทางเคมี และคุณสมบัติเชิงหน้าที่ และเมื่อได้เส้นใยจากหน่อไม้ที่มีคุณสมบัติเหมาะสม นำไปบรรจุในแคปซูลขนาด 500 มิลลิกรัม

การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ ตามภาคผนวก ก

1) ค่าสี โดยใช้เครื่อง Colorimeter

การศึกษาคุณสมบัติทางเคมี ตามภาคผนวก ข

1) ปริมาณความชื้น (ตามวิธีการของ A.O.A.C., 2000)

2) ค่า water activity (Aw) โดยใช้เครื่องวัดค่าแอคติวิตี้ (Water Activity Meter)

3) ปริมาณเส้นใย (ตามวิธีการของ A.O.A.C., 2000)

4) การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant activity) โดยใช้วิธี DPPH radical scavenging activity และวิธี ferric reducing antioxidant power assay (FRAP assay) (ดัดแปลงจากวิธีการของ Kubola and Siriamonpun, 2008)

5) การวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด (total phenolic contents) (ดัดแปลงจากวิธีการของ Kubola and Siriamonpun, 2011)

การศึกษาคุณสมบัติเชิงหน้าที่ ตามภาคผนวก ค

1) ความสามารถในการอุ้มน้ำ (ตามวิธีการของ สหขวัญ โรจนคุณธรรม และ อังคณา จันทรพลพันธ์, 2557)

2) ความสามารถในการอุ้มน้ำมัน (ตามวิธีการของ สหขวัญ โรจนคุณธรรม และ อังคณา จันทรพลพันธ์, 2557)

3) กำลังการพองตัว (ตามวิธีการของ สหขวัญ โรจนคุณธรรม และอังคณา จันทรพลพันธ์, 2557)

4) ความหนาแน่นจำเพาะ (ตามวิธีการของ Prakongpan et al, 2002)

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้แบ่งการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็นดังนี้

3.4.1 นำข้อมูลที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย ร้อยละและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3.4.2 สรุปผลการวิเคราะห์และรายงานในรูปตารางและกราฟ

3.5 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

สถิติที่ใช้ในการวิจัยข้อมูลดังนี้

3.5.1 สถิติพื้นฐานได้แก่

3.5.1.1 ค่าเฉลี่ย

3.5.1.2 ร้อยละ

3.5.1.3 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3.5.2 สถิติที่ใช้ F-test สำหรับการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (one-way analysis of design) ในการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design: CRD) นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน analysis of variance (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan’s multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรม SPSS

บทที่ 4

ผลการวิจัยและการอภิปราย

ผู้วิจัยได้เสนอการวิเคราะห์ข้อมูลและแปลความหมายของข้อมูลเป็นลำดับขั้นดังนี้

4.1 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.2 ลำดับขั้นในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์ที่ใช้ในเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

SD แทนส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard Deviation)

$\bar{X}$ แทนค่าเฉลี่ย

Df แทนระดับความเสรี (degrees of freedom)

F แทนสถิติทดสอบที่ใช้พิจารณา F- distribution

P แทนความน่าจะเป็นไปทางสถิติ (probability)

4.2 ลำดับขั้นในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการทดลองผู้ทดลองได้ดำเนินการเสนอผลการทดลองตามลำดับ ดังนี้

ตอนที่ 1 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีในหน่อไม้ 3 สายพันธุ์

ตอนที่ 2 การศึกษาปริมาณออกซาเลตในหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ และวิธีการกำจัดออกซาเลตในหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ โดยใช้วิธีการแปรรูป (การล้าง, การแช่ 1, 3, 5,7 และ 10 ชั่วโมง และการต้ม 10, 30 และ 60 นาที)

ตอนที่ 3 การศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ ทั้งก่อนและผ่านผ่านกระบวนการแปรรูป (การล้าง, การแช่ 1, 3, 5,7 และ 10 ชั่วโมง และการต้ม 10, 30 และ 60 นาที)

ตอนที่ 4 แนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพต้นแบบจากเส้นใยหน่อไม้ ศึกษาอุณหภูมิในการอบแห้งเส้นใยจากหน่อไม้ต่อคุณสมบัติทางกายภาพ คุณสมบัติทางเคมี และคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของเส้นใยจากหน่อไม้

4.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.3.1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ในหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ ประกอบด้วย ความชื้น เถ้า ไขมัน เส้นใย โปรตีน และคาร์โบไฮเดรต

ตาราง 5 องค์ประกอบทางเคมีของหน่อไม้

Composition	หน่อไม้ตงลืมแล้ง B. beecheyana	หน่อไม้เลี้ยง B. glaucescence	หน่อไม้บงหวาน B. burmanica
Moisture content^{ns} (%)	89.72±0.52	89.65±0.19	89.40±0.29
Fat^{ns} (%)	0.29±0.02	0.31±0.07	0.26±0.01
Fiber (%)	1.84±0.12^{a}	1.51±0.02^{b}	1.32±0.08^{c}
Protein (%)	2.70±0.17^{c}	3.49±0.08^{b}	3.79±0.13^{a}
Ash^{ns} (%)	1.13±0.08	1.23±0.02	1.23±0.05
Carbohydrate (%)	5.50±0.30^{a}	5.00±0.08^{b}	5.26±0.18^{ab}

หมายเหตุ : -^{a,b,c}...อักษรที่แตกต่างกันในแถวแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

จากตาราง 5 แสดงผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ยกเว้น ปริมาณความชื้น (% moisture content) ไขมัน (% fat) และ เถ้า (% ash) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ความชื้น พบว่าหน่อไม้ตงลืมแล้ง หน่อไม้เลี้ยง และหน่อไม้บงหวาน มีความชื้นอยู่ในช่วง 89.40-89.72% น้ำหนักสด ผลการทดสอบคล้องกับงานวิจัยของ Bhatt et al. (2005) ที่รายงานว่าหน่อไม้มีปริมาณความชื้นสูง และแต่ละสายพันธุ์มีปริมาณความชื้นแตกต่างกัน ได้แก่ ได้แก่ B. balcooa มีปริมาณความชื้น 91.65% B. polymorpha 91.65% M. babusoides 91.22% D. strictus 85.98% D. hamitonii 92.37% D. giganteus 91.19% และ B. pallida 92.29%

ไขมัน (% fat) พบว่าปริมาณไขมันในหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ อยู่ในช่วง 0.26-0.31% น้ำหนักสด ซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Chongtham et al. (2011) รายงานว่าหน่อไม้ปริมาณไขมันต่ำมาก (0.26-0.94%) นอกจากนี้งานวิจัยของ วราภรณ์ กุศลารักษ์ และนิพัฒน์

ลิ้มสงวน (2558) ได้ทำการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการและโภชนเภสัชของหน่อไม้ไผ่บงหวาน พบว่าปริมาณไขมันในหน่อไม้ทั้ง 2 สายพันธุ์มีน้อยมาก หน่อไม้ไผ่บงหวานมีไขมัน 0.06% น้ำหนักสด ส่วนหน่อไม้ไผ่รวกมีไขมัน 0.13% น้ำหนักสด

เส้นใย (% fiber) พบว่าหน่อไม้ตงลืมแล้งมีปริมาณเส้นใยสูงที่สุด 1.84% รองลงมาคือ หน่อไม้เลี้ยงมีเส้นใย 1.51% และหน่อไม้บงหวานมีเส้นใย 1.32% น้ำหนักสด ตามลำดับ Chongtham et al. (2011) และ Bhatt et al. (2005) รายงานถึงปริมาณเส้นใยในหน่อไม้หลายสายพันธุ์ ได้แก่ B. Bamboos เท่ากับ 4.49 g/100 g B. nutans เท่ากับ 2.28 g/100 g B. polymorpha เท่ากับ 3.81 g/100 g หน่อไม้ที่สายพันธุ์ต่างกัน มีปริมาณเยื่อใยที่ต่างกัน นอกจากนี้ในงานวิจัยของ วราภรณ์ กุศลารักษ์ และนิพัฒน์ ลิ้มสงวน (2558) รายงานว่าปริมาณเส้นใยของหน่อไม้ไผ่บงหวาน และไผ่รวกอยู่ในช่วง 1.14-1.23% น้ำหนักสด

โปรตีน (% protein) หน่อไม้ทั้ง 3 สายพันธุ์มีปริมาณโปรตีนที่แตกต่างกัน พบว่าหน่อไม้บงหวานมีปริมาณโปรตีนสูงที่สุด เท่ากับ 3.79% น้ำหนักสด รองลงคือ หน่อไม้เลี้ยง และหน่อไม้ตงลืมแล้ง มีปริมาณโปรตีน 3.49 และ 2.70% น้ำหนักสด ตามลำดับ โดยงานวิจัยของ Chongtham et al. (2011) รายงานไว้ว่าหน่อไม้เป็นแหล่งที่ดีของโปรตีน พบว่าปริมาณโปรตีนในหน่อไม้สดมีค่าอยู่ในช่วง 1.49-4.04 g/100 g น้ำหนักสด

เถ้า (% ash) หน่อไม้ทั้ง 3 สายพันธุ์มีปริมาณเถ้าอยู่ในช่วง 1.13-1.23% น้ำหนักสด พบว่าหน่อไม้ตงลืมแล้ง หน่อไม้เลี้ยง และหน่อไม้บงหวาน มีปริมาณเถ้าเท่ากับ 1.13, 1.23 และ 1.23% น้ำหนักสด ตามลำดับ

คาร์โบไฮเดรต (% carbohydrate) พบว่าหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ มีปริมาณคาร์ไฮเดรตที่แตกต่างกัน หน่อไม้ตงลืมแล้งมีปริมาณคาร์ไฮเดรตสูงที่สุด 5.50% น้ำหนักสด รองลงมาคือ หน่อไม้บงหวาน และหน่อไม้เลี้ยง มีปริมาณคาร์ไฮเดรต 5.26 และ 5.00% น้ำหนักสด ตามลำดับ โดยงานวิจัยของ Chongtham et al. (2011) รายงานว่าปริมาณคาร์ไฮเดรตในหน่อไม้ 14 สายพันธุ์อยู่ในช่วง 4.32-6.92 g/ 100 g น้ำหนักสด โดย Bambusa tulda (Roxb.) เป็นสายพันธุ์ที่มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงที่สุด เท่ากับ 6.92 g/ 100 g

พหุน ปณฺฑิโต ชีเว

4.3.2 การวิเคราะห์ปริมาณออกซาเลตในหน่อไม้

ผลการวิเคราะห์ปริมาณออกซาเลตในหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ ประกอบด้วย ปริมาณออกซาเลตรวม (total oxalate) และปริมาณออกซาเลตที่ละลายน้ำ (soluble oxalate)

ตาราง 6 ปริมาณออกซาเลตในหน่อไม้ 3 สายพันธุ์

ตัวอย่าง	Oxalate (mg/100 g DW)	
	Total oxalate (mg/100 g DW)	Soluble oxalate (mg/100 g DW)
หน่อไม้ตงลืมแล้ง B. beecheyana	1028.22±2.85[b]	439.67±7.13[b]
หน่อไม้เลี้ยง B. glaucescence	2335.09±10.98[a]	1653.88±3.38[a]
หน่อไม้บงหวาน B. burmanica	643.21±4.60[c]	306.23±5.14[c]

หมายเหตุ : -[a,b,c]...อักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

จากตาราง 6 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณออกซาเลตในหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ที่ยังไม่ผ่านกระบวนการแปรรูป พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ หน่อไม้เลี้ยงมีปริมาณออกซาเลตมากที่สุดโดยมีปริมาณออกซาเลตรวม และปริมาณออกซาเลตที่ละลายน้ำ เท่ากับ 2335.09 และ 1653.88 mg/100 g DW ตามลำดับ รองลงมา คือ หน่อไม้ตงลืมแล้งมีปริมาณออกซาเลตรวมและปริมาณออกซาเลตที่ละลายน้ำเท่ากับ 1028.22 และ 439.67 mg/100 g DW ตามลำดับ และหน่อไม้บงหวานมีปริมาณออกซาเลตน้อยที่สุด โดยมีปริมาณออกซาเลตรวมและปริมาณออกซาเลตที่ละลายน้ำ เท่ากับ 643.21 และ 306.23 mg/100 g DW ตามลำดับ

4.3.3 การศึกษาวิธีการกำจัดออกซาเลตในหน่อไม้ 3 สายพันธุ์โดยใช้วิธีการแปรรูป

ผลการวิเคราะห์วิธีการกำจัดออกซาเลตในหน่อไม้ 3 สายพันธุ์โดยใช้วิธีการแปรรูป (การล้าง, การแช่ 1, 3, 5,7 และ 10 ชั่วโมง และ การต้ม 10, 30 และ 60 นาที) ประกอบด้วยปริมาณออกซาเลตรวม (total oxalate), ปริมาณออกซาเลตที่ละลายน้ำ (soluble oxalate) และเปอร์เซ็นต์การลดลงของออกซาเลตที่ละลายน้ำ (loss in soluble oxalate (%)) แสดงดังตาราง 7, 8 และ 9 ตามลำดับ

ตาราง 7 ผลของการล้าง (washing) ต่อปริมาณออกซาเลตในหน่อไม้ 3 สายพันธุ์

ตัวอย่าง	**ระยะเวลา (นาที)**	**Total oxalate (mg/100 g DW)**	**Soluble oxalate (mg/100 g DW)**	**Loss in soluble oxalate (%)**
หน่อไม้ตงลืมแล้ง	ดิบ	1028.22±2.85^{a}	439.67±7.13^{a}	-
B. beecheyana	ล้าง 5 นาที	950.35±7.23^{b}	402.71±6.67^{b}	8.41
หน่อไม้เลี้ยง	ดิบ	2335.09±10.98^{a}	1653.88±3.38^{a}	-
B. glaucescence	ล้าง 5 นาที	2215.28±3.31^{b}	1594.72±0.33^{b}	3.57
หน่อไม้บงหวาน	ดิบ	643.21±4.60	306.24±5.14^{a}	-
B. burmanica	ล้าง 5 นาที	631.83±13.61	282.80±6.96^{b}	7.65

หมายเหตุ : -^{a,b,c}...อักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในแต่ละตัวอย่าง ($p<0.05$)

จากตาราง 7 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณออกซาเลตในหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ที่ผ่านกระบวนการแปรรูปโดยการล้าง พบว่าการล้าง 5 นาที ส่งผลให้ปริมาณออกซาเลตรวมและปริมาณออกซาเลตที่ละลายน้ำในหน่อไม้ลดลงได้ หน่อไม้ตงลืมแล้ง, หน่อไม้บงหวานและหน่อไม้เลี้ยง มีปริมาณออกซาเลตที่ละลายน้ำลดลง 8.41, 7.65 และ 3.57% ตามลำดับ ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Hang et al. (2014) ที่ได้ทำการศึกษาในใบเผือก (Alocasia odora) พบว่าการล้างในน้ำเย็นสามารถลดปริมาณออกซาเลตที่ละลายน้ำในก้านใบและใบเผือกได้อย่างมาก

ตาราง 8 ผลของการแช่ (soaking) ต่อปริมาณออกซาเลตในหน่อไม้ 3 สายพันธุ์

ตัวอย่าง	ระยะเวลา (ชั่วโมง)	Total oxalate (mg/100 g DW)	Soluble oxalate (mg/100 g DW)	Loss in soluble oxalate (%)
หน่อไม้ตงลืมแล้ง B. beecheyana	ดิบ	1028.22±2.85^{a}	439.67±7.13^{a}	-
	แช่น้ำ 1 ชั่วโมง	941.98±4.73^{b}	333.85±3.65^{b}	15.08
	แช่น้ำ 3 ชั่วโมง	904.23±9.53^{c}	325.58±4.63^{b}	17.18
	แช่น้ำ 5 ชั่วโมง	720.25±3.64^{d}	286.35±6.27^{c}	27.16
	แช่น้ำ 7 ชั่วโมง	712.15±7.16^{d}	280.68±9.68^{c}	28.61
	แช่น้ำ 10 ชั่วโมง	625.26±3.60^{e}	231.63±3.16^{d}	41.08
หน่อไม้เลี้ยง B. glaucescence	ดิบ	2335.09±10.98^{a}	1653.88±3.38^{a}	-
	แช่น้ำ 1 ชั่วโมง	1982.32±4.17^{b}	1570.44±8.39^{b}	5.05
	แช่น้ำ 3 ชั่วโมง	1845.98±4.24^{c}	1380.23±7.57^{c}	16.55
	แช่น้ำ 5 ชั่วโมง	1749.39±4.58^{d}	1268.05±9.97^{d}	23.33
	แช่น้ำ 7 ชั่วโมง	1631.84±2.89^{e}	1162.41±9.97^{e}	29.72
	แช่น้ำ 10 ชั่วโมง	1553.58±4.96^{f}	1157.09±1.51^{e}	30.04
หน่อไม้บงหวาน B. burmanica	ดิบ	643.21±4.60^{a}	306.24±5.14^{a}	-
	แช่น้ำ 1 ชั่วโมง	582.77±9.09^{b}	270.55±3.34^{b}	11.65
	แช่น้ำ 3 ชั่วโมง	561.41±9.52^{c}	264.82±3.00^{bc}	13.52
	แช่น้ำ 5 ชั่วโมง	550.74±10.20^{cd}	261.12±3.35^{c}	14.73
	แช่น้ำ 7 ชั่วโมง	542.45±8.05^{d}	228.14±4.02^{d}	25.50
	แช่น้ำ 10 ชั่วโมง	509.57±10.67^{e}	203.37±3.92^{e}	33.59

หมายเหตุ : - ^{a,b,c}...อักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในแต่ละตัวอย่าง ($p<0.05$)

จากตาราง 8 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณออกซาเลตในหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ ที่ผ่านกระบวนการแปรรูปโดยการแช่ พบว่าการแช่น้ำนาน 1, 3, 5, 7 และ 10 ชั่วโมง ส่งผลให้ปริมาณออกซาเลตที่ละลายน้ำในหน่อไม้ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการแช่เป็นเวลา 10 ชั่วโมง ทำให้ปริมาณออกซาเลตที่

ละลายน้ำในหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ลดลงได้มากที่สุด โดยหน่อไม้ตงลืมแล้งมีปริมาณออกซาเลตที่ละลายน้ำลดลงได้ 41.08% หน่อไม้บงหวานมีปริมาณออกซาเลตที่ละลายน้ำลดลง 33.59% และหน่อไม้เลี้ยงมีปริมาณออกซาเลตที่ละลายน้ำลดลง 30.04% ซึ่งผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Dubois and Savage (2006) ได้ทำการศึกษาผลของการแช่ใบเผือกดิบ (Colocasia esculenta var. Schott) เป็นเวลา 30 นาที ส่งผลให้ปริมาณออกซาเลตที่ละลายน้ำลดลงโดยการชะล้างลงไปในน้ำและการแช่เป็นเวลา 18 ชั่วโมง ส่งผลให้ปริมาณออกซาเลตที่ละลายน้ำในใบเผือกดิบลดลง 26% นอกจากนั้น Hang et al. (2014) ได้รายงานว่าการแช่ก้านใบและใบเผือก (Alocasia odora) ในน้ำเป็นเวลา 10 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 36-38 °C ส่งผลให้ปริมาณออกซาเลตที่ละลายน้ำในเนื้อเยื่อดิบลดลงได้ถึง 69.5%

ตาราง 9 ผลของการต้ม (boiling) ต่อปริมาณออกซาเลตในหน่อไม้ 3 สายพันธุ์

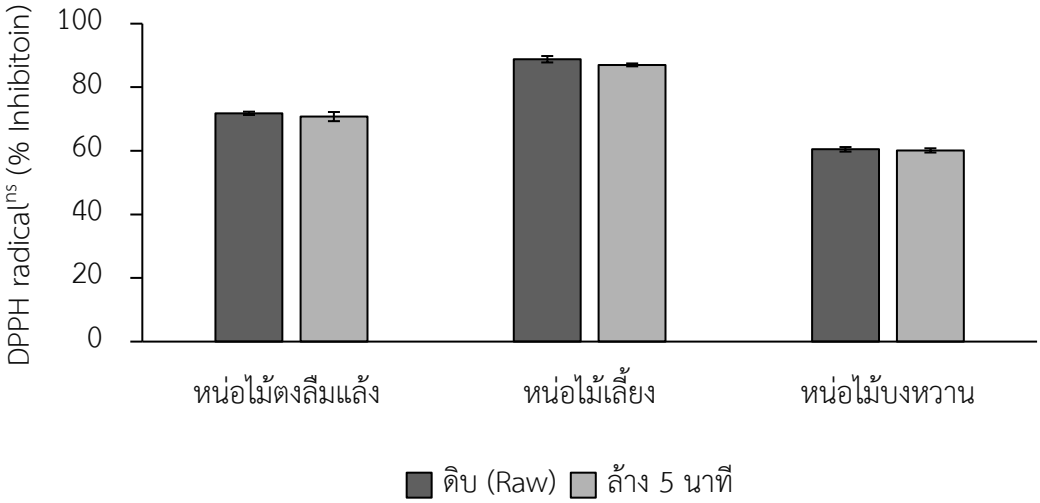
ตัวอย่าง	**ระยะเวลา (นาที)**	**Total oxalate (mg/100 g DW)**	**Soluble oxalate (mg/100 g DW)**	**Loss in soluble oxalate (%)**
หน่อไม้ตงลืมแล้ง B. beecheyana	ดิบ	1028.22±2.85^{a}	439.67±7.13^{a}	-
	ต้ม 10 นาที	707.90±7.97^{b}	200.56±2.15^{b}	54.38
	ต้ม 30 นาที	423.71±2.70^{c}	137.31±5.15^{c}	68.77
	ต้ม 60 นาที	340.05±5.55^{d}	58.63±5.76^{d}	86.66
หน่อไม้เลี้ยง B. glaucescence	ดิบ	2335.09±10.98^{a}	1653.88±3.38^{a}	-
	ต้ม 10 นาที	1561.36±8.57^{b}	1161.75±1.39^{b}	29.76
	ต้ม 30 นาที	1271.66±8.47^{c}	872.66±1.27^{c}	47.24
	ต้ม 60 นาที	1096.19±7.05^{d}	612.38±6.47^{d}	62.97
หน่อไม้บงหวาน B. burmanica	ดิบ	643.21±4.60^{a}	306.24±5.14^{a}	-
	ต้ม 10 นาที	562.88±20.73^{b}	153.43±5.34^{b}	49.90
	ต้ม 30 นาที	356.13±7.99^{c}	105.87±7.06^{c}	65.43
	ต้ม 60 นาที	305.76±2.24^{d}	48.75±1.38^{d}	84.08

หมายเหตุ : - ^{a,b,c}...อักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในแต่ละตัวอย่าง ($p<0.05$)

จากตาราง 9 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณออกซาเลตในหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ที่ผ่านกระบวนการแปรรูปโดยการต้ม พบว่าการต้มส่งผลให้ปริมาณออกซาเลตที่ละลายน้ำในหน่อไม้ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ การต้มที่อุณหภูมิ 100 °C นาน 10, 30 และ 60 นาที ส่งผลให้ปริมาณออกซาเลตที่ละลายน้ำในหน่อไม้ลดลงตามลำดับ นอกจากนั้นยังพบว่าหน่อไม้ที่ผ่านการต้มนาน60 นาที ส่งผลให้ปริมาณออกซาเลตที่ละลายน้ำลดลงได้มากที่สุด ซึ่งเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการลดปริมาณออกซาเลตที่ละลายน้ำในหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ โดยหน่อไม้ตงลืมแล้งมีปริมาณออกซาเลตที่ละลายน้ำลดลง 86.66% หน่อไม้เลี้ยงมีปริมาณออกซาเลตที่ละลายน้ำลดลง 62.97% และหน่อไม้บงหวานมีปริมาณออกซาเลตที่ละลายน้ำลดลง 84.08% ซึ่งผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Kriengkrai et al. (2006) ที่ได้ทำการศึกษาการแปรรูปด้วยความร้อนต่อปริมาณออกซาเลตในผัก พบว่าในผักทั้งหมดมีปริมาณออกซาเลตรวมลดลงโดยการต้มทำให้สูญเสียออกซาเลต 18% (Cocos nucifera Linn.), 76% (A. pennata), 30% (Lpomoea aquatica, Forsk) และ 83% (Bambusa spp.) การสูญเสียออกซาเลตในอาหารต่างๆ อาจเกิดจากการชะล้างในน้ำที่ใช้ในการทำอาหาร และในงานวิจัยของ Hang et al. (2014) รายงานว่าปริมาณออกซาเลตที่ละลายน้ำลดลง 84.2% ในก้านใบและใบเผือก (Alocasia odora) หลังจากการต้ม 60 นาที ที่อุณหภูมิ 100 °C และยังพบว่าการต้มก้านใบและใบเผือกเป็นเวลา 10 นาที ทำให้ปริมาณออกซาเลตที่ละลายน้ำลดลงได้ถึง 62.1% และ Wanasundera and Ravindran (1992) ศึกษาการให้ความร้อนโดยการนึ่งพืชหัว 2 ชนิด ได้แก่ Dioscorea alata และ D. esculenta ด้วยไอน้ำ พบว่ามีผลทำให้ปริมาณกรดออกซาลิกลดลง 20-25% แต่เมื่อผ่านการเคี่ยวและกวนเป็นเวลานานในกระบวนการผลิตแยม ทำให้มีปริมาณกรดออกซาลิกลดลงถึง 40-50% นอกจากนั้นยังพบว่าการถูกชะล้างด้วยน้ำที่ใช้นึ่ง ต้ม หรือลวก มีผลทำให้ปริมาณออกซาลิกเจือจางลงโดยปริมาณออกซาลิกในผักบุ้งและหน่อไม้ต้มลดลง 30% และ 83% ตามลำดับ Savage et al. (2000) การลดลงของปริมาณกรดออกซาลิกอาจเกิดขึ้นจากเกลือออกซาเลตสลายตัวเมื่อให้ความร้อนในระดับที่สูงเพียงพอ (บุญมี นากรณ์, 2547)

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

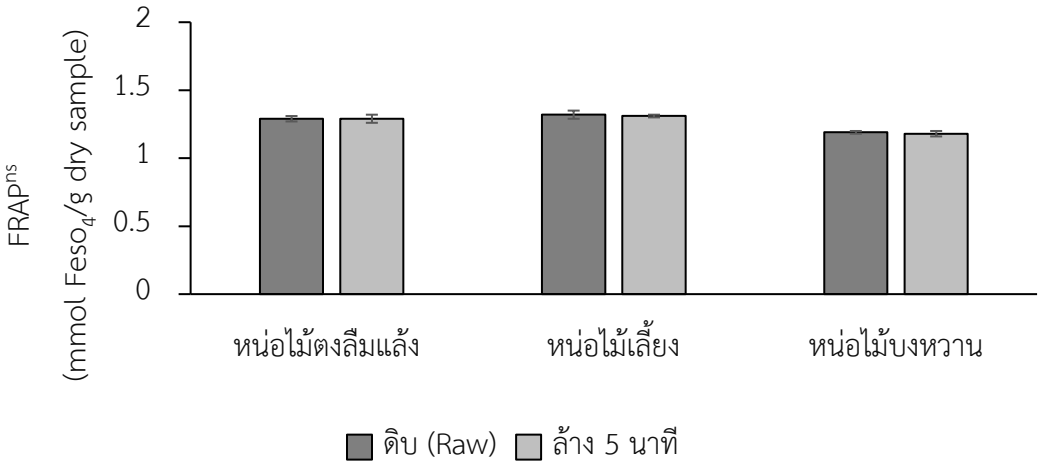
4.3.4 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ ก่อนและหลังผ่านกระบวนการแปรรูปโดยการล้าง



หมายเหตุ : -[ns] แสดงความไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$)

ภาพประกอบ 11 เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง DPPH radicals ของหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ที่ผ่านการแปรรูปโดยการล้าง

จากภาพประกอบ 11 แสดงผลการวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ ที่ผ่านการแปรรูปโดยการล้างด้วยวิธี DPPH radical scavenging พบว่า หน่อไม้ตงลืมแล้งมีค่าเปอร์เซ็นต์ยับยั้งของ DPPH radical 71.80% เมื่อทำการล้างเป็นเวลา 5 นาที มีค่าเปอร์เซ็นต์ยับยั้งของ DPPH radical 70.77% ส่วนหน่อไม้เลี้ยงมีค่าเปอร์เซ็นต์ยับยั้งของ DPPH radical 88.81% เมื่อทำการล้างเป็นเวลา 5 นาที มีค่าเปอร์เซ็นต์ยับยั้งของ DPPH radical 87.03% และหน่อไม้บงหวานมีค่าเปอร์เซ็นต์ยับยั้งของ DPPH radical 60.47% เมื่อทำการล้างเป็นเวลา 5 นาที มีค่าเปอร์เซ็นต์ยับยั้งของ DPPH radical 60.13%

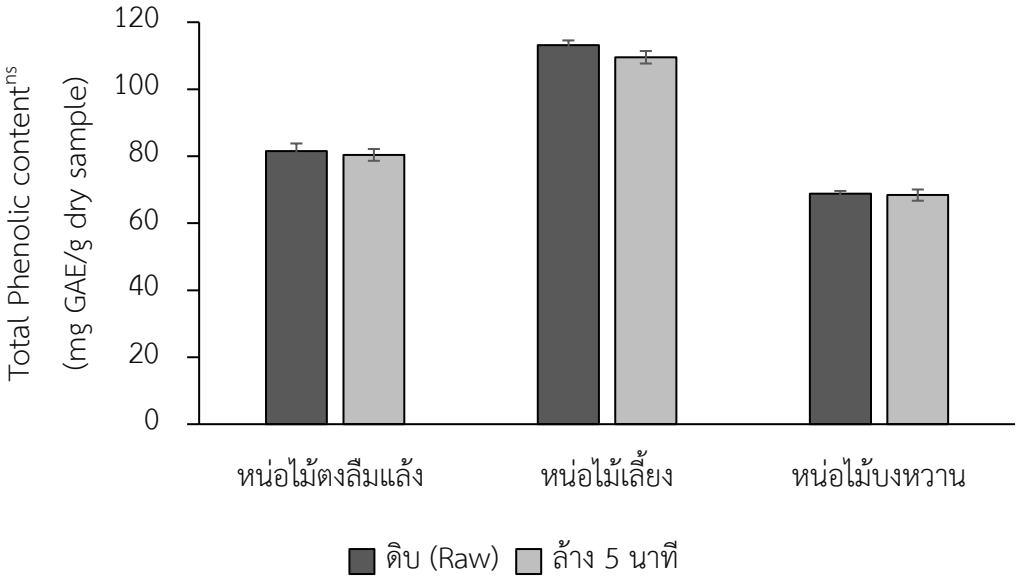


หมายเหตุ : -^{ns} แสดงความไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$)

ภาพประกอบ 12 ค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี Ferric reducing antioxidant power ของหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ที่ผ่านการแปรรูปโดยการล้าง

จากภาพประกอบ 12 แสดงผลการวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ ที่ผ่านการแปรรูปโดยการล้างด้วยวิธี Ferric reducing antioxidant power พบว่าหน่อไม้ตงลืมแล้งมีค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ 1.29 mmol $FeSO_4$/g dry sample เมื่อทำการล้างเป็นเวลา 5 นาที มีค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ 1.29 mmol $FeSO_4$/g dry sample ส่วนหน่อไม้เลี้ยงมีค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ 1.32 mmol $FeSO_4$/g dry sample เมื่อทำการล้างเป็นเวลา 5 นาที มีค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ 1.31 mmol $FeSO_4$/g dry sample และหน่อไม้บงหวานมีค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ 1.19 mmol $FeSO_4$/g dry sample เมื่อทำการล้างเป็นเวลา 5 นาที มีค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ 1.18 mmol $FeSO_4$/g dry sample

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว



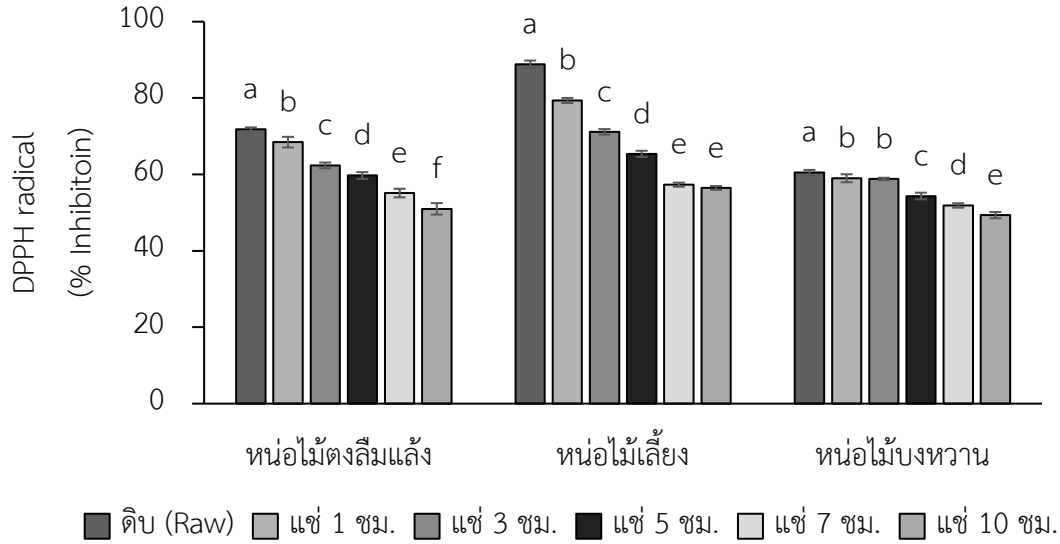
หมายเหตุ : -^{ns} แสดงความไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$)

ภาพประกอบ 13 ปริมาณ Total Phenolic content ของหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ที่ผ่านการแปรรูปโดยการล้าง

จากภาพประกอบ 13 แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ที่ผ่านการแปรรูปโดยการล้างด้วยวิธี Folin - Ciocalteus method พบว่าหน่อไม้ตงลืมแล้งมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 81.48 mg GAE/g dry sample เมื่อทำการล้างเป็นเวลา 5 นาที มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 80.93 mg GAE/g dry sample ส่วนหน่อไม้เลี้ยงมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 113.2 mg GAE/g dry sample เมื่อทำการล้างเป็นเวลา 5 นาที มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 109.53 mg GAE/g dry sample และหน่อไม้บงหวานมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 68.80 mg GAE/g dry sample เมื่อทำการล้างเป็นเวลา 5 นาที มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก 68.39 mg GAE/g dry sample

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

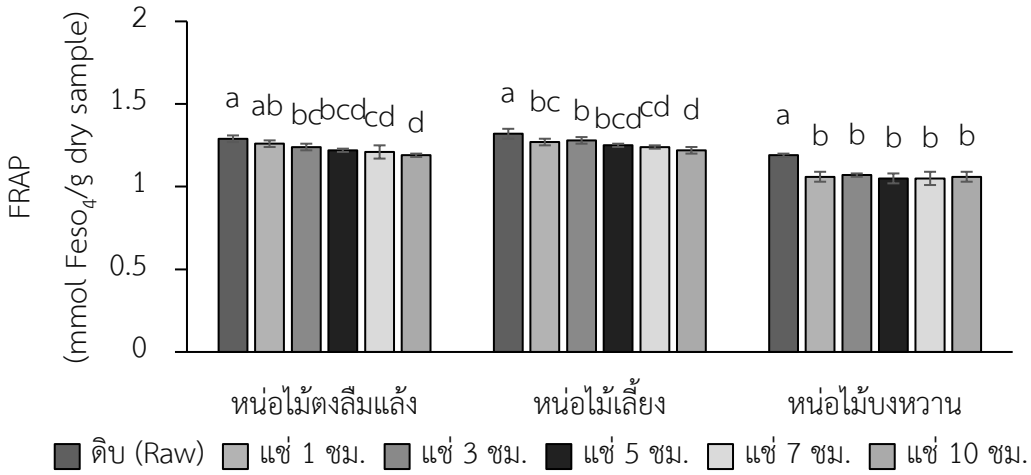
4.3.5 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ ก่อนและหลังผ่านกระบวนการแปรรูปโดยการแช่



หมายเหตุ : -[a,b,c]...อักษรที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในแต่ละตัวอย่าง ($p<0.05$)

ภาพประกอบ 14 เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง DPPH radicals ของหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ที่ผ่านการแปรรูปโดยการแช่

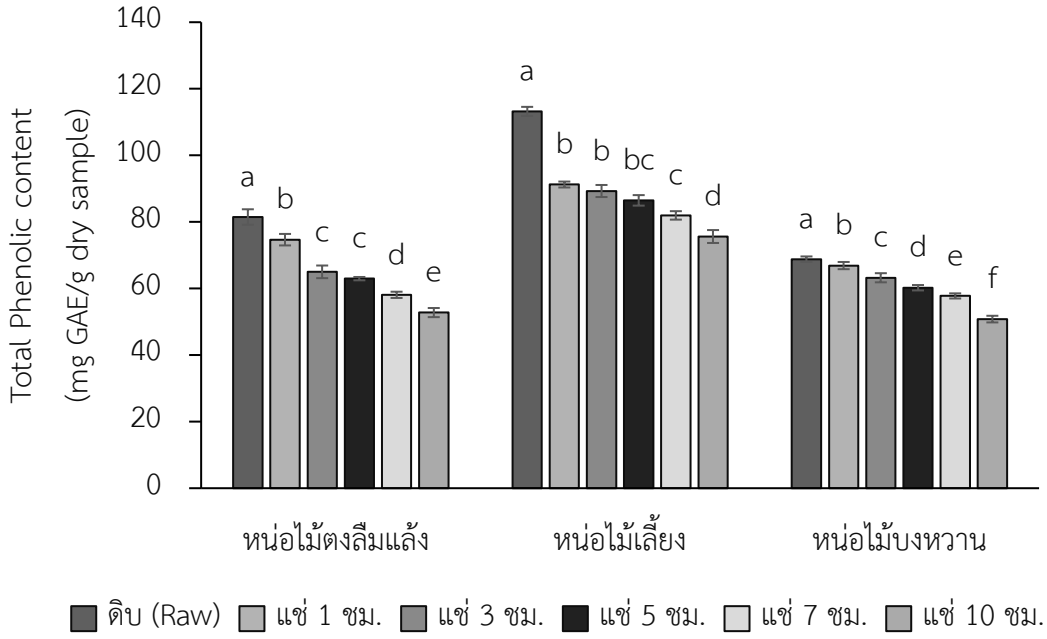
จากภาพประกอบ 14 แสดงผลการวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ที่ผ่านการแปรรูปโดยการแช่ที่ระยะเวลาต่างๆ ด้วยวิธี DPPH radical scavenging พบว่าหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ที่ผ่านแช่นานขึ้นส่งผลให้ค่าเปอร์เซ็นต์ยับยั้งของ DPPH radical ลดลงตามลำดับ โดยหน่อไม้ตงลืมแล้งเมื่อทำการแช่น้ำนาน 1, 3, 5, 7 และ 10 ชั่วโมง มีค่าเปอร์เซ็นต์ยับยั้งของ DPPH radical 68.45, 62.36, 59.72, 55.13 และ 50.99% ตามลำดับ ส่วนหน่อไม้เลี้ยงเมื่อทำการแช่น้ำนาน 1, 3, 5, 7 และ 10 ชั่วโมง พบว่ามีค่าเปอร์เซ็นต์ยับยั้งของ DPPH radical 79.36, 71.15, 65.37, 57.32 และ 56.47% ตามลำดับ และหน่อไม้บงหวานเมื่อทำการแช่น้ำนาน 1, 3, 5, 7 และ 10 ชั่วโมง พบว่า มีค่าเปอร์เซ็นต์ยับยั้งของ DPPH radical 59.00, 58.80, 54.35 51.88 และ 49.35% ตามลำดับ



หมายเหตุ : -^{a,b,c}...อักษรที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในแต่ละตัวอย่าง ($p<0.05$)

ภาพประกอบ 15 ค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี Ferric reducing antioxidant power ของหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ที่ผ่านการแปรรูปโดยการแช่

จากภาพประกอบ 15 แสดงผลการวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ที่ผ่านการแปรรูปโดยการแช่ที่ระยะเวลาต่างๆ ด้วยวิธี Ferric reducing antioxidant power พบว่า หน่อไม้ 3 สายพันธุ์ที่ผ่านแช่นานขึ้นส่งผลให้ค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระลดลงตามลำดับ หน่อไม้ตงลืมแล้งเมื่อทำการแช่น้ำนาน 1, 3, 5, 7 และ 10 ชั่วโมง มีค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ 1.26, 1.24, 1.22, 1.21 และ 1.19 mmol $FeSO_4$/g dry sample ตาลำดับ ส่วนหน่อไม้เลี้ยงเมื่อทำการแช่น้ำนาน 1, 3, 5, 7 และ 10 ชั่วโมง พบว่า มีค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ 1.27, 1.28, 1.25, 1.24 และ 1.22 mmol $FeSO_4$/g dry sample ตามลำดับ และหน่อไม้บงหวานเมื่อทำการแช่น้ำนาน 1, 3, 5, 7 และ 10 ชั่วโมง พบว่า มีค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ 1.06, 1.07, 1.05, 1.05 และ 1.06 mmol $FeSO_4$/g dry sample ตามลำดับ



หมายเหตุ : -[a,b,c]...อักษรที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในแต่ละตัวอย่าง ($p<0.05$)

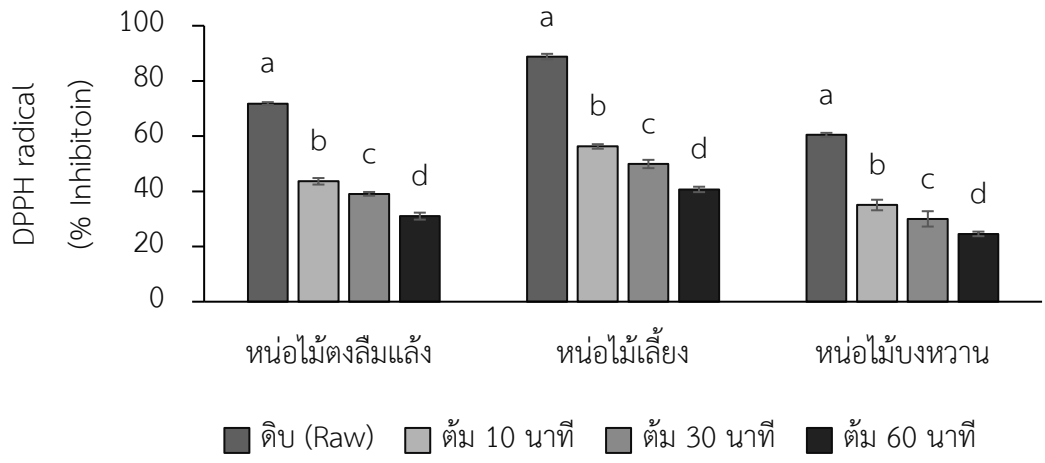
ภาพประกอบ 16 ปริมาณ Total Phenolic content ของหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ที่ผ่านการแปรรูปโดยการแช่

จากภาพประกอบ 16 แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ที่ผ่านการแปรรูปโดยการแช่ที่ระยะเวลาต่างๆ ด้วยวิธี Folin - Ciocalteus method พบว่า หน่อไม้ทั้ง 3 สายพันธุ์ที่ผ่านแช่นานขึ้นส่งผลให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดลดลงตามลำดับ โดยหน่อไม้ตงลืมแล้งเมื่อทำการแช่น้ำนาน 1, 3, 5, 7 และ 10 ชั่วโมง มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 74.67, 65.01, 62.96, 58.10 และ 52.77 mg GAE/g dry sample ตามลำดับ ส่วนหน่อไม้เลี้ยงเมื่อทำการแช่น้ำนาน 1, 3, 5, 7 และ 10 ชั่วโมง พบว่ามีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 91.24, 89.29, 86.48, 81.96 และ 75.62 mg GAE/g dry sample ตามลำดับ และหน่อไม้บงหวานเมื่อทำการแช่น้ำนาน 1, 3, 5, 7 และ 10 ชั่วโมง พบว่า ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 66.89, 63.23, 60.23, 57.77 และ 50.81 mg GAE/g dry sample

จากผลการศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในหน่อไม้ดิบและหน่อไม้ที่ผ่านการแช่น้ำนาน 1, 3, 5, 7 และ 10 ชั่วโมง เมื่อระยะเวลาในการแช่นานขึ้นทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดลดลง ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH และ FRAP ก็มีค่าลดลงเช่นกัน ซึ่ง

ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยที่มีการศึกษาผลของการแช่ การต้ม และการนึ่ง ในถั่ว green pea, yellow pea, chick pea และ lentil พบว่าถั่วที่แช่น้ำนาน 24 ชั่วโมง ส่งผลให้ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH และ ORAC ลดลงเมื่อเทียบกับถั่วดิบ ซึ่งงานวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Xu and Chang (2008) ได้ทำการวิจัยในถั่วชนิดต่างๆ พบว่าเมื่อแช่ถั่วเวลานานขึ้นปริมาณของ TPC มีค่าลดลงเมื่อเทียบกับตัวอย่างถั่วดิบเช่น raw lentil 7.34 mg GAE/g เมื่อแช่ไปถึง 24 ชั่วโมง เหลือ 4.56 mg GAE/g ซึ่งระยะเวลาในการแช่น้ำมีผลต่อสาร phenolic ที่สามารถละลายน้ำได้ รวมถึงสาร phenolic ที่อยู่ในรูปของ glycoside โดยเมื่อถั่วที่แช่น้ำนานมากขึ้นผนังเซลล์ที่แข็งก็มีความนิ่มมากขึ้นจึงส่งผลให้สาร phenolic ที่อยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้และในรูป glycoside สามารถละลายออกมาอยู่ในน้ำที่ใช้แช่ได้มากขึ้นและผลจากการที่สูญเสียสารพฤกษเคมีไปในเมล็ดถั่วจึงส่งผลให้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ เช่น DPPH, ORAC และ FRAP ลดลงด้วย

4.3.6 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ ก่อนและหลังผ่านกระบวนการแปรรูปโดยการต้ม

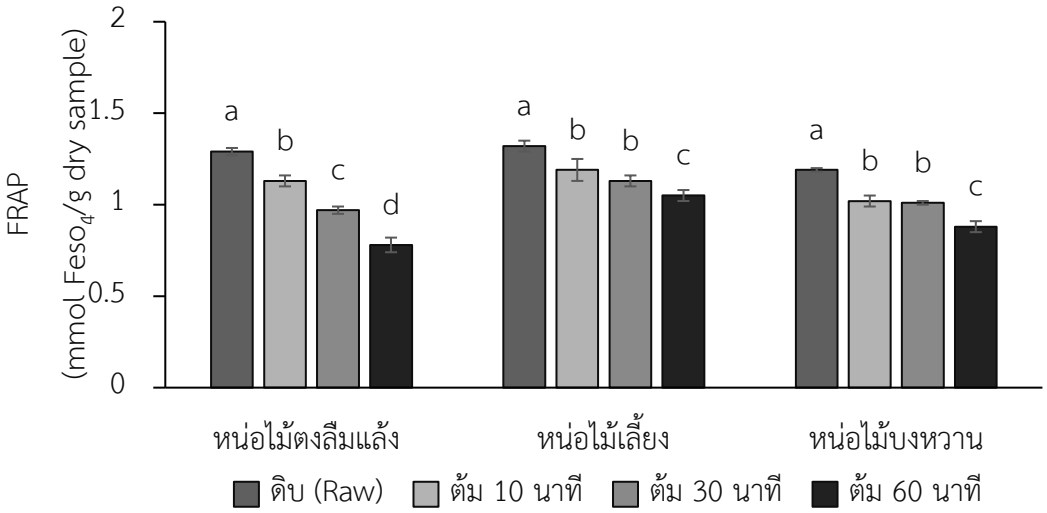


หมายเหตุ : -[a,b,c]...อักษรที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในแต่ละตัวอย่าง ($p<0.05$)

ภาพประกอบ 17 เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง DPPH radicals ของหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ที่ผ่านการแปรรูปโดยการต้ม

จากภาพประกอบ 17 แสดงผลการวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ที่ผ่านการแปรรูปโดยการต้มที่ระยะเวลาต่างๆ ด้วยวิธี DPPH radical scavenging พบว่าหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ที่ผ่านการต้มนานขึ้นส่งผลให้ค่าเปอร์เซ็นต์ยับยั้งของ DPPH radical ลดลง

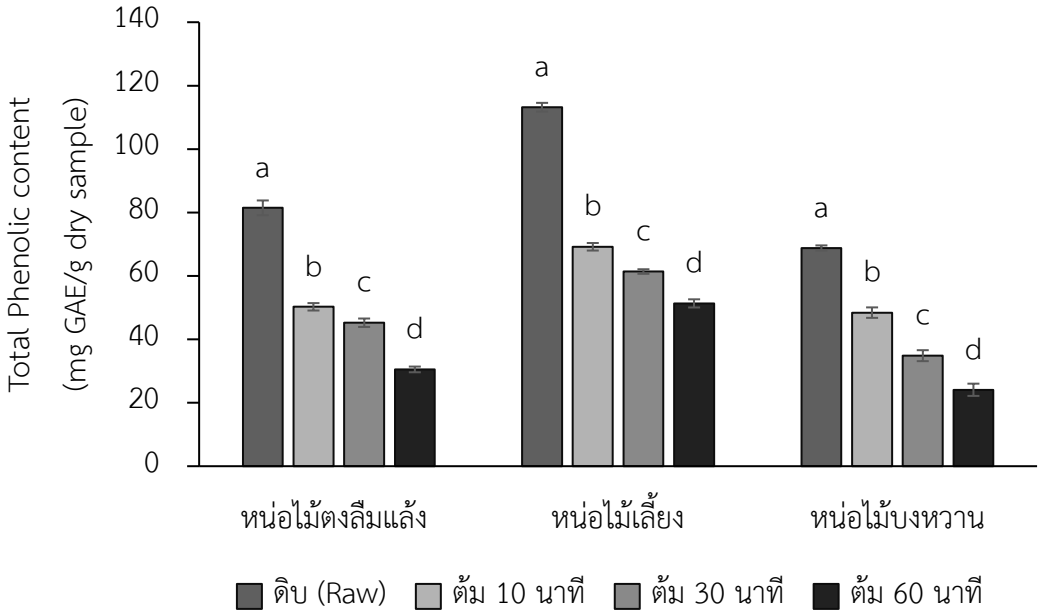
ตามลำดับ หน่อไม้ตงลืมแล้งเมื่อทำการต้มนาน 10, 30 และ 60 นาที พบว่ามีค่าเปอร์เซ็นต์ยับยั้งของ DPPH radical 43.63, 39.08 และ 31.01% ตามลำดับ ส่วนหน่อไม้เลี้ยงเมื่อทำการต้มนาน 10, 30 และ 60 นาที พบว่ามีค่าเปอร์เซ็นต์ยับยั้งของ DPPH radical 56.26, 49.00 และ 40.69% ตามลำดับ และหน่อไม้บงหวานเมื่อทำการต้มนาน 10, 30 และ 60 นาที พบว่ามีค่าเปอร์เซ็นต์ยับยั้งของ DPPH radical 35.04, 30.01 และ 24.57% ตามลำดับ



หมายเหตุ : -[a,b,c]...อักษรที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในแต่ละตัวอย่าง ($p<0.05$)

ภาพประกอบ 18 ค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี Ferric reducing antioxidant power ของหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ที่ผ่านการแปรรูปโดยการต้ม

จากภาพประกอบ 18 แสดงผลการวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ที่ผ่านการแปรรูปโดยการต้มที่ระยะเวลาต่างๆ ด้วยวิธี Ferric reducing antioxidant power พบว่า หน่อไม้ทั้ง 3 สายพันธุ์ที่ผ่านการต้มนานขึ้นส่งผลให้ค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระลดลงตามลำดับ หน่อไม้ตงลืมแล้งเมื่อทำการต้มนาน 10, 30 และ 60 นาที พบว่ามีค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ 1.13, 0.97 และ 0.78 mmol $FeSO_4$/g dry sample ตามลำดับ หน่อไม้เลี้ยงเมื่อทำการต้มนาน 10, 30 และ 60 นาที พบว่ามีค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ 1.19, 1.13 และ 1.05 mmol $FeSO_4$/g dry sample ตามลำดับและหน่อไม้บงหวาน พบว่ามีค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ 1.02, 1.01 และ 0.88 mmol $FeSO_4$/g dry sample ตามลำดับ



หมายเหตุ : -^{a,b,c}...อักษรที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในแต่ละตัวอย่าง ($p<0.05$)

ภาพประกอบ 19 ปริมาณ Total Phenolic content ของหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ที่ผ่านการแปรรูปโดยการต้ม

จากภาพประกอบ 19 แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ที่ผ่านการแปรรูปโดยการต้มที่ระยะเวลาต่างๆ ด้วยวิธี Folin - Ciocalteus method พบว่า หน่อไม้ทั้ง 3 สายพันธุ์ที่ผ่านการต้มนานขึ้นส่งผลให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดลดลงตามลำดับ โดยหน่อไม้ตงลืมแล้งเมื่อทำการต้มนาน 10, 30 และ 60 นาที มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 50.26, 45.24 และ 30.52 mg GAE/g dry sample ตามลำดับ ส่วนหน่อไม้เลี้ยงเมื่อทำการต้มนาน 10, 30 และ 60 นาที พบว่า มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 69.19, 61.39 และ 51.34 mg GAE/g dry sample ตามลำดับ และหน่อไม้บงหวานเมื่อทำต้มนาน 10, 30 และ 60 นาที พบว่ามีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 48.43, 34.86 และ 24.10 mg GAE/g dry sample ตามลำดับ

จากผลการศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในหน่อไม้ดิบ และหน่อไม้ที่ผ่านการต้มนาน 10, 30 และ 60 นาที เมื่อระยะเวลาในการต้มนานขึ้นทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกลดลง ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH และ FRAP ก็มีค่าลดลงเช่นกัน ซึ่งงานวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Zhang et al. (2011) ได้ศึกษาผลกระทบจากวิธีการทำอาหารต่อ

สารอาหารและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของหน่อไม้พันธุ์ Phyllostachys praecox โดยพบว่าการต้ม การนึ่งและการผัด เป็นเวลา 5- 10 นาที มีผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งผลพบว่าหลังการต้มและการผัดทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่การนึ่งปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมีค่าเพิ่มขึ้น ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของหน่อไม้มีความสัมพันธ์กับกรดแอสคอร์บิกและสารประกอบฟีนอลิกหลังจากการต้มความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมีค่าลดลง นอกจากนี้ในงานวิจัยของ Pandey and Ojha (2011) ได้รายงานถึงความแตกต่างของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในหน่อไม้พันธุ์ D. asper, D. strictus และ B. tulda ขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมและพบว่าความเข้มข้นของกรดแกลลิคเพิ่มขึ้นในหน่อไม้พันธุ์ D. asper มีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อหน่อไม้มีอายุมากขึ้น การแปรรูปด้วยความร้อนโดยใช้น้ำเป็นตัวกลาง ไม่ว่าจะเป็นน้ำร้อนหรือไอน้ำจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่างๆ เช่น การสูญเสียการทำงานของเอนไซม์ การสูญเสียวิตามิน และการสูญเสียสารประกอบฟีนอลไปกับน้ำ เนื่องจากสารดังกล่าวสามารถละลายได้ในน้ำและถูกทำลายได้ด้วยความร้อนหรือการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างจากสารจำพวกไกลโคไซด์เป็นสารอะไกลโคน (Pokorny, 2011)

จากผลการทดลองที่ 1 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ การทดลองที่ 2 การวิเคราะห์ปริมาณออกซาเลตในหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ และวิธีการกำจัดออกซาเลตในหน่อไม้โดยใช้การแปรรูป และการทดลองที่ 3 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ ทั้งก่อนและหลังผ่านกระบวนการแปรรูป พบว่าหน่อไม้สายพันธุ์ที่ผ่านคัดเลือก คือ หน่อไม้ตงลืมแล้ง ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่มีปริมาณเส้นใยมากที่สุดเท่ากับ 1.84% น้ำหนักสด จากนั้นนำไปผ่านการแปรรูปเพื่อลดปริมาณออกซาเลตโดยการล้าง จากนั้นนำไปทำการต้มเป็นเวลา 60 นาที ที่อุณหภูมิ 100 °C ทำให้ปริมาณออกซาเลตที่ละลายน้ำในหน่อไม้ตงลืมแล้งลดลง 86.66% (58.63 mg/100 g) จากในหน่อไม้ตงลืมแล้งดิบ (439.67 mg/100 g) โดย นันทยา จงใจเทศ (2549) ได้กล่าวว่าไม่ควรบริโภคกรดออกซาลิกเกินวันละ 378 มก./น้ำหนักตัว 1 กก. หรือไม่เกินวันละ 22 ก./น้ำหนักตัว 60 กก. จากนั้นนำหน่อไม้สายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกไปศึกษาอุณหภูมิในการอบแห้งแบบลมร้อนที่แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 60, 70 และ 80 °C เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพต้นแบบจากเส้นใยหน่อไม้

4.3.7 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของเส้นใยหน่อไม้สายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือก

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของเส้นใยหน่อไม้ ซึ่งได้ทำการเปรียบเทียบคุณสมบัติของเส้นใยที่อบแห้งโดยวิธีอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส

ตาราง 10 คุณสมบัติทางกายภาพของเส้นใยหน่อไม้

อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง	**ค่าสี**		
	L*	**a***	**b***
60 ^{0}C	79.89±0.16^a	-1.20±0.10^a	33.61±0.35^a
70 ^{0}C	78.70±0.39^b	-1.51±0.17^a	32.50±0.33^b
80 ^{0}C	78.23±0.27^b	-2.41±0.18^b	34.10±0.39^a

หมายเหตุ : -^{a,b,c}...อักษรที่แสดงความแตกต่างกันภายในคอลัมน์แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ทางสถิติ ($p<0.05$)

จากตาราง 10 แสดงผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ โดยการวัดค่าสีของเส้นใยหน่อไม้โดยใช้เครื่อง Colorimeter เมื่อ L* คือ ค่าความสว่าง มีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 100 ค่าสี a* คือ ค่าสีแดง เมื่อ a* มีค่าบวกเป็นสีแดง เมื่อ a* มีค่าลบเป็นสีเขียว ค่าสี b* คือ ค่าสีเขียว มีค่าบวกเป็นสีเหลือง เมื่อ b* มีค่าลบเป็นสีน้ำเงิน จากการวัดค่าสี L* ค่าสี a* และค่าสี b* ของเส้นใยที่อบแห้งโดยวิธีอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิแตกต่างกัน 3 ระดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ค่าสี L* พบว่า เส้นใยที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 ^{o}C มีค่าสี L* มากที่สุด เท่ากับ 79.89 รองลงมาคือ 70 ^{o}C และ 80 ^{o}C มีค่าสี L* เท่ากับ 78.70 และ 78.23 ตามลำดับ ส่วนค่าสี a* มีค่าเป็นลบ พบว่าเส้นใยจากหน่อไม้ที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80^{o}C มีค่าสี a* เท่ากับ -1.20,-1.51 และ -2.41 ตามลำดับ ในด้านค่าสี b* พบว่า เส้นใยจากหน่อไม้ที่ทำการอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 ^{o}C มีค่าสี b* มากที่สุด เท่ากับ 34.10 รองลงมาคือ 60 ^{o}C มีค่าสี b* เท่ากับ 33.61 และ 70 ^{o}C มีค่าสี b* เท่ากับ 32.50 ซึ่งสีของใยอาหารเป็นข้อจำกัดของการใช้ใยอาหารเนื่องจากจะมีผลต่อการยอมรับของผลิตภัณฑ์ซึ่งใยอาหารที่นำมาใช้ในผลิตภัณฑ์ควรมีสีอ่อน ปัจจัยที่มีผลต่อสีคือวิธีการเตรียมใยอาหารโดยการต้มและการอบแห้ง อาหารที่ได้รับความร้อนอาจเกิดสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาที่ไม่ใช้เอนไซม์หรือ

ที่เรียกว่าปฏิกิริยาเมลลาร์ด ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด ได้แก่ อุณหภูมิและเวลาในการให้ความร้อน (Jaime et al, 2002)

ตาราง 11 คุณสมบัติทางเคมีของเส้นใยหน่อไม้

อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง	**ความชื้น^{ns} (% dry basis)**	**ปริมาณน้ำอิสระ^{ns} (water activity; Aw)**	**ปริมาณเส้นใย^{ns} (g/100g dry basis)**
60 ^{0}C	7.75±0.68	0.29±0.02	14.96±0.14
70 ^{0}C	7.78±0.37	0.28±0.02	14.86±0.25
80 ^{0}C	7.67±0.41	0.28±0.01	14.68±0.21

หมายเหตุ : -^{a,b,c}...อักษรที่แสดงความแตกต่างกันภายในคอลัมน์แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ทางสถิติ ($p<0.05$)

จากตาราง 11 แสดงผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี ปริมาณความชื้น (% moisture content) ของเส้นใยหน่อไม้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) มีค่าเฉลี่ยระหว่างร้อยละ 7.67-7.78 แสดงดังตาราง 11 ซึ่งค่าที่ได้สูงกว่าปริมาณความชื้นของเส้นใยอาหารผงจากกากส้มเขียวหวาน กากส้มสายน้ำผึ้ง กากส้มสีทอง และเปลือกในส้มโอพันธุ์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 5.20, 5.22, 5.67 และ 5.63 ตามลำดับ (อภิรักษ์ เพียรมงคล, 2549) อย่างไรก็ตามปริมาณความชื้นของเส้นใยอาหารผงจากการศึกษาครั้งนี้ยังอยู่ในเกณฑ์ปริมาณความชื้นของเส้นใยอาหารผงที่ผลิตในทางการค้า คือ ปริมาณความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 9 (Larrauri, 1999) ซึ่งจะช่วยลดการเจริญของจุลินทรีย์และทำให้เส้นใยอาหารผงที่ผลิตได้มีอายุการเก็บรักษานานขึ้น

ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ (Aw) ของอาหารเป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมและป้องกันการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์อาหาร (Barbosa et al, 2007) เพราะความชื้นในผลิตภัณฑ์อาหารและค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาทางเคมีหรือมีการเจริญของจุลินทรีย์ ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารเน่าเสีย (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2549) ผลการวิเคราะห์พบว่าเส้นใยหน่อไม้ที่อบแห้งที่อุณหภูมิแตกต่างกันมีค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้เฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.28-0.29 แสดงดังตาราง 11 การที่มีค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ต่ำจะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารให้นานขึ้น เนื่องจากสามารถลดหรือยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาเคมีและการเจริญของจุลินทรีย์ (นิธิยา รัตนาปนนท์,

2549) ซึ่งตามเกณฑ์มาตรฐานของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกำหนดให้ผลิตภัณฑ์อาหารต้องมีค่า Aw ไม่เกิน 0.6 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2549)

ปริมาณเส้นใย (% fiber) ของเส้นใยหน่อไม้ที่อบแห้งโดยใช้อุณหภูมิแตกต่างกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) มีค่าเฉลี่ยระหว่างร้อยละ 14.86-14.96 g/100 g แสดงดังตาราง 11 ในงานวิจัยของ Sloan (2008) รายงานว่าเส้นใยอาหารในหน่อไม้ประกอบด้วยเส้นใยที่ไม่ละลายน้ำมากกว่า 90% ซึ่งไม่สามารถย่อยสลายได้โดยระบบทางเดินอาหารของมนุษย์ และในรายงานวิจัยของ Sharma et al. (2004) ได้ทำการศึกษาชนิดของเส้นใยอาหารทั้งหมดในหน่อไม้พันธุ์ B. arundinaria, B. polymorpha, B. tulda, D. giganteus, D. membranaceus และ D. strictus พบว่าเป็นเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ซึ่งใยอาหารชนิดที่ไม่ละลายน้ำเป็นพวกคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อนที่ย่อยสลายได้ยาก ซึ่งมีความสามารถดูดซับสารต่างๆ ได้น้อย แต่จะจับน้ำแล้วเกิดการพองตัวในน้ำ มีลักษณะคล้ายฟองน้ำ ดังนั้นเมื่อบริโภคเข้าไปแล้วขับถ่ายจะทำให้มีมวลอุจจาระเพิ่มขึ้น เนื้ออุจจาระนิ่ม ส่งผลให้ขับถ่ายได้สะดวก (สุรัตน์ โคมินทร์, 2534)

4.3.8 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของเส้นใยหน่อไม้สายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือก

ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของเส้นใยหน่อไม้ ซึ่งได้ทำการเปรียบเทียบคุณสมบัติของเส้นใยจากหน่อไม้ที่อบแห้งโดยวิธีอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 60, 70 และ 80 ^{0}C

ตาราง 12 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของเส้นใยหน่อไม้

อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง	**DPPH radical scavenging Activity (%)**	**FRAP values of Ferric (mmol $FeSO_4$/g dry sample)**	**Total phenolic content (mg GAE/g dry sample)**
60 ^{0}C	27.19±1.01^{a}	0.76±0.01^{a}	27.27±0.24^{a}
70 ^{0}C	22.19±1.66^{b}	0.68±0.01^{b}	25.39±0.23^{b}
80 ^{0}C	21.96±1.62^{b}	0.51±0.02^{c}	23.41±0.44^{c}

หมายเหตุ : -^{a,b,c}...อักษรที่แสดงความแตกต่างกันภายในคอลัมน์แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ทางสถิติ ($p<0.05$)

จากตาราง 12 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของเส้นใยหน่อไม้ พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งเพิ่มขึ้น ทำให้เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง DPPH radical, ค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมีค่าลดลงตาม การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging activity (DPPH) พบว่า เส้นใยที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 °C มีค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง DPPH radical สูงที่สุด คือ 27.19% รองลงมาคือ 70 °C มีค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง DPPH radical 22.19% และ 80 °C มีค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง DPPH radical 21.96% ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี Ferric- reducing antioxidant power assay (FRAP) พบว่า เส้นใยที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 °C มีค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี FRAP สูงที่สุด คือ 0.76 mM $FeSO_4.7H_2O$/g dry sample รองลงมาคือ 70 °C มีค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี FRAP 0.68 mM $FeSO_4.7H_2O$/g dry sample และ 80 °C มีค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี FRAP 0.51 mM $FeSO_4.7H_2O$/g dry sample ตามลำดับ และผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic content: TPC) โดยเส้นใยที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 °C มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงที่สุด 27.27 mg GAE/g dry sample รองลงมาคือ 70 °C มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 25.39 mg GAE/g dry sample และ 80 °C มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 23.41 mg GAE/g dry sample ตามลำดับ ซึ่งผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ นรินทร์ ท้าวแก่นจันทร์ และคณะ (2560) ได้ทำการศึกษาผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการอบ (60, 70 ต่อ 80 °C) ต่อคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ (ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH) ของชาแก่นฝาง (Caesalpinia sappan L) พบว่าเมื่อใช้อุณหภูมิในการอบชาฝางสูงมากขึ้น ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระดีพีพีเอชก็จะมีค่าลดลงตาม ทั้งนี้อาจเนื่องจากสารต้านอนุมูลอิสระเป็นสารที่มีความไวต่ออุณหภูมิ จึงทำให้เมื่อยิ่งใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้นก็จะทำให้สารต้านอนุมูลอิสระสลายตัวไปถึงแม้จะใช้เวลาในการอบที่น้อยลงก็ตาม

4.3.9 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงหน้าที่ของเส้นใยหน่อไม้สายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือก

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงหน้าที่ของเส้นใยทำการเปรียบเทียบคุณสมบัติของเส้นใยจากหน่อไม้ที่อบแห้งโดยวิธีอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส

ตาราง 13 คุณสมบัติเชิงหน้าที่ของเส้นใยหน่อไม้

อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง	Water holding capacity (g water/g dry sample)	Oil holding capacity (g oil/g dry sample)	Swelling capacity (g sample/ mL)	Bulk density (g sample/ mL)
60 ^{0}C	6.93±0.10^a	2.47±0.07	9.90±0.30^a	0.38±0.04
70 ^{0}C	5.62±0.44^b	2.32±0.04	8.48±0.66^b	0.37±0.02
80 ^{0}C	5.22±0.65^b	2.47±0.19	7.10±0.30^c	0.37±0.08

หมายเหตุ : -^{a,b,c}...อักษรที่แสดงความแตกต่างกันภายในคอลัมน์แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ทางสถิติ ($p<0.05$)

จากตาราง 13 แสดงผลการวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงหน้าที่ของเส้นใยหน่อไม้ที่อบแห้งอุณหภูมิแตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water holding capacity, WHC) พบว่า เส้นใยที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 °C มีค่า WHC มากที่สุดเท่ากับ 6.93 g water/g dry sample รองลงมาคือ 70 °C มีค่า WHC เท่ากับ 5.62 g water/g dry sample และ 80 °C มีค่า WHC เท่ากับ 5.22 g water/g dry sample ตามลำดับ ความสามารถในการอุ้มน้ำมัน (Oil holding capacity, OHC) โดยพบว่าเส้นใยที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 60, 70, 80 °C มีค่า OHC เท่ากับ 2.47, 2.32 และ 2.47 g oil/g dry sample ตามลำดับ กำลังการพองตัว (Swelling capacity, SWC) พบว่าเส้นใยที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 °C มีค่า SWC มากที่สุด เท่ากับ 9.90 g sample/mL รองลงมาคือ 70 °C และ 80 °C มีค่า SWC เท่ากับ 8.48 และ 7.10 g sample/ mL ตามลำดับ ส่วนค่าความหนาแน่น (Bulk density, BD) โดยพบว่าเส้นใยที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 60, 70, 80 °C มีค่า BD เท่ากับ 0.38, 0.37 และ 0.37 g sample/mL ตามลำดับ ในงานวิจัยของ วันเพ็ญ แสงทองพินิจ (2551) รายงานว่าการทำแห้งทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำและกักเก็บน้ำ การพองตัวและการดูดซับไขมันในใยอาหารจากเปลือกส้มโอลดลงโดยเฉพาะการอบแห้งที่อุณหภูมิสูง เนื่องจากในกระบวนการทำแห้งโครงสร้างของใยอาหารถูกทำลาย (Garau et al, 2007) แต่การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งจะทำให้ใยอาหารอุ้มน้ำได้สูงกว่าการทำแห้งด้วยลมร้อน (นิธิมา อรรถวานิช และปราณี อ่านเปรื่อง, 2546) คุณสมบัติเชิงหน้าที่สัมพันธ์กับโครงสร้างทางเคมีของโพลีแซคคาไรด์ของพืชและชนิดของใยอาหารและอาจมีผลมาจากความโปร่งพรุน ขนาดอนุภาค

ประจุ พีเอช ความแรงประจุ (ionic strength) กระบวนการทำแห้งมีผลทำให้คุณสมบัติทางเคมี กายภาพและคุณสมบัติเชิงหน้าที่เปลี่ยนไปจากเดิม (Femenia et al, 2000)

4.3.10 แนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพต้นแบบจากเส้นใยหน่อไม้

จากผลการทดลองหน่อไม้ตงลืมแล้งเป็นหน่อไม้สายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือก ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่มีปริมาณเส้นใยมากที่สุดจึงเหมาะสมที่จะนำไปพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพต้นแบบจากเส้นใยหน่อไม้ การเตรียมทำได้โดยการต้มที่อุณหภูมิ 100 °C นาน 60 นาที เพื่อกำจัดออกซาเลตให้อยู่ในปริมาณที่ไม่เป็นอันตรายต่อร่างกาย จากนำไปอบแห้งแบบลมร้อนโดยใช้อุณหภูมิ 60 °C เพื่อให้ได้เส้นใยหน่อไม้มีคุณสมบัติที่ดีเหมาะสำหรับนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ จากนั้นนำไปบดเป็นผงและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 80 เมช และเมื่อได้เส้นใยจากหน่อไม้แล้วนำไปบรรจุในแคปซูลขนาด 500 มิลลิกรัม ดังภาพประกอบ 20

ภาพประกอบ 20 ผลิตภัณฑ์เส้นใยหน่อไม้บรรจุแคปซูล

วิธีรับประทาน : รับประทานก่อนมื้ออาหาร ครั้งละ 2-5 แคปซูลหรือแล้วแต่ความต้องการของแต่ละบุคคล วันละ 2-3 ครั้งต่อวัน

ข้อแนะนำ: ควรรับประทานก่อนมื้ออาหารอย่างน้อย 15 นาที และควรรับประทานอาหารหลากหลายให้ครบ 5 หมู่ ในสัดส่วนที่เหมาะเป็นประจำ

ปริมาณเส้นใยที่ควรได้รับ : คนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป ควรได้รับใยอาหารวันละ 25 กรัมต่อวัน (Thai Recommended Daily Intake, Thai RDI) แต่จากการศึกษาพบว่าคนทั่วไปได้รับใยอาหารจากอาหารปกติเฉลี่ยวันละ 10-15 กรัม (องค์การอาหารและยาสหรัฐ) ซึ่งยังไม่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย จึงควรได้รับใยอาหารจากผลิตภัณฑ์เสริมอาหารที่ช่วยเพิ่มปริมาณเส้นใยเพื่อให้ได้รับใยอาหารในปริมาณที่เพียงพอต่อวัน

ประโยชน์ของเส้นใยอาหาร : การบริโภคเส้นใยอาหารช่วยป้องกันโรคมะเร็งในลำไส้ ช่วยควบคุมโรคเบาหวาน ป้องกันโรคหลอดเลือดหัวใจอุดตัน ช่วยลดคอเลสเตอรอลในเลือด และช่วย

ควบคุมน้ำหนัก ป้องกันโรคอ้วน จากผลการวิจัยพบว่าการรับประทานใยอาหารหารเพียงวันละ 10-13 กรัมต่อ 1,000 กิโลแคลอรี่หรือประมาณ 20-35 กรัมต่อวันจะทำให้ขับถ่ายสะดวก ทำให้เยื่อบุผิวของลำไส้แข็งแรง และเมื่อรับประทานใยอาหารนาน 1-2 สัปดาห์ จะสามารถช่วยลดอาการท้องผูก ท้องเสียและช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตของไบฟิโดแบคทีเรียในลำไส้ใหญ่ (ประสงค์ เทียนบุญ, 2549)

4.3.11 การวิเคราะห์ต้นทุนของผลิตภัณฑ์

ประเมินราคาวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์เส้นใยหน่อไม้บรรจุแคปซูล เพื่อทราบราคาต้นทุนการผลิต

ตาราง 14 การวิเคราะห์ต้นทุนของผลิตภัณฑ์เส้นใยหน่อไม้บรรจุแคปซูล

ส่วนประกอบ	**ร้อยละ**	**ปริมาณ/แคปซูล (มก.)**	**ราคา(บาท)/มก.**	**ราคา(บาท)/ 1 แคปซูล**
เส้นใยอาหารผงจากหน่อไม้	100	500	0.00266	1.33
แคปซูล	-	-	-	0.18
ค่าการผลิต	-	-	-	0.60
รวมราคาต้นทุนการผลิต	100	500	-	2.11

หมายเหตุ : ค่าการผลิตคิดเป็น 40% จากราคาต้นทุนของผลิตภัณฑ์ (ค่าการผลิต เช่น รวมค่าแรง ค่าไฟค่าแก๊ส ฯลฯ)

การประเมินมูลค่าผลิตภัณฑ์เส้นใยหน่อไม้บรรจุแคปซูล

หน่อไม้ 1 กิโลกรัม ราคา 20 บาท สามารถผลิตเส้นใยหน่อไม้ได้ 20 กรัม หรือผลิตเป็นแคปซูลได้ 40 แคปซูล จากตาราง 14 แสดงการวิเคราะห์ต้นทุนของผลิตภัณฑ์เส้นใยหน่อไม้บรรจุแคปซูล พบว่ามีต้นทุนการผลิต 2.11 บาท/แคปซูล ถ้าขายในราคาแคปซูลละ 5 บาท จะได้กำไร 2.89 บาท/แคปซูล ซึ่งจะสามารถเพิ่มมูลค่าให้กับหน่อไม้ได้ถึง 5.8 เท่า

บทที่ 5

สรุปผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีในหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ และปริมาณออกซาเลตในหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ จากนั้นศึกษาวิธีการกำจัดออกซาเลตในหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ โดยใช้การแปรรูป (การล้าง, การแช่ 1, 3, 5, 7 และ 10 ชั่วโมง และ การต้ม 10, 30 และ 60 นาที) รวมทั้งศึกษาปริมาสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระในหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ ทั้งก่อนและหลังผ่านกระบวนการแปรรูป (การล้าง, การแช่ 1, 3, 5,7 และ 10 ชั่วโมง และ การต้ม 10, 30 และ 60 นาที) และศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้งเส้นใยจากหน่อไม้สายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือก รวมทั้งคุณสมบัติทางกายภาพ คุณสมบัติทางเคมี และคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของเส้นใยหน่อไม้ และพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพต้นแบบจากเส้นใยหน่อไม้

5.1 ความมุ่งหมายของงานวิจัย

5.2 สมมติฐานของงานวิจัย

5.3 สรุปผล

5.4 ข้อเสนอแนะ

5.1 ความมุ่งหมายของงานวิจัย

5.1.1 เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีในหน่อไม้ทั้ง 3 สายพันธุ์

5.1.2 เพื่อศึกษาปริมาณออกซาเลตในหน่อไม้ทั้ง 3 สายพันธุ์ และวิธีการกำจัดออกซาเลตในหน่อไม้ 3 สายพันธุ์โดยใช้การแปรรูป

5.1.3 เพื่อศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระในหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ ทั้งก่อนและหลังผ่านกระบวนการแปรรูป

5.1.4 เพื่อศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้งเส้นใยจากหน่อไม้ รวมทั้งคุณสมบัติทางกายภาพ คุณสมบัติทางเคมี และคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของเส้นใยจากหน่อไม้

5.1.5 เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพต้นแบบจากเส้นใยหน่อไม้

5.2 สมมติฐานของการวิจัย

5.2.1 องค์ประกอบทางเคมีในหน่อไม้ 3 สายพันธุ์มีความแตกต่างกัน

5.2.2 ปริมาณออกซาเลตในหน่อไม้ 3 สายพันธุ์มีความแตกต่างกัน และวิธีการแปรรูปสามารถกำจัดออกซาเลตในหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ได้

5.2.3 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระในหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ ทั้งก่อนและหลังผ่านกระบวนการแปรรูป อาจจะมีการเพิ่มขึ้นหรือลดลง

5.2.4 อุณหภูมิในการอบแห้งเส้นใยจากหน่อไม้มีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพ คุณสมบัติทางเคมี และคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของเส้นใยหน่อไม้

5.2.5 ได้ผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพต้นแบบจากเส้นใยหน่อไม้

5.3 สรุปผล

ตอนที่ 1 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีในหน่อไม้ 3 สายพันธุ์

ผลการทดลองวิเคราะห์ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีในหน่อไม้ทั้ง 3 สายพันธุ์ พบว่า หน่อไม้เลี้ยง หน่อไม้ตงลืมแล้ง และหน่อไม้เลี้ยง มีปริมาณความชื้น (% moisture content) ในหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ พบว่าหน่อไม้มีปริมาณความชื้นที่ใกล้เคียงกันซึ่งมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 89.40-89.72% น้ำหนักสด ปริมาณเถ้า (% ash) พบว่าในหน่อไม้ทั้ง 3 สายพันธุ์ อยู่ในช่วง 1.13-1.23% น้ำหนักสด ปริมาณไขมัน (% fat) พบว่าหน่อไม้มีปริมาณไขมันที่ใกล้เคียงกันซึ่งมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 0.26-0.31% น้ำหนักสด พบว่าหน่อไม้เลี้ยง หน่อไม้ตงลืมแล้ง และหน่อไม้เลี้ยงมีปริมาณไขมัน 2.42, 2.25 และ 1.99% ตามลำดับ ปริมาณเส้นใย (% fiber) พบว่า หน่อไม้ตงลืมแล้งมีปริมาณเส้นใยสูงที่สุด 1.84% น้ำหนักสด รองลงมาคือ หน่อไม้เลี้ยง 1.51% น้ำหนักสด และหน่อไม้บงหวาน 1.32% น้ำหนักสด ตามลำดับ ส่วนปริมาณโปรตีน (% protein) พบว่าหน่อไม้บงหวานมีปริมาณโปรตีนสูงที่สุด คือ 3.79% น้ำหนักสด รองลงมาคือหน่อไม้เลี้ยง 3.49% น้ำหนักสด และหน่อไม้ตงลืมแล้ง 2.70% น้ำหนักสด ตามลำดับ และปริมาณคาร์โบไฮเดรต (% carbohydrate) พบว่าหน่อไม้ตงลืมแล้งมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงที่สุด คือ 5.50% น้ำหนักสด รองลงมาคือ หน่อไม้บงหวาน 5.26% น้ำหนักสด และหน่อไม้เลี้ยง 5.00% น้ำหนักสด ตามลำดับ

ตอนที่ 2 การศึกษาปริมาณออกซาเลตในหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ และวิธีการกำจัดออกซาเลตในหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ โดยใช้วิธีการแปรรูป (การล้าง, การแช่ 1, 3, 5,7 และ 10 ชั่วโมง และ การต้ม 10, 30 และ 60 นาที)

ผลการทดลองปริมาณออกซาเลตในหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ที่ยังไม่ผ่านกระบวนการแปรรูป พบว่า หน่อไม้เลี้ยงมีปริมาณออกซาเลตสูงที่สุดโดยมีปริมาณออกซาเลตรวม และปริมาณออกซาเลตที่ละลายน้ำ เท่ากับ 2335.09 และ 1653.88 mg/100 g DW ตามลำดับ รองลงมา คือ หน่อไม้ตงลืมแล้งมีปริมาณออกซาเลตรวม และปริมาณออกซาเลตที่ละลายน้ำเท่ากับ 1028.22 และ 439.67

mg/100 g DW ตามลำดับ และหน่อไม้บงหวานมีปริมาณออกซาเลตต่ำที่สุด โดยมีปริมาณออกซาเลตรวม และปริมาณออกซาเลตที่ละลายน้ำ เท่ากับ 643.21 และ306.23 mg/100 g DW ตามลำดับ

วิธีการกำจัดออกซาเลตในหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ โดยใช้วิธีการแปรรูป (การล้าง, การแช่ 1, 3, 5,7 และ 10 ชั่วโมง และ การต้ม 10, 30 และ 60 นาที) การล้าง พบว่า การล้างเป็นเวลา 5 นาที ส่งผลให้ปริมาณออกซาเลตที่ละลายน้ำในหน่อไม้ลดลงได้ โดยหน่อไม้ตงลืมแล้ง, หน่อไม้บงหวานและหน่อไม้เลี้ยงมีปริมาณออกซาเลตที่ละลายน้ำลดลง 8.41, 7.65 และ 3.57% ตามลำดับ การแช่ พบว่า การแช่นาน 1, 3, 5, 7 และ 10 ชั่วโมง ส่งผลให้ปริมาณออกซาเลตที่ละลายน้ำในหน่อไม้ลดลงได้ตามลำดับ การแช่น้ำนาน 10 ชั่วโมง ส่งผลให้ปริมาณออกซาเลตที่ละลายน้ำลดลงได้มากที่สุดในหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ โดยหน่อไม้ตงลืมแล้งมีปริมาณออกซาเลตที่ละลายน้ำลดลง 41.08% หน่อไม้เลี้ยงมีปริมาณออกซาเลตที่ละลายน้ำลดลง 30.04% และหน่อไม้บงหวานมีปริมาณออกซาเลตที่ละลายน้ำลดลง 33.59% ส่วนการต้มส่งผลให้ปริมาณออกซาเลตที่ละลายน้ำในหน่อไม้ลดลงได้อย่างมาก การต้มนาน 10, 30 และ 60 นาที ส่งผลให้ปริมาณออกซาเลตที่ละลายน้ำในหน่อไม้ลดลงตามลำดับ การต้มนาน 60 นาที เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการลดปริมาณออกซาเลตที่ละลายน้ำในหน่อไม้ทั้ง 3 สายพันธุ์ หน่อไม้ตงลืมแล้งมีปริมาณออกซาเลตที่ละลายน้ำลดลง 86.66% หน่อไม้เลี้ยงมีปริมาณออกซาเลตที่ละลายน้ำลดลง 62.97% และหน่อไม้บงหวานมีปริมาณออกซาเลตที่ละลายน้ำลดลง 84.08%

ตอนที่ 3 การศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระในหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ ทั้งก่อนและหลังผ่านกระบวนการแปรรูป (การล้าง, การแช่ 1, 3, 5,7 และ 10 ชั่วโมง และการต้ม 10, 30 และ 60 นาที)

ผลการวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ ที่ผ่านการแปรรูปโดยการล้างด้วยวิธี DPPH radical scavenging พบว่า หน่อไม้ตงลืมแล้งมีค่าเปอร์เซ็นต์ยับยั้งของ DPPH radical 71.80% เมื่อทำการล้างเป็นเวลา 5 นาที มีค่าเปอร์เซ็นต์ยับยั้งของ DPPH radical 70.77% ส่วนหน่อไม้เลี้ยงมีค่าเปอร์เซ็นต์ยับยั้งของ DPPH radical 88.81% เมื่อทำการล้างเป็นเวลา 5 นาที มีค่าเปอร์เซ็นต์ยับยั้งของ DPPH radical 87.03% และหน่อไม้บงหวานมีค่าเปอร์เซ็นต์ยับยั้งของ DPPH radical 60.47% เมื่อทำการล้างเป็นเวลา 5 นาที มีค่าเปอร์เซ็นต์ยับยั้งของ DPPH radical 60.13% การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระวิธี Ferric reducing antioxidant power พบว่า หน่อไม้ตงลืมแล้งมีค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ 1.29 mmol $FeSO_4$/g dry sample เมื่อทำการล้างเป็นเวลา 5 นาที มีค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ 1.29 mmol $FeSO_4$/g dry sample ส่วนหน่อไม้เลี้ยงมีค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ 1.32 mmol $FeSO_4$/g dry sample เมื่อทำการล้างเป็นเวลา 5 นาที มีค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ 1.31 mmol $FeSO_4$/g dry sample และหน่อไม้บงหวานมีค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ 1.19 mmol $FeSO_4$/g dry sample เมื่อทำการล้างเป็น

เวลา 5 นาที มีค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ 1.18 mmol $FeSO_4$/g dry sample และการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดด้วยวิธี Folin - Ciocalteus method พบว่าหน่อไม้ตงลืมแล้งมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 81.48 mg GAE/g dry sample เมื่อทำการล้างเป็นเวลา 5 นาที มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 80.93 mg GAE/g dry sample ส่วนหน่อไม้เลี้ยงมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 113.2 mg GAE/g dry sample เมื่อทำการล้างเป็นเวลา 5 นาที มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 109.53 mg GAE/g dry sample และหน่อไม้บงหวานมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 68.80 mg GAE/g dry sample เมื่อทำการล้างเป็นเวลา 5 นาที มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก 68.39 mg GAE/g dry sample

แสดงผลการวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ที่ผ่านการแปรรูปโดยการแช่ที่ระยะเวลาต่างๆ ด้วยวิธี DPPH radical scavenging พบว่าหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ที่ผ่านแช่นานขึ้นส่งผลให้ค่าเปอร์เซ็นต์ยับยั้งของ DPPH radical ลดลงตามลำดับ โดยหน่อไม้ตงลืมแล้งเมื่อทำการแช่น้ำนาน 1, 3, 5, 7 และ 10 ชั่วโมง มีค่าเปอร์เซ็นต์ยับยั้งของ DPPH radical 68.45, 62.36, 59.72, 55.13 และ 50.99% ตามลำดับ ส่วนหน่อไม้เลี้ยงเมื่อทำการแช่น้ำนาน 1, 3, 5, 7 และ 10 ชั่วโมง พบว่ามีค่าเปอร์เซ็นต์ยับยั้งของ DPPH radical 79.36, 71.15, 65.37, 57.32 และ 56.47% ตามลำดับ และหน่อไม้บงหวานเมื่อทำการแช่น้ำนาน 1, 3, 5, 7 และ 10 ชั่วโมง พบว่า มีค่าเปอร์เซ็นต์ยับยั้งของ DPPH radical 59.00, 58.80, 54.35 51.88 และ 49.35% ตามลำดับ การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี Ferric reducing antioxidant power พบว่า หน่อไม้ 3 สายพันธุ์ที่ผ่านแช่นานขึ้นส่งผลให้ค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระลดลงตามลำดับ หน่อไม้ตงลืมแล้งเมื่อทำการแช่น้ำนาน 1, 3, 5, 7 และ 10 ชั่วโมง มีค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ 1.26, 1.24, 1.22, 1.21 และ 1.19 mmol $FeSO_4$/g dry sample ตาลำดับ ส่วนหน่อไม้เลี้ยงเมื่อทำการแช่น้ำนาน 1, 3, 5, 7 และ 10 ชั่วโมง พบว่า มีค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ 1.27, 1.28, 1.25, 1.24 และ 1.22 mmol $FeSO_4$/g dry sample ตามลำดับ และหน่อไม้บงหวานเมื่อทำการแช่น้ำนาน 1, 3, 5, 7 และ 10 ชั่วโมง พบว่า มีค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ 1.06, 1.07, 1.05, 1.05 และ 1.06 mmol $FeSO_4$/g dry sample ตามลำดับ และการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดด้วยวิธี Folin - Ciocalteus method พบว่าหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ที่ผ่านแช่นานขึ้นส่งผลให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดลดลงตามลำดับ โดยหน่อไม้ตงลืมแล้งเมื่อทำการแช่น้ำนาน 1, 3, 5, 7 และ 10 ชั่วโมง มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 74.67, 65.01, 62.96, 58.10 และ 52.77 mg GAE/g dry sample ตามลำดับ ส่วนหน่อไม้เลี้ยงเมื่อทำการแช่น้ำนาน 1, 3, 5, 7 และ 10 ชั่วโมง พบว่ามีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 91.24, 89.29, 86.48, 81.96 และ 75.62 mg GAE/g dry sample ตามลำดับ และหน่อไม้บงหวานเมื่อทำการแช่น้ำนาน 1, 3, 5, 7 และ 10 ชั่วโมง พบว่า

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 66.89, 63.23, 60.23, 57.77 และ 50.81 mg GAE/g dry sample

ผลการวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ที่ผ่านการแปรรูปโดยการต้มที่ระยะเวลาต่างๆ ด้วยวิธี DPPH radical scavenging พบว่าหน่อไม้ 3 สายพันธุ์ที่ผ่านการต้มนานขึ้นส่งผลให้ค่าเปอร์เซ็นต์ยับยั้งของ DPPH radical ลดลงตามลำดับ หน่อไม้ตงลืมแล้งเมื่อทำการต้มนาน 10, 30 และ 60 นาที พบว่ามีค่าเปอร์เซ็นต์ยับยั้งของ DPPH radical 43.63, 39.08 และ 31.01% ตามลำดับ ส่วนหน่อไม้เลี้ยงเมื่อทำการต้มนาน 10, 30 และ 60 นาที พบว่ามีค่าเปอร์เซ็นต์ยับยั้งของ DPPH radical 56.26, 49.00 และ 40.69% ตามลำดับ และหน่อไม้บงหวานเมื่อทำการต้มนาน 10, 30 และ 60 นาที พบว่ามีค่าเปอร์เซ็นต์ยับยั้งของ DPPH radical 35.04, 30.01 และ 24.57% ตามลำดับการวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี Ferric reducing antioxidant power พบว่า หน่อไม้ทั้ง 3 สายพันธุ์ที่ผ่านการต้มนานขึ้นส่งผลให้ค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระลดลงตามลำดับ หน่อไม้ตงลืมแล้งเมื่อทำการต้มนาน 10, 30 และ 60 นาที พบว่ามีค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ 1.13, 0.97 และ 0.78 mmol $FeSO_4$/g dry sample ตามลำดับ หน่อไม้เลี้ยงเมื่อทำการต้มนาน 10, 30 และ 60 นาที พบว่ามีค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ 1.19, 1.13 และ 1.05 mmol $FeSO_4$/g dry sample ตามลำดับและหน่อไม้บงหวาน พบว่ามีค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ 1.02, 1.01 และ 0.88 mmol $FeSO_4$/g dry sample ตามลำดับ และการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดด้วยวิธี Folin - Ciocalteus method พบว่า หน่อไม้ทั้ง 3 สายพันธุ์ที่ผ่านการต้มนานขึ้นส่งผลให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดลดลงตามลำดับ โดยหน่อไม้ตงลืมแล้งเมื่อทำการต้มนาน 10, 30 และ 60 นาที มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 50.26, 45.24 และ 30.52 mg GAE/g dry sample ตามลำดับ ส่วนหน่อไม้เลี้ยงเมื่อทำการต้มนาน 10, 30 และ 60 นาที พบว่า มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 69.19, 61.39 และ 51.34 mg GAE/g dry sample ตามลำดับ และหน่อไม้บงหวานเมื่อทำต้มนาน 10, 30 และ 60 นาที พบว่ามีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 48.43, 34.86 และ 24.10 mg GAE/g dry sample ตามลำดับ

ตอนที่ 4 แนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพต้นแบบจากเส้นใยหน่อไม้

การศึกษาอุณหภูมิในการอบแห้งเส้นใยจากหน่อไม้ต่อคุณสมบัติทางกายภาพสายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือก

ผลการทดลองคุณสมบัติทางกายภาพ โดยการวัดค่าสีของเส้นใยจากหน่อไม้ ค่าสี L* พบว่า เส้นใยที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 °C มีค่าสี L* มากที่สุด เท่ากับ 79.89 รองลงมาคือ 70 °C และ 80 °C มีค่าสี L* เท่ากับ 78.70 และ 78.23 ตามลำดับ ส่วนค่าสี a* มีค่าเป็นลบ พบว่า เส้นใยจากหน่อไม้ที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80°C มีค่าสี a* เท่ากับ -1.20, -1.51 และ -2.41 ตามลำดับ

ในด้านค่าสี b* พบว่า เส้นใยจากหน่อไม้ที่ทำการอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 °C มีค่าสี b* มากที่สุด เท่ากับ 34.10 รองลงมาคือ 60 °C มีค่าสี b* เท่ากับ 33.61 และ 70 °C มีค่าสี b* เท่ากับ 32.50

ผลการทดลองคุณสมบัติทางเคมี ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี (Aw) พบว่าเส้นใยจากหน่อไม้ที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80°C มีค่าวอเตอร์แอคทิวิตีเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.28-0.29 มีปริมาณความชื้น (% moisture content) เฉลี่ยระหว่างร้อยละ 7.67-7.78 และปริมาณเส้นใย 14.86-14.96%

ผลการทดลองวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging activity (DPPH) พบว่าเส้นใยที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 °C มีค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง DPPH radical สูงที่สุด คือ 27.19% รองลงมาคือ 70 °C มีค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง DPPH radical 22.19% และ 80 °C มีค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง DPPH radical 21.96% ตามลำดับ ส่วนจากผลการทดลองวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี Ferric reducing antioxidant power assay (FRAP) พบว่าเส้นใยที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 °C มีค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี FRAP สูงที่สุด คือ 0.76 mM $FeSO_4.7H_2O$/g dry sample รองลงมาคือ 70 °C มีค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี FRAP 0.68 mM $FeSO_4.7H_2O$/g dry sample และ 80 °C มีค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี FRAP 0.51 mM $FeSO_4.7H_2O$/g dry sample ตามลำดับ และจากผลการทดลองหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic content: TPC) พบว่าเส้นใยที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 °C มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงที่สุด 27.27 mg GAE/g dry sample รองลงมาคือ 70 °C มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 25.39 mg GAE/g dry sample และ 80 °C มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 23.41 mg GAE/g dry sample ตามลำดับ

ผลการทดลองการวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงหน้าที่ของเส้นใยจากหน่อไม้ ในด้านความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water holding capacity, WHC) พบว่า เส้นใยที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 °C มีค่า WHC สูงที่สุด เท่ากับ 6.93 g water/g dry sample รองลงมาคือ 70 °C มีค่า WHC เท่ากับ 5.62 g water/g dry sample และ 80 °C มีค่า WHC เท่ากับ 5.22 g water/g dry sample ตามลำดับ ความสามารถในการอุ้มน้ำมัน (Oil holding capacity, OHC) พบว่าเส้นใยที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 60, 70, 80 °C มีค่า OHC เท่ากับ 2.47, 2.46 และ 2.47 g oil/g dry sample ตามลำดับ ความสามารถการพองตัว (Swelling capacity, SWC) พบว่าเส้นใยที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 °C มีค่า SWC สูงที่สุด เท่ากับ 9.90 g sample/mL รองลงมาคือ 70 °C และ 80 °C มีค่า SWC เท่ากับ 8.48 และ 7.10 g sample/ mL ตามลำดับ และค่าความหนาแน่น (Bulk density, BD) พบว่าเส้นใยที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 60, 70, 80 °C มีค่า BD เท่ากับ 0.38, 0.37 และ 0.37 g sample/mL ตามลำดับ

จากผลการทดลองหน่อไม้ตงลืมแล้งเป็นหน่อไม้สายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือก ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่มีปริมาณเส้นใยมากที่สุดจึงเหมาะสมที่จะนำไปพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพต้นแบบจาก

เส้นใยหน่อไม้ การเตรียมทำได้โดยการต้มที่อุณหภูมิ 100 °C นาน 60 นาที เพื่อกำจัดออกซาเลตให้อยู่ในปริมาณที่ไม่เป็นอันตรายต่อร่างกาย จากนำไปอบแห้งแบบลมร้อนโดยใช้อุณหภูมิ 60 °C ทำให้เส้นใยจากหน่อไม้มีคุณสมบัติดีที่สุด พบว่ามีค่าสี L* หรือค่าความสว่าง เท่ากับ 79.89 ความชื้น 7.75% ค่า water activity เท่ากับ 0.29 ปริมาณเส้นใย 14.96% DW ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 27.27 mg GAE/g DW เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง DPPH radical 27.19% inhibition ค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP 0.76 mmol FeSO4/g DW ความสามรถในการอุ้มน้ำ 6.93 g water/g dry sampleกำลังการพองตัว 9.90 g oil/g dry sample ความสามารถในการอุ้มน้ำมัน 2.47 g sample/ mL และความหนาแน่น 0.38 g sample/ mL แล้วนำเส้นใยจากหน่อไม้ที่อบแห้งโดยใช้อุณหภูมิ 60 °C ไปบรรจุในแคปซูลขนาด 500 มิลลิกรัม จากการวิเคราะห์ต้นทุนของผลิตภัณฑ์เส้นใยหน่อไม้บรรจุแคปซูล พบว่ามีต้นทุนในการผลิต 2.11 บาท/แคปซูล

5.4 ข้อเสนอแนะ

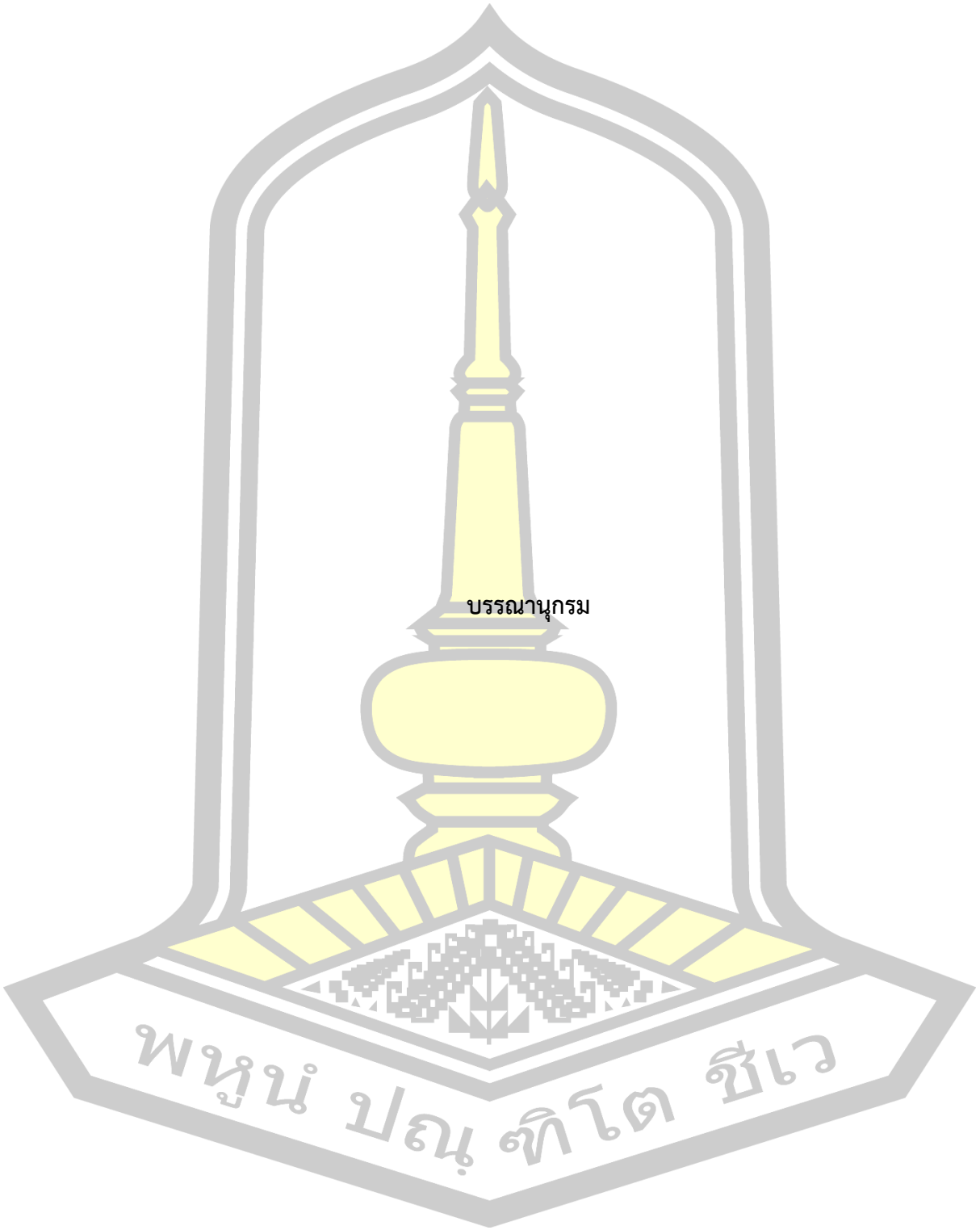
5.4.1 ข้อเสนอแนะสำหรับนำผลวิจัยไปใช้ประโยชน์

5.4.1.1 ควรมีการนำไปวิจัยและพัฒนาทางด้านอุตสาหกรรมอาหารให้มากขึ้น

5.4.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

5.4.2.1 ควรมีการศึกษาการยอมรับต่อผลิตภัณฑ์เส้นใยหน่อไม้ต่อกลุ่มผู้บริโภค

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว



บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

จุฬาลักษณ์ วงศ์สรรเสริญ ฐิตสิริ โฆวัฒนะกุล และบุญญาสิทธิ์ ดุลยศักดิ์. (2544). *การใช้เซลลูโลสผงที่ผลิตได้จากเปลือกถั่วเหลืองและเปลือกถั่วเขียวเพื่อลดการอุ้มน้ำมันในปาท่องโก๋*. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ดวงจันทร์ เฮงสวัสดิ์. (2545). ใยอาหารเพื่อสุขภาพ. *วารสารอาหาร*, 32(3), 157–159.

ธนิน สุขผุย. (2552). *การศึกษาสภาวะอบแห้งที่เหมาะสมในการผลิตใยอาหารผงเข้มข้นจากเปลือกมะนาว*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

นรินทร์ ท้าวแก่นจันทร์ ภาวิณี อารีศรีสม ทิพย์สุดา ตั้งตระกูล วาที คงบรรทัด เยาวนิตย์ ธาราฉาย และรุ่งทิพย์ กาวารี. (2560). ผลของอุณหภูมิการอบแห้งต่อคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระและคุณค่าทางโภชนาการ ของชาแก่นฝาง. In *การประชุมวิชาการชมรมคณะปฏิบัติงานวิทยาการ อพ.สธ. ครั้งที่ 8 "ทรัพยากรไทย: ศักยภาพมากล้นมีให้เห็น"*. สระบุรี: ศูนย์เครือข่ายการเรียนรู้เพื่อภูมิภาค จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นันทยา จงใจเทศ. (2549). *เกร็ดความรู้เรื่อง ออกซาเลต*. Retrieved June 10, 2018, from ion.anamai.moph.go.th/temp/main/view.php?group=2&id=124.

นิธิมา อรรถวานิช และปราณี อ่านเปรื่อง. (2546). ใยอาหารผงจากเปลือกส้มเขียวหวานและการประยุกต์. *วารสารอาหาร*, 33(1), 45–55.

นิธิยา รัตนาปนนท์. (2549). *เคมีอาหาร* (2nd ed.). กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

บุญมี นากรณ์. (2547). *การหาปริมาณกรดออกซาลิกในผักพื้นบ้านโดยวิธีตกตะกอนแคลเซียมออกซาเลต*. อุบลราชธานี: มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี.

ประสงค์ เทียนบุญ. (2549). *ใยอาหาร*. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ปลูกไผ่. (2558). *คู่มือการปลูกไผ่และขั้นตอนการดูแลอย่างละเอียดทุกขั้นตอน*. กรุงเทพฯ: เอ็มไอเอส.

ปิ่นมณี ขวัญเมือง. (2547). คุณสมบัติของเส้นใยอาหารในการเป็น functional foods. *วารสารจาร์พา*, 76(11), 50–54.

ผกาวดี นารอง. (2543). เส้นใยอาหาร (Dietary Fiber): บทบาทสำคัญที่ไม่ควรมองข้าม. *วารสารศูนย์บริการวิชาการ*, 8, 23-25.

มาลี ชิ้มศรีสกุล. (2544). *การสกัดเส้นใยจากกากและเปลือกถั่วเหลือง*. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

วราภรณ์ กุศลารักษ์ และนิพัฒน์ ลิ้มสงวน. (2558). คุณค่าทางโภชนาการและโภชนเภสัชของหน่อไม้ ไผ่บงหวาน. *วารสารวิชาการเกษตร*, 33(2), 169–178.

วราภรณ์ สกุลไชย. (2555). หน่อไม้...อาหารสุขภาพจากธรรมชาติ. *วารสารอาหารอาหาร*, 42(3), 218.

วันเพ็ญ แสงทองพินิจ. (2551). *การผลิตและคุณสมบัติของใยอาหารจากเปลือกส้มโอเพื่อนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร*. นครปฐม: เพชรเกษมการพิมพ์.

วิภา สุโรจนะเมธกุล. (2541). การใช้ดอกกระเจี๊ยบและเปลือกถั่วเหลืองเพื่อผลิตเซลลูโลสผง. *วารสารอาหาร*, 28(47), 255–267.

วิลาวัลย์ พงษ์พิทักษ์. (2560). *หน่อไม้ อาหารเพื่อสุขภาพ*. Retrieved June 5, 2018, from https://www.technologychaoban.com/.

ศิรดา สังสินชัย และชลิดา เนียมนุ้ย. (2558). อิทธิพลของการอบแห้งที่มีต่อสมบัติของใยอาหารจากกากส้มเขียวหวาน. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*, 46(3), 749–752.

ศิริกัลยา สุวจิตตานนท์. (2551). สวนรวบรวมพันธุ์ไผ่. In *งานนิทรรศการนวัตกรรมงานวิจัยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ปี 2551*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สหขวัญ โรจนคุณธรรม และอังคณา จันทรพลพันธ์. (2557). คณุสมบัติทางเคมีและเคมีกายภาพของเส้นใยอาหารที่มีสารต้านอนุมูลอิสระ จากมะม่วงสายพันธุ์แก้วเขียว (Mangifera indica L.). *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคามวิจัย*, ฉบับพิเศษ, 333–339.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2549). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำพริกเห็ด*. Retrieved March 14, 2018, from http://app.tisi.go.th/otop/pdf_file/ tcps1158/49.pdf

สุรัตน์ โคมินทร์. (2534). *อาหารและโภชนาการเพื่อสุขภาพ*. แนวทางในการบริโภคน้ำตาลและใยอาหารมีความสำคัญหรือไม่. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยมหิดล.

หยาดฝน ทะนงการกิจ. (2556). การใช้ประโยชน์จากเศษผักผลไม้เหลือทิ้งเพื่อผลิตเป็นใยอาหารผง. *วารสารเทคโนโลยีการอาหาร*, 9(1), 31–38.

อภิรักษ์ เพียรมงคล. (2549). *รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์เรื่องการศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตเส้นใยอาหารผงจากกากส้มเขียวหวาน กากส้มสายน้ำผึ้ง กากส้มสีทอง และเปลือกในส้มโอ*. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Akao, Y. Seki, N. Nakagawa, Y. Yi, H. Matusumoto, K. Ito, Y. Ito, K. Funaoka, M. Maruyama, W. Naoi, M. Nozawa, Y. (2004). A highly bioactive lignophenol derivative from bamboo lignin exhibit a potent activity to suppress apoptosis induced by oxidative stress in human neuroblastoma SH-SY5Y cells. *Bio and Med Chem*, 16(16), 4791–4801.

Association of Official Analytical Chemist. (2000). *Official method of analysis 15th ed., Association of Official Analytical Chemist*. Washington D.C.: A.O.A.C.

Bao, J. (2006). The nutrition and bioactive function of bamboo shoots. *Food Nut in China*, *4*, 2–3.

Barbosa, C. Gustavo,V. Schmidt, S. J. Labuza, T. P. (2007). *Water Activity in Foods: Fundamentals and Applications.* Los Angeles: Blackwell: Ames.

Bhatt, B.P. Singh, K. Singh, A. (2005). Nutritional values of some commercial edible bamboo species of the North Eastern Himalayan region, India. *Journal of Bamboo and Rattan*, *4*, 111–124.

Chongtham, N. Bisht, M. S. Haorongbam, S. (2011). Nutritional Properties of Bamboo Shoots: Potential and Prospects for Utilization as a Health Food. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, *10*, 153–168.

Concon, J. M. (1988). *Food Toxicology-Principles and Concepts*. New York: Marcel Dekker.

Dubois, M. Savage, G. P. (2006). The effect of soaking and cooking on the oxalate content of taro leaves. *International Journal of Food Science and Nutrition*. 57(5), 376-381.

Femenia, A. Bestard, M. J. Sanjuan, N. Rosselló, C. Mulet, A. (2000). Effect of dehydration temperature on the cell wall components of broccoli (Brassica oleracea L. italica) plant tissues. *Food Engineering*, *46*, 157–163.

Foophow, T. Promsang, A. Onto, P. Bhumgerd, W. (2014). Effect of the Extraction Methods on the Properties of Moringga Seed Cake Cellulose. *SDU Res. J.*, *2*(7), 43-56.

Garau, M.C. Simal, S. Rosselló, C. Femenia, A. (2007). Effect of air – drying temperature or physio – chemical properties of dietary fibre and antioxidant capcity of orange (Citrus aurantium v. Canoneta) by – products. *Food Chemistry*, *104*, 1014–1024.

Hang, D.T. Vanhanen, L. Savage, G. P. (2014). Effect of simple processing methods on oxalate content of taro petioles and leaves grown in central Viet Nam. *LWT-Food Science and Thecnology*, *50*, 259–263.

Jaime, L. Mollá, E. Fernández, A. Martín-Cabrejas, M. López Andreu, F. Estaben, R. (2002). Structural carbohydrates differences and potential source of dietary fiber on onion (Allium cepa L.) tissues. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *50*, 122–128.

Kleinhenz, V. Elsmore, S. Harrower, K. Lyall, T. Gosbee, M. Blackburn, K. Midmore, D. J. (2000). Storage methods for extending shelf life of fresh, edible bamboo shoots [Bambusa oldhamii (Munro)]. *Postharvest Biology and Technology*, *19*, 253–264.

Kriengkrai, V. Nakjamanong, Y. Judprasong, K. Charoenkiatkul, S., & Sungpuag, P. (2006). Total and soluble oxalate contents in Thai vegetables, cereal grains and legume seeds and their changes after cooking. *Food Compos Anal*, *19*, 340–347.

Kubola, J. Siriamonpun, S. (2008). “Phenolic contents and antioxidant activities of bitter gourd (Momordica Charantia L.) Leaf, Stem and fruit fraction extracts in vitro”. *Food Chemistry*, *110*, 881–890.

Kubola, J. Siriamonpun, S. (2011). “Phytochemicals and antioxidant activity of different fruit fractions (peel, pulp, aril and seed) of Thai gac (Momordica cochinchinensis Spreng)”. *Food Chemistry*, *127*, 1138–1145.

Larrauri, J. . (1999). New approach in the preparation of high dietary fiber powders from fruit byproducts. *Trends in Food Science and Technology*, *10*, 3–8.

Larrauri, J. A. (1991). New approaches in the preparation of high dietary fibre powder from fruit by-products. *Trends in Food Science and Technology*, *10*, 3–8.

Miettinen, T. A. (2003). Non-nutritive bioactive constituents of plants: phytosterols. *Int J Vit Nut Res.*, *73*, 127–34.

Nirmala, C. Madho, S. B. Sheena, H. (2011). Nutritional Properties of BambooShoots: Potential and Prospects for Utilization as a Health Food. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, *3*(10), 153–168.

Pandey, A.K. Ojha, V. (2011). Precooking processing of bamboo shoots for removal of anti-nutrients. *Journal of Food Science and Technology*, *51*, 43–50.

Pattanavibool, R. (1998). Bamboo research and development in Thailand. In R. V. Rao, A.N., Ramanatha (Ed.), *Proceedings of training course cum workshop (Bamboo - Conservation, Diversity, Ecogeography, Germplasm, Resource Utilization and Taxonomy) 10-17 May 1998.* Kunming and Xishuanbanna, Yunnan, China.

Pokorny, J. S. (2011). *Effect of processing and storage on antioxidant efficacy in foods. In Oxidants in foods and beverages and antioxidant applications*. (D. J. Decker, E.A., Elias, R.J. and McClements, Ed.). Cambridge: Woodhead Publishing.

Prakongpan, T. Nittithamyong, A. Luangpituksa, P. (2002). Extraction and application of dietary fiber and cellulose from pineapple core. *Food Chemistry and Toxicology*, *67*(4), 1308–1313.

Rodriguez, E.B. Maxima, E.F. Rodriguez-Amaya, D.B. Amaya-Farfan. (2006). Phytochemicals and functional foods. Current situation and prospect for developing countries. *Seguranaca Alimentar Nutricional, Campinas*, *13*(1), 1–22.

Rostagno, M.A., DArrigo, M.D. Martinez, J. A. (2010). Combinatory and hyphenated sample preparation for the determination of bioactive compounds in foods. *Trends Anal Chem*, *6*(29), 553–561.

Savage, G. P. Vanhanen, L. Mason, M. S. Ross, B. A. (2000). Effect of Cooking on the Soluble and Insoluble Oxalate Content of Some New Zealand Foods. *Journal of Food Composition and Analysis*, *13*, 201–206.

Scheppach, W. Burghardt, W. Bartram, P. (1990). Addition of dietary fiber to liquid formula diets:the pros and cons. *JPEN*, *14*, 204–209.

Schuler, P. (1990). Natural antioxidants exploited commercially. In: Elsevier Applied Science. London: Hudson, BJF.

Sharma, M.L. Nirmala, C. Richa. David, E. (2004). Variations in nutrient and nutritional components of juvenile bamboo shoots. *Panjab University Research Journals (Science)*, *54*, 101–104.

Shi, Q.T. Yang, K. S. (1992). Study on relationship between nutrients in bamboo shoots and human health. In *Proceedings of the International Symposium on Industrial Use of Bamboo* (pp. 338–346). Beijing, China: International Tropical Timber Organization and Chinese Academy.

Siamchemi. (2559). กรดออกซาลิก. Retrieved June 5, 2018, from http://www.siamchemi.com.

Silk, D. B. A. (1989). Fibre and enteral nutrition. *Gut*, *30*, 246–264.

Sloan, E. (2008). The top ten functional food trends. *Food Technol*, (62), 24–44.

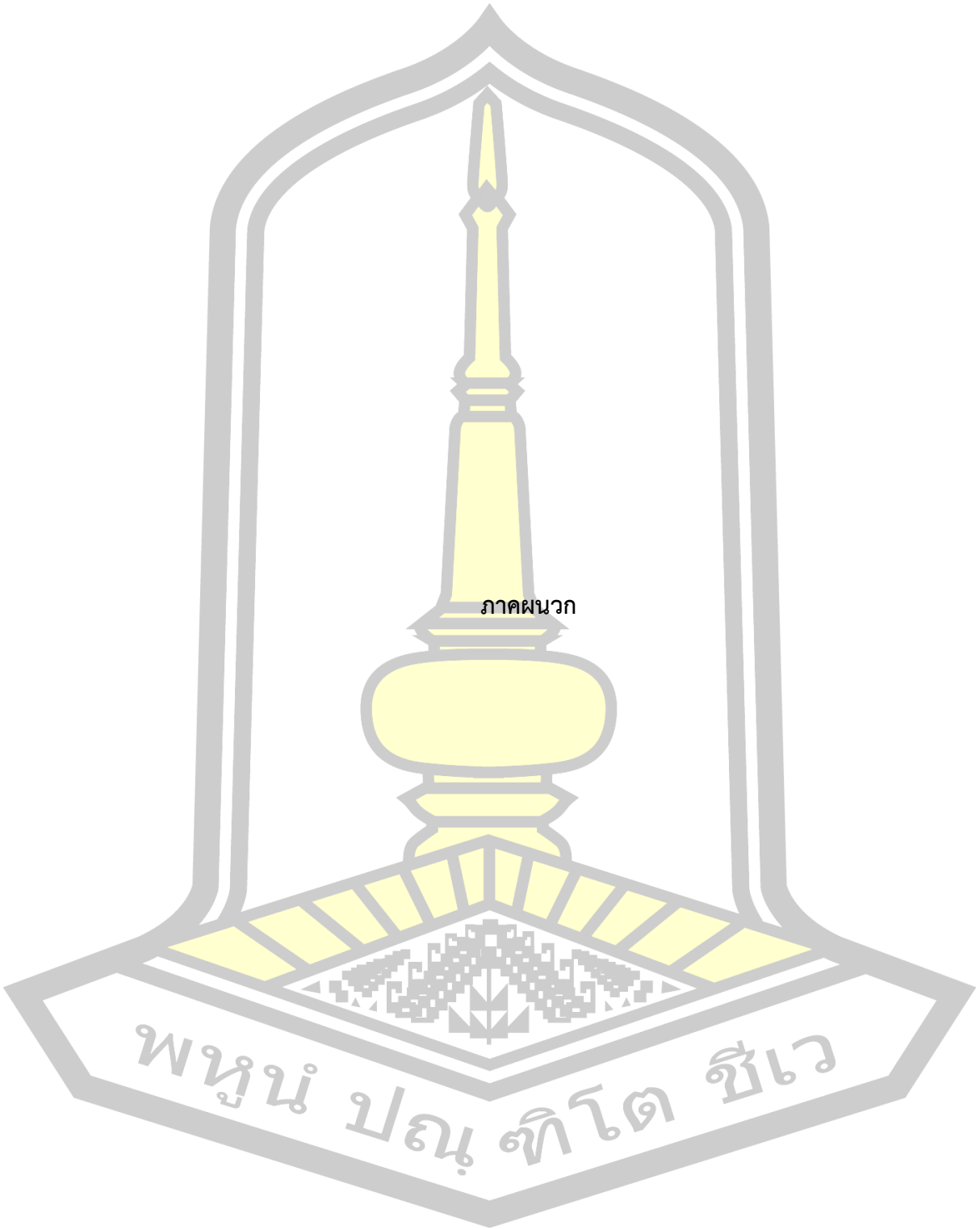
Srivastava, R. C. (1990). Bamboo: new raw materials for phytosterols. *Curr Sci*, *59*, 1333–1334.

Stark, A.d. Madar, Z. (1994). *Deitary Fiber*. Functional Foods. New York: Chapman & Hall Inc.

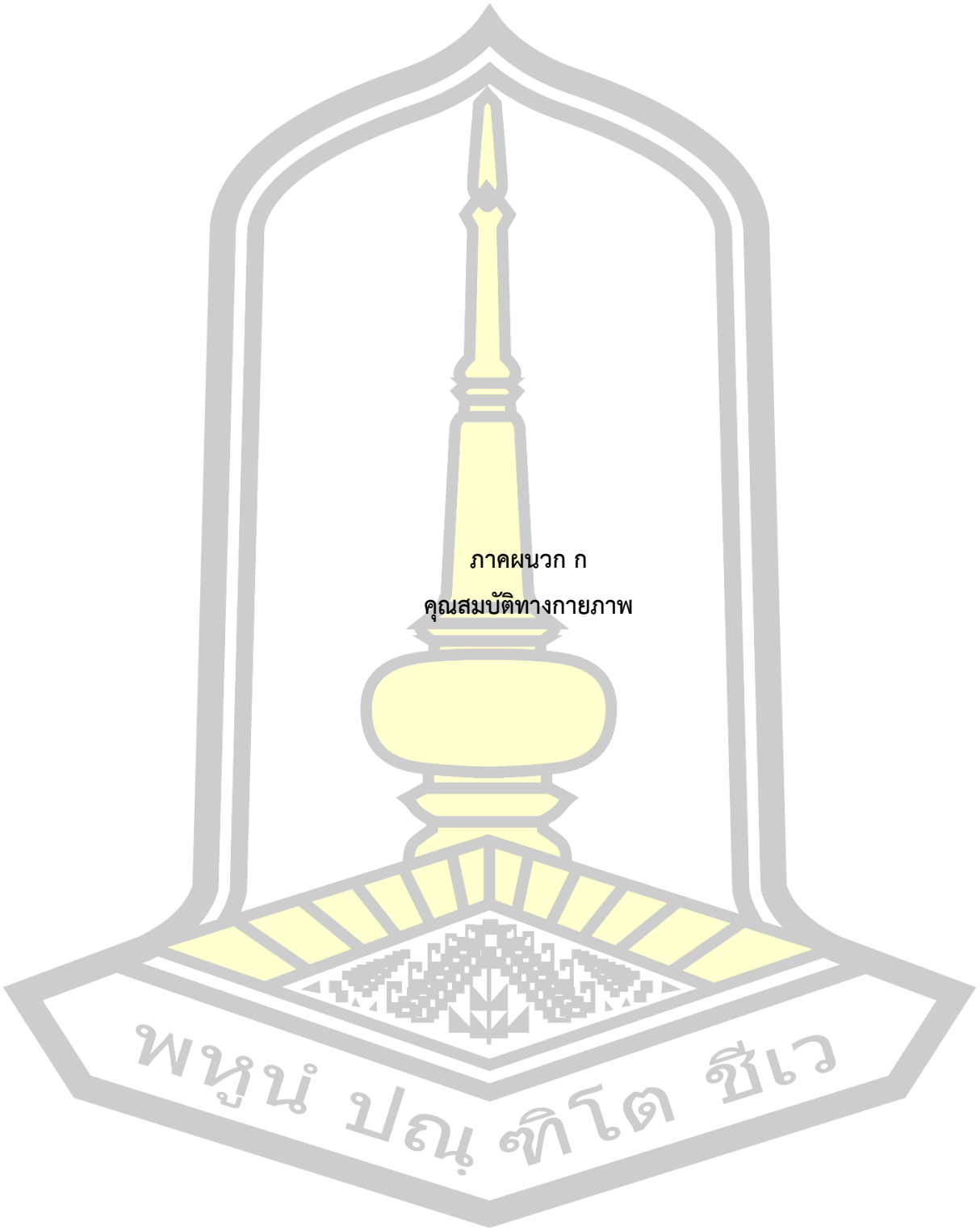
Wanasundera, J.P.D. Ravindran, G. (1992). Effects of cooking on the nutrient and antinutrient contents of yam tubers (Dioscorea alata and Dioscorea esculenta). *Food Chem*, *45*, 247–250.

Xu, B. Chang, S. K. (2008). Effect of soaking, boiling and steaming on total phenolic content and antioxidant activities of cool season food legumes. *Food Chemistry*, *110*, 1–13.

Zhang, J. Ji, R. Hu, Y. Chen, J. Ye, X. (2011). Effect of three cooking methods on nutrient components and antioxidant capacities of bamboo shoot (Phyllostachys praecox C.D chu et C.S. Chao). *Journal of Zhejiang University Science B. Biomedicine Biotechnology*, *12*, 752–759.



ภาคผนวก



ภาคผนวก ก

คุณสมบัติทางกายภาพ

ก.1 การวัดค่าสี โดยใช้เครื่องวัดสี Colorimeter

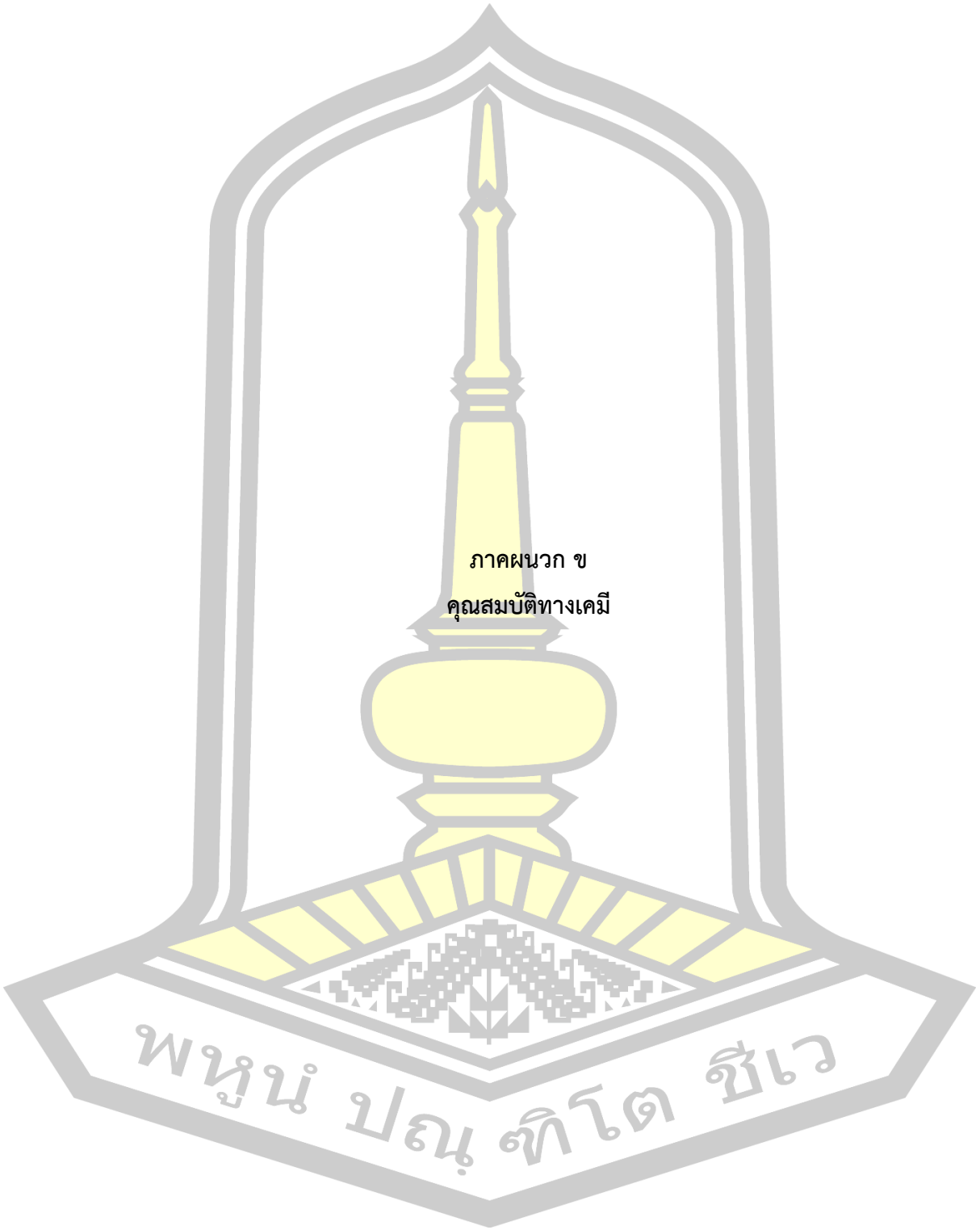
วัดโดยใช้เครื่องวัดสี ยี่ห่อ Minotra รุ่น CR-300 เปิดเครื่องวัดสี ใส่ตัวอย่างลงในภาชนะให้มีความสูง 1 เซนติเมตร เกลี่ยผิวหน้าตัวอย่างให้เรียบ ใช้หัววัดสีวางทาบลงบนตัวอย่างในแนวตั้งฉากและอ่านค่า แสดงผลการวัดในระบบ L* a* และ b* โดยการวัดค่าสีสุ่มวัดบนตัวอย่างละ 3 ตำแหน่ง ตัวอย่าง 3 ซ้ำ

เมื่อ L* คือ ค่าความสว่าง มีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 100

a* คือ ค่าสีแดง เมื่อ a* มีค่าบวก เป็นสีแดง เมื่อ a* มีค่าลบ เป็นสีเขียว

b* คือ ค่าสีเหลือง เมื่อ b* มีค่าบวก เป็นสีเหลือง เมื่อ b* มีค่าลบ เป็นสีน้ำเงิน

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว



ภาคผนวก ข

คุณสมบัติทางเคมี

ข.1 การวิเคราะห์ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (water activity, Aw)

เปิดเครื่องวิเคราะห์ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ โดยเปิดเครื่องทิ้งไว้ 30 นาทีก่อนใช้งาน จากนั้นใส่ตัวอย่างที่บดละเอียดไม่เกินครึ่งหนึ่งของตลับพลาสติกและต้องครอบคลุมพื้นที่ของก้นตลับพลาสติก ทำความสะอาดบริเวณด้านนอกของตลับพลาสติกให้สะอาด ใส่ตลับพลาสติกลงในช่องใส่ตัวอย่าง แล้วกดปุ่มสตาร์ทค้างไว้ แล้วรอจนกระทั่งเครื่องวิเคราะห์เสร็จจะส่งสัญญาณเสียงดังขึ้น

ข.2 ปริมาณความชื้น

นำชุด Moisture can เข้าอบในตู้อบ Hot air oven ที่อุณหภูมิ 105 °C นาน 30 นาที นำมาใส่ Desicator ทิ้งไว้ให้เย็น ชั่ง Moisture can พร้อมฝาบนเครื่องชั่งที่มีความละเอียดถึงหน่วยมิลลิกรัม นำตัวอย่างใส่ Moisture can ประมาณ 3.000–5.000 กรัม แล้วปิดฝานำไปชั่งน้ำหนักอย่างรวดเร็ว บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน หลังจากนั้นนำ Moisture can เปิดฝาใส่ตู้อบที่อุณหภูมิ 105 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมงหรือจนน้ำหนักคงที่ จากนั้นนำ Moisture can ออกจากตู้อบ ปิดฝาใส่ Desicator นาน 30 นาทีหรือจนกระทั่งเย็น แล้วนำไปชั่งน้ำหนักและคำนวณหาปริมาณความชื้น

$$\text{ปริมาณความชื้นคิดเป็นร้อยละ} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100$$

เมื่อ W_1 คือ น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)

W_2 คือ น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

ข.3 ปริมาณเถ้า

นำถ้วย Crucible ก่อนใส่ตัวอย่างเผาในเตาเผา Muffle furnace ที่อุณหภูมิ 550 °C นาน 30 นาที แล้วนำ Crucible ใส่ใน Desicator ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องประมาณ 1 ชั่วโมง ชั่งตัวอย่างบนเครื่องชั่งละเอียดถึงหน่วยมิลลิกรัมประมาณ 5.000 กรัม ลงในถ้วย Crucible เผาเถ้าให้เป็นถ่านสีดำด้วย Hot plate ในตู้ควันโดยเพิ่มอุณหภูมิทีละน้อยจนควันหมด จากนั้นเผาต่อในเตาเผา Muffle furnace ที่อุณหภูมิ 550 °C นานข้ามคืน (อย่างน้อย 16 ชั่วโมง) แล้วนำเถ้าที่ได้ทิ้งให้เย็นใน Desicator แล้วนำไปชั่งน้ำหนักคำนวณหาปริมาณเถ้า

$$\text{ปริมาณเถ้า} = \frac{(W_2 - W_1) \times 100}{S}$$

เมื่อ W_1 = น้ำหนักถ้วย Crucible

W_2 = น้ำหนักถ้วย Crucible และน้ำหนักตัวอย่างหลังเผา

S = น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น

ข.3 ปริมาณโปรตีน

ขั้นตอนการย่อย

ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักแน่นอน 1.000–3.000 กรัมใส่ลงในหลอดย่อยโปรตีน ใส่สารผสมระหว่างคอปเปอร์ซัลเฟตและโพแทสเซียมซัลเฟต ปริมาณ 5 กรัม แล้วเติมกรดซัลฟูริก ปริมาณ 20 มิลลิลิตร วางหลอดย่อยในตัวอย่างย่อยแล้วประกอบสายยางระหว่างฝาครอบ ขวดใส่ด่างและเครื่องดักจับไอกรดให้เรียบร้อย เปิดสวิทช์เครื่องดักจับไอกรดและเตาย่อยแล้วตั้งอุณหภูมิ 200 °C นาน 30 นาทีจากนั้นปรับเพิ่มอุณหภูมิเป็น 400 °C ย่อยต่ออีก 60 นาที จนได้สารละลายใส ปล่อยทิ้งไว้ให้เย็น

ขั้นตอนการกลั่นและไตเตรท

จัดอุปกรณ์กลั่น แล้วเปิดสวิทช์ให้ความร้อน และเปิดน้ำหล่อเย็นเครื่องควบแน่น แล้วนำขวดรูปชมพู่ ขนาด 125 มิลลิลิตร ซึ่งบรรจุกรดบอริก (เข้มข้นร้อยละ 4) ปริมาตร 25 มิลลิลิตร เติมอินดิเคเตอร์แล้วไปรองรับของเหลวที่กลั่นได้ โดยให้ส่วนปลายของอุปกรณ์ควบแน่นจุ่มลงในสารละลายกรด จากนั้นเติมน้ำกลั่นลงในหลอดย่อย 20 มิลลิลิตร จากนั้นเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ให้ทำปฏิกิริยาเกินพอสังเกตให้สารละลายเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลขุ่น กลั่นให้ได้ของเหลวอยู่ในระดับ 125 มิลลิลิตร แล้วไตเตรทสารละลายที่กลั่นได้ด้วยกรดไฮโดรคลอริกที่มีความเข้มข้น 0.1 N จนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีม่วง คำนวณหาปริมาณโปรตีนจากสูตร

$$\text{ปริมาณโปรตีน (ร้อยละ)} = \frac{1.4007 \times N \times (A-B) \times F}{W}$$

เมื่อ A คือปริมาณกรดที่ใช้ไตเตรทกับตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

B คือปริมาณกรดที่ใช้ไตเตรทกับ Blank (มิลลิลิตร)

N คือความเข้มข้นของกรด (N)

F คือค่าคงที่สำหรับอาหารหรือตัวอย่างอื่นๆ ที่ไม่ระบุเฉพาะ (6.25)

W คือน้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น (กรัม)

ข.4 ปริมาณไขมัน

นำขวดกลมสำหรับการหาปริมาณไขมัน ซึ่งมีขนาดความจุ 250 มิลลิลิตร ในตู้อบไฟฟ้า ทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น และชั่งน้ำหนักที่แน่นอน ชั่งตัวอย่างบนกระดาษกรองที่ทราบน้ำหนัก 3-5 กรัม ห่อให้มิดชิดใส่ลงในหลอดสำหรับใส่ตัวอย่าง จากนั้นนำหลอดตัวอย่างใส่ลงใน Soxhlet เติมสารตัวทำละลายปิโตรเลียม อีเทอร์ ลงในขวดหาไขมันประมาณ 150 มิลลิลิตร แล้ววางบนเตา ประกอบอุปกรณ์ชุดกลั่นไขมัน พร้อมทั้งเปิดน้ำหล่ออุปกรณ์ควบแน่นและเปิดสวิทช์ให้ความร้อน ปรับความร้อนให้หยดของสารทำละลายกลั่นตัวจากอุปกรณ์ควบแน่นด้วยอัตรา 150 หยดต่อนาที เมื่อครบ 6 ชั่วโมงแล้ว นำหลอดใส่ตัวอย่างออกจาก Soxhlet ทิ้งให้ตัวทำละลายไหลจาก Soxhlet ลงในขวดก้นกลมจนหมด ระเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหยแบบสุญญากาศ แล้วนำขวดหาไขมันไปอบที่อุณหภูมิ 105 °C จนแห้ง ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก แล้วอบซ้ำนานครั้งละ 30 นาที จนกระทั่งผลต่างของน้ำหนักทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม คำนวณหาปริมาณไขมันจากสูตร

$$\text{ปริมาณไขมัน (ร้อยละ)} = \frac{W_2 \times 100}{W_1}$$

เมื่อ W_1 คือ น้ำหนักขวดตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)

W_2 คือ น้ำหนักขวดตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

ข.5 ปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมด

ชั่งตัวอย่างใส่ในถ้วยแก้วแล้ว นำถ้วยแก้วใส่ในเครื่องวิเคราะห์เส้นใยอาหารทุกหลุม เติมกรดซัลฟิวริกความเข้มข้นร้อยละ 1.25 ปริมาณ 150 มิลลิลิตร ลงในถ้วยแก้วให้ความร้อนเป็นเวลา 30 นาที กรองแล้วล้างด้วยน้ำกลั่นร้อน 3 ครั้ง ครั้งละ 25 มิลลิลิตร จากนั้นเติมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 1.25 ปริมาณ 150 มิลลิลิตร ลงในถ้วยแก้วให้ความร้อนเป็นเวลา 30 นาที กรองแล้วล้างด้วยน้ำกลั่นร้อน 3 ครั้ง ครั้งละ 25 มิลลิลิตร และกรองจนแห้ง ล้างสารตัวอย่างที่อยู่ใน crucible ด้วย อะซิโตน 3 ครั้ง ครั้งละ 25 มิลลิลิตร แล้วอบถ้วยแก้วที่อุณหภูมิ 105 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วทิ้งในโถดูดความชื้นเย็น และชั่งน้ำหนัก (W_2) บันทึกผล เผาตัวอย่างที่อุณหภูมิ 500 °C เป็นเวลาอย่างน้อย 1 ชั่วโมง แล้วทิ้งในโถดูดความชื้นเย็นและชั่งน้ำหนัก (W_1) บันทึกผล แล้วคำนวณหาปริมาณเส้นใยอาหาร

ปริมาณเส้นใยอาหาร = $\frac{(W_2-W_1)\times 100}{S}$

เมื่อ W_1 = น้ำหนักเถ้า

W_2 = น้ำหนักแห้งของกาก

S = น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น

ข.6 ปริมาณคาร์โบไฮเดรต

คำนวณหาปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดโดยนำผลวิเคราะห์ความชื้น ไขมัน โปรตีน เส้นใย และเถ้า ที่ได้จากการวิเคราะห์ตัวอย่างมาคำนวณหาปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด

คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด (ร้อยละ) = 100 – (ร้อยละของความชื้น + ร้อยละของไขมัน + ร้อยละของโปรตีน + ร้อยละของเส้นใย + ร้อยละของเถ้า)

ข.7 การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant activity)

1. การเตรียมสารสกัดจากตัวอย่าง

นำตัวอย่างแห้ง 5 กรัม ผสมรวมกับเอทานอล 80% ปริมาณ 50 มิลลิลิตร ในขวดแก้วสีชาและนำไปเขย่าใน Shakers incubators ที่ความเร็ว 150 rpm อุณหภูมิ 37 °C นาน 3 ชั่วโมง แล้วปั่นเหวี่ยงสารแขวนลอยนั้นเพื่อกำจัดอนุภาคและตะกอนที่ความเร็ว 3500 rpm นาน 10 นาที จากนั้นทำส่วนของเหลวใสเก็บไว้ในขวดแก้วสีชา เก็บที่ -18 °C รอการนำไปวิเคราะห์ต่อไป

2. การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant activity) โดยใช้วิธี DPPH radical scavenging activity (ดัดแปลงจากวิธีการของ Kubola, J. Siriamonpun, 2008)

เป็นวิธีทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเบื้องต้นโดยดูถึงความสามารถในการจับ 2,2 diphenyl -1- picrylhydrazyl radical ซึ่งเป็นอนุมูลอิสระที่เสถียรถ้าสารสกัดสามารถจับ DPPH radical ได้สีของสารละลาย DPPH จะเปลี่ยนจากสีม่วงเข้มเป็นสีม่วงหรือน้ำเงินอ่อน ซึ่งสามารถวัดการเปลี่ยนแปลงค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตรโดยใช้เครื่อง Spectrophotometer

2.1 เตรียม 2,2 diphenyl - 1- picrylhydrazyl radical (DPPH) ความเข้มข้น 0.04 มิลลิโมล โดยการชั่ง DPPH 0.01 กรัม ปรับด้วยเอทานอล 80 % ให้เท่ากับ 250 มิลลิลิตร แล้วนำไปผสมด้วยเครื่อง Vortex ปิดด้วยอะลูมิเนียมฟอยล์เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 °C

2.2 ทดสอบตัวอย่างสารสกัดโดยดูดสารสกัดอย่างละ 0.1 มิลลิลิตร ในหลอดทดลองอย่างละ 3 หลอด จากนั้นปิเปตสารละลาย DPPH ที่เตรียมไว้ใส่หลอดที่ใส่สารสกัด

ตัวอย่างไปแล้วหลอดละ 3 มิลลิลิตร เพื่อให้ทำปฏิกิริยากันแล้วทำการเขย่าทิ้งไว้ 30 นาทีจากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงโดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นที่ 517 นาโนเมตร

2.3 ในการวัดค่าการดูดกลืนแสงจะใช้ control คือสาร DPPH ที่ไม่มีตัวอย่าง และ blank คือ เอทานอล 80% ที่ค่าการดูดกลืนแสงคลื่น 517 นาโนเมตร

2.4 คำนวณค่าเฉลี่ยของค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้แต่ละตัวอย่างแล้วนำมาแทนค่าในสูตรหาประสิทธิ์ภาพฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในพืชตัวอย่างที่นำมาทดสอบ

$$\text{เปอร์เซ็นต์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ} = \frac{(A_{DPPH} - A_{SAMPLE})}{A_{DPPH}} \times 100$$

เมื่อ A_{DPPH} = ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย DPPH ที่ไม่มีตัวอย่าง

A_{sample} = ค่าการดูดกลืนแสงของสารตัวอย่าง

3. การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant activity) โดยใช้วิธี Ferric reducing antioxidant power assay (FRAP assay) (ดัดแปลงจากวิธีการของ Kubola, J. Siriamonpun, 2008)

เป็นวิธีการวิเคราะห์หาความสามรถในการต้านอนุมูลอิสระมีหลักการว่าสารต้านอนุมูลอิสระทำหน้าที่โดยการให้อิเล็กตรอนจึงจัดเป็นสารรีดิวซ์ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าความสามารถรวมในการต้านอนุมูลอิสระเป็นความสามรถรวมในการรีดิวซ์วิธีนี้ใช้สารประกอบเชิงซ้อนของ Fe^{3+} - TPTZ (ferric tripyridyl-s-triazine) เป็นสารทดสอบอะตอมนี้จะถูกรีดิวซ์ โดยสารต้านอนุมูลอิสระได้เป็นสารประกอบเชิงซ้อน Fe^{2+} - TPTZ ซึ่งมีสีน้ำเงินดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นที่ 593 นาโนเมตร

3.1 เตรียมสารละลาย FRAP reagent โดยนำสารละลาย FRAP reagent ซึ่งเตรียมได้จากการนำ acetate buffer ความเข้มข้น 300 มิลลิโมล (pH 3.6) จำนวน100 มิลลิลิตร สารละลาย TPTZ ความเข้มข้น 10 มิลลิโมล ละลายใน HCl ความเข้มข้น 40 มิลลิโมล จำนวน 10 มิลลิลิตร สารละลาย $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ ความเข้มข้น 20 มิลลิโมล ในอัตราส่วน 10:1:1 และเติมน้ำกลั่น 12 มิลลิลิตรผสมให้เข้ากันบ่มไว้ที่อุณหภูมิ 37 ^{o}C

3.2 ทดสอบตัวอย่างสารสกัดโดยดูดสารสกัดอย่างละ 60 ไมโครลิตร ในหลอดทดลองอย่างละ 3 หลอดแล้วเติมน้ำกลั่นหลอดละ 180 ไมโครลิตร จากนั้นปิเปตสารละลาย FRAP reagent ที่เตรียมไว้ใส่หลอดที่ใส่สารสกัดตัวอย่างไปแล้วหลอดละ 1.8 มิลลิลิตร เพื่อให้ทำปฏิกิริยากันแล้วทำการเขย่าแล้วทำการบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงโดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร โดยใช้เครื่อง Spectrophotometer

3.3 ในการวัดค่าการดูดกลืนแสงจะใช้ FRAP reagent เป็น blank ที่ค่าการดูดกลืนแสงที่ 593 นาโนเมตร

3.4 การทำกราฟมาตรฐาน $FeSO_4•7H_2O$ นำสารละลาย FRAP reagent จำนวน 1.8 มิลลิลิตร น้ำกลั่นจำนวน 180 ไมโครลิตร ปิเปตสารละลาย $FeSO_4•7H_2O$ ในแต่ละความเข้มข้น (0.1, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ1.0 มิลลิโมล) อย่างละ 60 ไมโครลิตร บ่ม 4 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร แล้วนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาสร้างกราฟมาตรฐาน $FeSO_4•7H_2O$

4. การวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด (total phenolic contents) (โดยวิธีของ Kubola และคณะ 2011)

4.1 ปิเปตสารละลาย Gallic acid มาตรฐานในแต่ละความเข้มข้น (ความเข้มข้น 20, 40, 60, 80 และ 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) อย่างละ 0.3 มิลลิลิตร ผสมกับสารละลายมาตรฐาน Folin- Ciocalteu reagent 0.5 มิลลิลิตร (โดยทำการผสมสารละลายมาตรฐาน Folin - Ciocalteus reagent 1 : น้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร) ใส่หลอดทดลองแต่ละหลอด ผสมให้เข้ากันแล้วตั้งทิ้งไว้ 5 นาทีจากนั้นเติมสารละลาย Na_2CO_3 6% (w/v) 2.25 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 90 นาที กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 (ในกรณีที่ตัวอย่างมีความขุ่น) นำสารละลายที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 725 นาโนเมตรแล้วนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาสร้างกราฟมาตรฐาน Gallic acid

4.2 นำตัวอย่างสารสกัด 0.3 มิลลิลิตร ผสมกับสารละลายมาตรฐาน Folin - Ciocalteu reagent หลอดละ 2.25 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที ที่อุณหภูมิห้อง และในการวัดค่าดูดกลืนแสงจะใช้ Folin - Ciocalteu reagent ที่ผสมกับน้ำกลั่นแล้วเป็น blank

4.3 เติมสารละลาย Na_2CO_3 6% (w/v) 2.25 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ 90 นาที ที่อุณหภูมิห้อง

4.4 จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงโดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 725 นาโนเมตร โดยใช้เครื่อง Spectrophotometer แล้วนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาเทียบกับกราฟมาตรฐาน Gallic acid เพื่อหาปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด

ข.8 การวิเคราะห์ปริมาณออกซาเลตโดยใช้ High Performance Liquid Chromatography (HPLC)

1. การเตรียมตัวอย่างสารสกัดตัวอย่าง

การตรียมตัวอย่างวิเคราะห์ปริมาณออกซาเลตที่ละลายน้ำ (Soluble oxalate)

ชั่งตัวอย่างที่ทำแห้งแล้วบดละเอียด 2 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร และเติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร วางบีกเกอร์ไว้ในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 15 นาที สารสกัดที่เย็นแล้วเปลี่ยนถ่ายใส่ในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น โดยทำตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

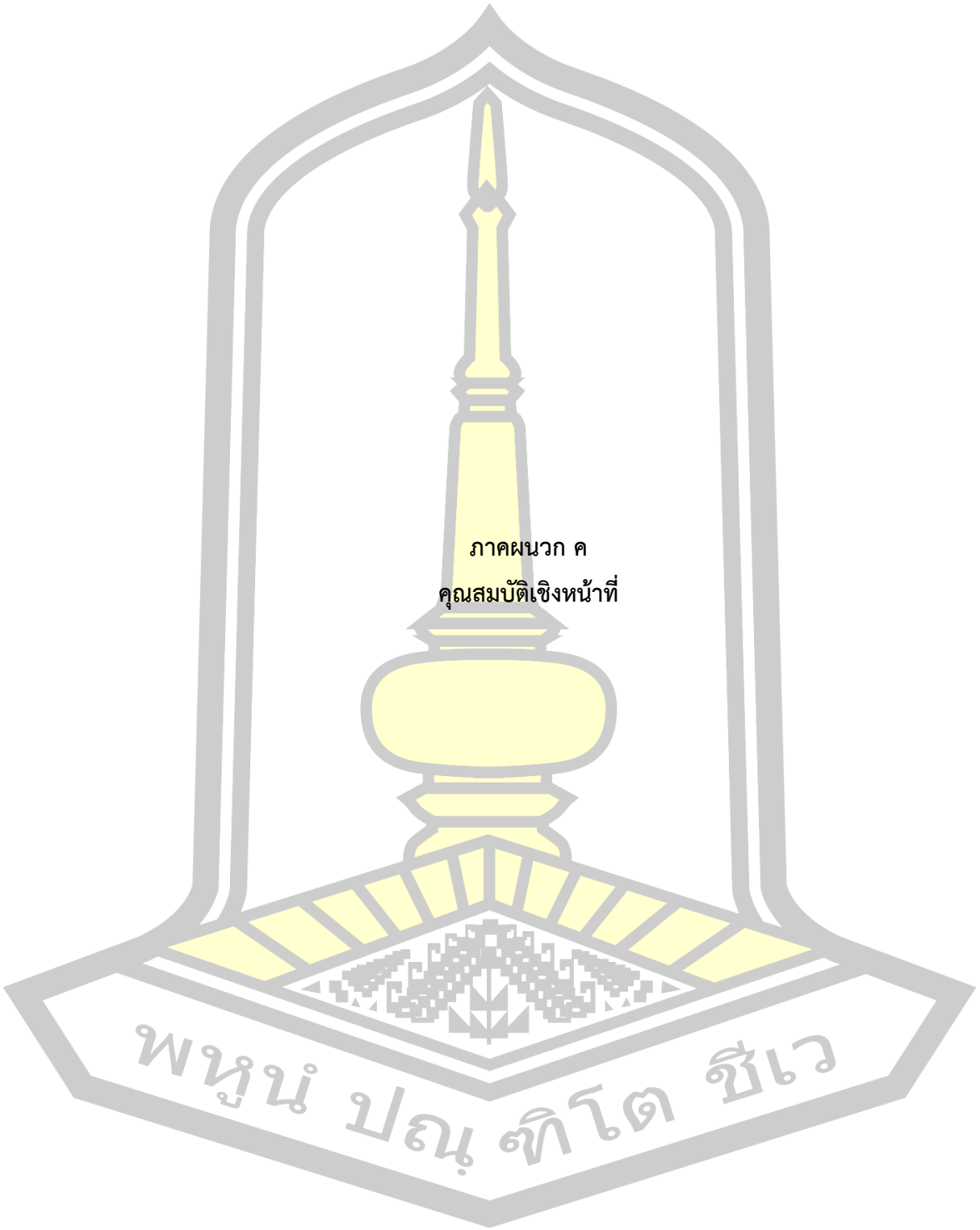
การตรียมตัวอย่างวิเคราะห์ปริมาณออกซาเลตทั้งหมด (Total oxalate)

ชั่งตัวอย่างที่ทำแห้งแล้วบดละเอียด 2 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร เติม HCL ความเข้มข้น 2 M ปริมาตร 50 มิลลิลิตร วางบีกเกอร์ในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 15 นาที สารสกัดที่เย็นแล้วเปลี่ยนถ่ายใส่ในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วย HCL ความเข้มข้น 2 M โดยทำตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

2. การวิเคราะห์ปริมาณออกซาเลตโดยใช้ High Performance Liquid Chromatography (HPLC)

นำสารสกัดมาปั่นเหวี่ยงที่ 5000 rpm และนำส่วนใสกรองผ่าน cellulose acetate membrane 0.45mm (Satorius, Goettingen, Germany) ตัวอย่าง 5 µL ทำการวิเคราะห์โดยใช้ Waters Chromatography System ซึ่งประกอบด้วย Waters 717 plus autosampler, Waters 600-MS Isocratic/Gradient Pump และ Waters UV/VIS detector ที่ 210 nm ทำการรวบรวมข้อมูลและประเมินผลโดยใช้ Millennium (ver 2.15) chromatographic software และแยก chromatographic ได้ดำเนินการโดยใช้ Aminex Ion exclusion HPX-87H 300×7.8 mm วิเคราะห์ column กับ Aminex Cation-H guard column โดยใช้ isocratic elution ที่ 0.5 mL/min กับ sulfuric acid 0.0125 M (Analar, BDH, UK) เป็น mobile phase โดยควบคุมอุณหภูมิของ column ที่อุณหภูมิห้องและ column ที่ equilibrated ที่อัตราการไหล 0.1 mL/min ชุดตัวอย่างและ mobile phase ก่อนที่จะใช้ทำการกรองผ่าน degassed membrane 0.45 µm โดยใช้สุญญากาศ จะทำการเปรียบเทียบระยะเวลาและช่วงความยาวคลื่นในการดูดกลืนแสงเทียบกับตัวอย่างมาตรฐาน oxalic acid standards แต่ละตัวอย่างทำการวิเคราะห์หกครั้งและข้อมูลทั้งหมดแสดงเป็น มิลลิกรัม (mg) oxalate/100 กรัม (g) น้ำหนักแห้ง (DW)

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว



ภาคผนวก ค

คุณสมบัติเชิงหน้าที่

ค.1 ความสามารถในการอุ้มน้ำ

ชั่งตัวอย่าง 1 กรัม ใส่ในหลอดเซนตริฟิวซ์ เติมน้ำปริมาตร 20 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันและตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 3500g เป็นเวลา 20 นาที แยกส่วนใสทิ้งและชั่งน้ำหนักส่วนที่ตกตะกอน และคำนวณความสามารถในการอุ้มน้ำต่อกรัมของตัวอย่าง

ค.2 ความสามารถในการอุ้มน้ำมัน

ชั่งตัวอย่าง 1 กรัม ใส่ในหลอดเซนตริฟิวซ์ เติมน้ำมันปริมาตร 20 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันและตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 3500g เป็นเวลา 20 นาที แยกส่วนใสทิ้งและชั่งน้ำหนักส่วนที่ตกตะกอน และคำนวณความสามารถในการอุ้มน้ำมันต่อกรัมของตัวอย่าง

ค.3 กำลังการพองตัว

ชั่งตัวอย่าง 500 มิลลิกรัม ใส่ในกระบอกตวงขนาด 10 มิลลิลิตร เติมน้ำ 10 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 18 ชั่วโมง วัดปริมาตรของตัวอย่างที่อัดแน่นและคำนวณเป็นปริมาตรของตัวอย่างต่อกรัมของตัวอย่าง

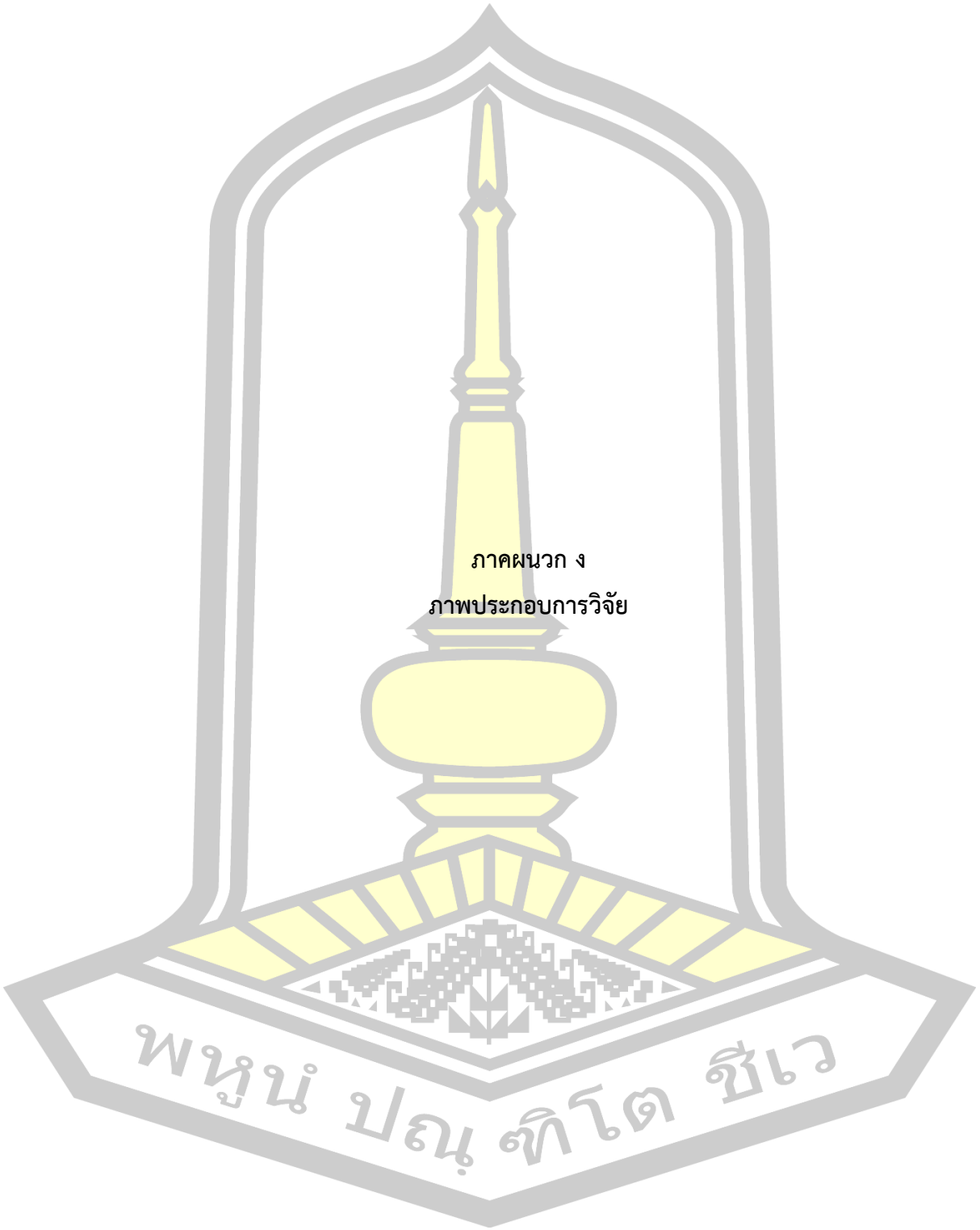
ค.4 ความหนาแน่นจำเพาะ

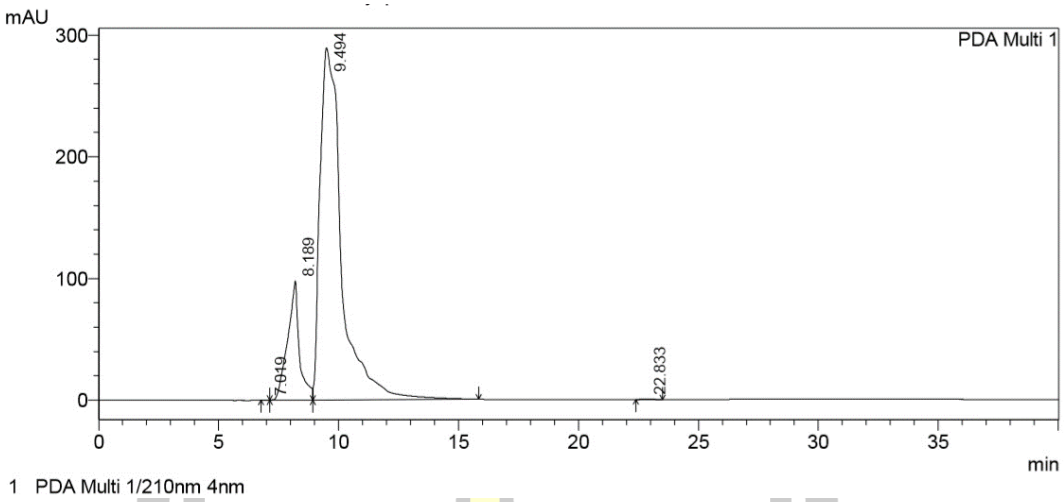
นำตัวอย่างมาชั่ง 20 กรัม แล้วใส่ลงในกระบอกตวงขนาด 100 มิลลิลิตร เขย่าเล็กน้อยให้ได้ปริมาตรประมาณ 20 มิลลิลิตร เทตัวอย่างออกมาชั่งน้ำหนักแล้วคำนวณตามสูตร

พหูน ปณ ฑิโต ชีเว

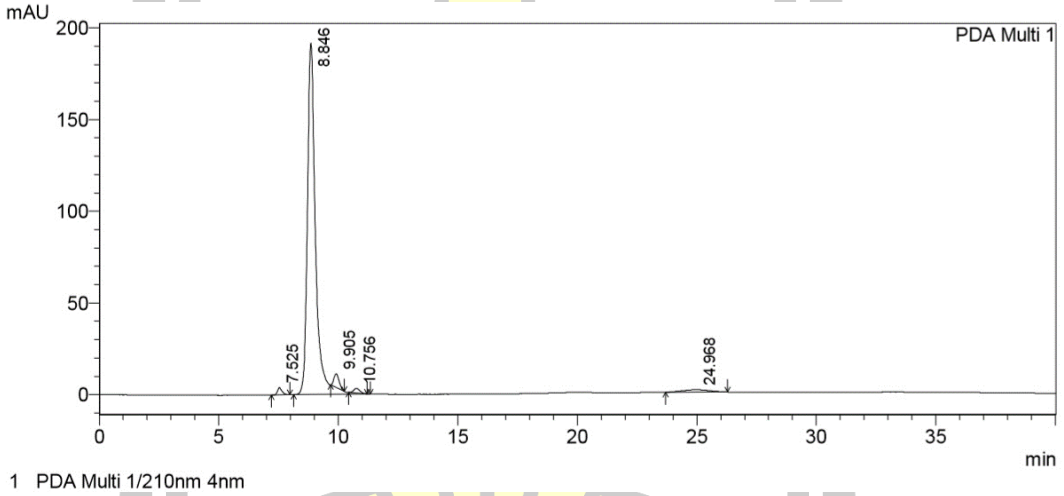
ภาคผนวก ง

ภาพประกอบการวิจัย



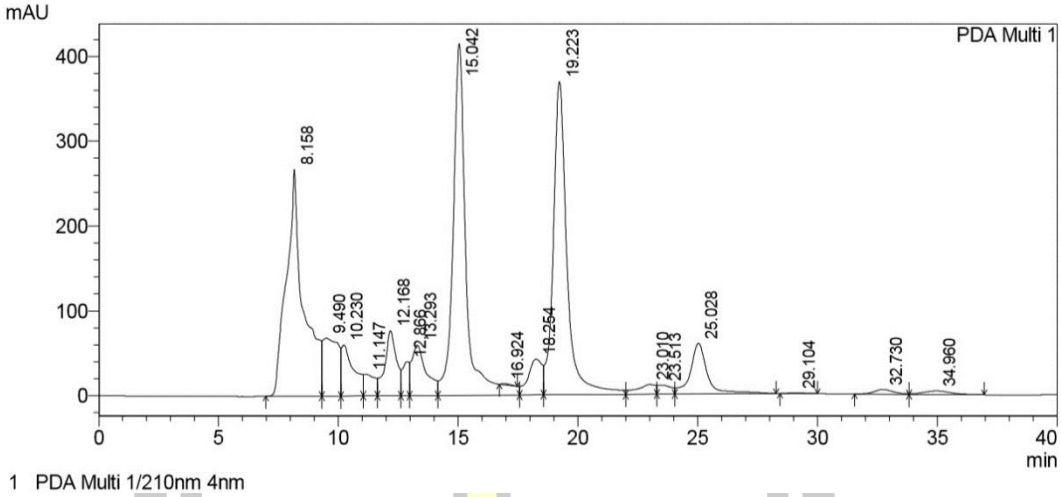


ภาพประกอบ 21 โครมาโตแกรมของ standard total oxalate วิเคราะห์โดยใช้ HPLC

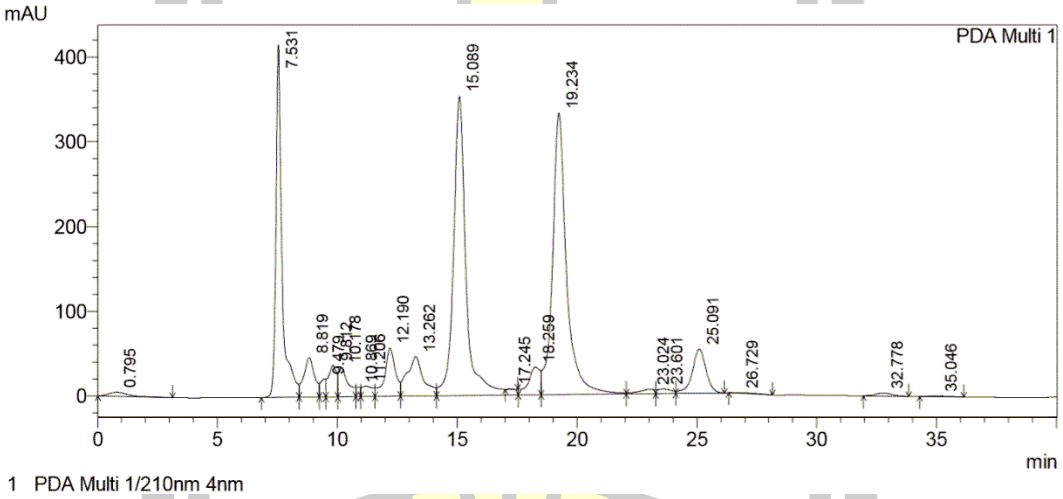


ภาพประกอบ 22 โครมาโตแกรมของ standard soluble oxalate วิเคราะห์โดยใช้ HPLC

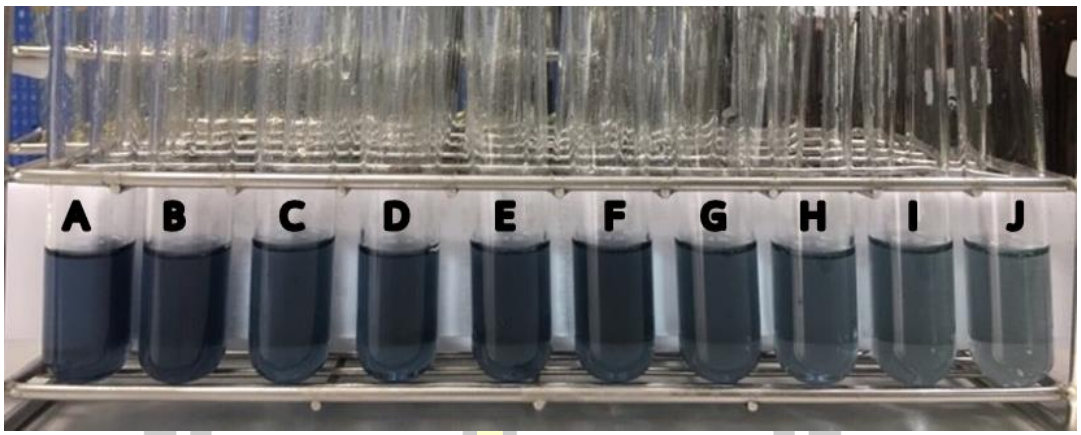
พหุน ปณ ฑิโต ชีเว



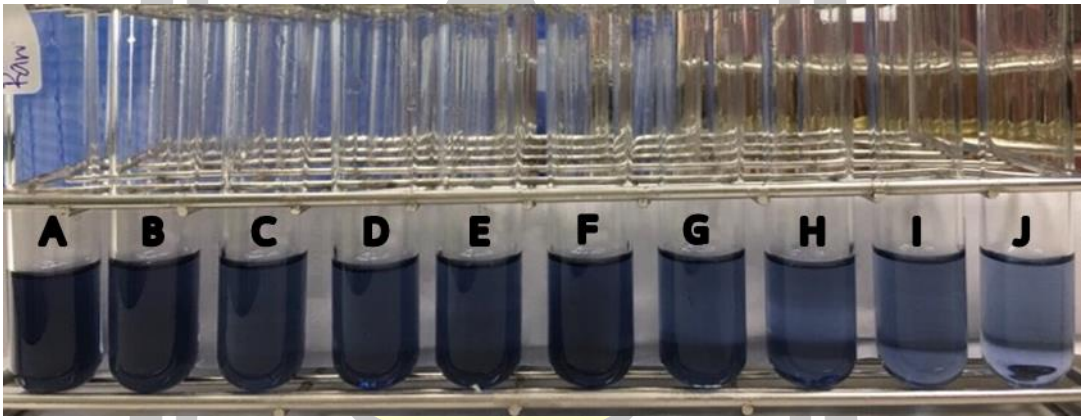
ภาพประกอบ 23 โครมาโตแกรมของ total oxalate ในตัวอย่างหน่อไม้ดิบ วิเคราะห์โดยใช้ HPLC



ภาพประกอบ 24 โครมาโตแกรมของ soluble oxalate ในตัวอย่างหน่อไม้ดิบ วิเคราะห์โดยใช้ HPLC

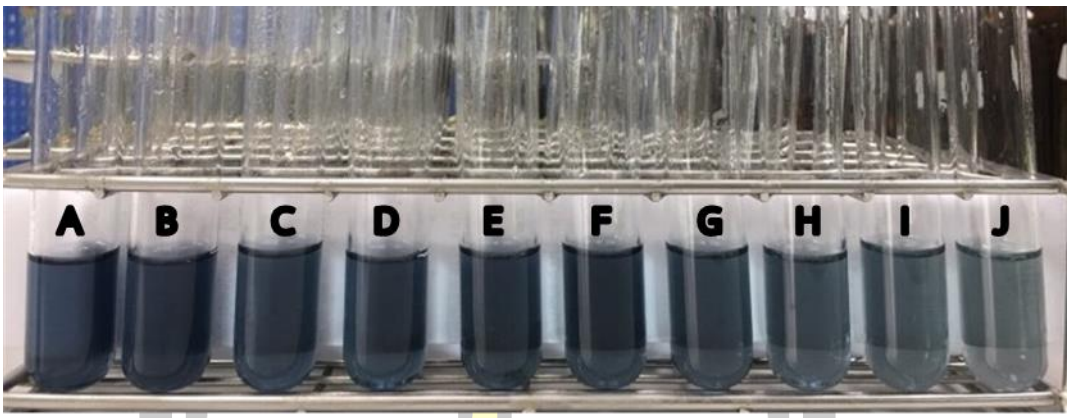


ภาพประกอบ 25 ผลการทดสอบ total phenolic contents ในตัวอย่างหน่อไม้ตงลืมแล้ง



ภาพประกอบ 26 ผลการทดสอบ total phenolic contents ในตัวอย่างหน่อไม้เลี้ยง

พหูน ปณ ฑิโต ชีเว



ภาพประกอบ 27 ผลการทดสอบ total phenolic contents ในตัวอย่างหน่อไม้บงหวาน

หมายเหตุ : A แทน หน่อไม้ดิบ

B แทน หน่อไม้ที่ผ่านการล้าง

C แทน หน่อไม้ที่ผ่านการแช่น้ำ 1 ชั่วโมง

D แทน หน่อไม้ที่ผ่านการแช่น้ำ 3 ชั่วโมง

E แทน หน่อไม้ที่ผ่านการแช่น้ำ 5 ชั่วโมง

F แทน หน่อไม้ที่ผ่านการแช่น้ำ 7 ชั่วโมง

G แทน หน่อไม้ที่ผ่านการแช่น้ำ 10 ชั่วโมง

H แทน หน่อไม้ที่ผ่านการต้ม 10 นาที

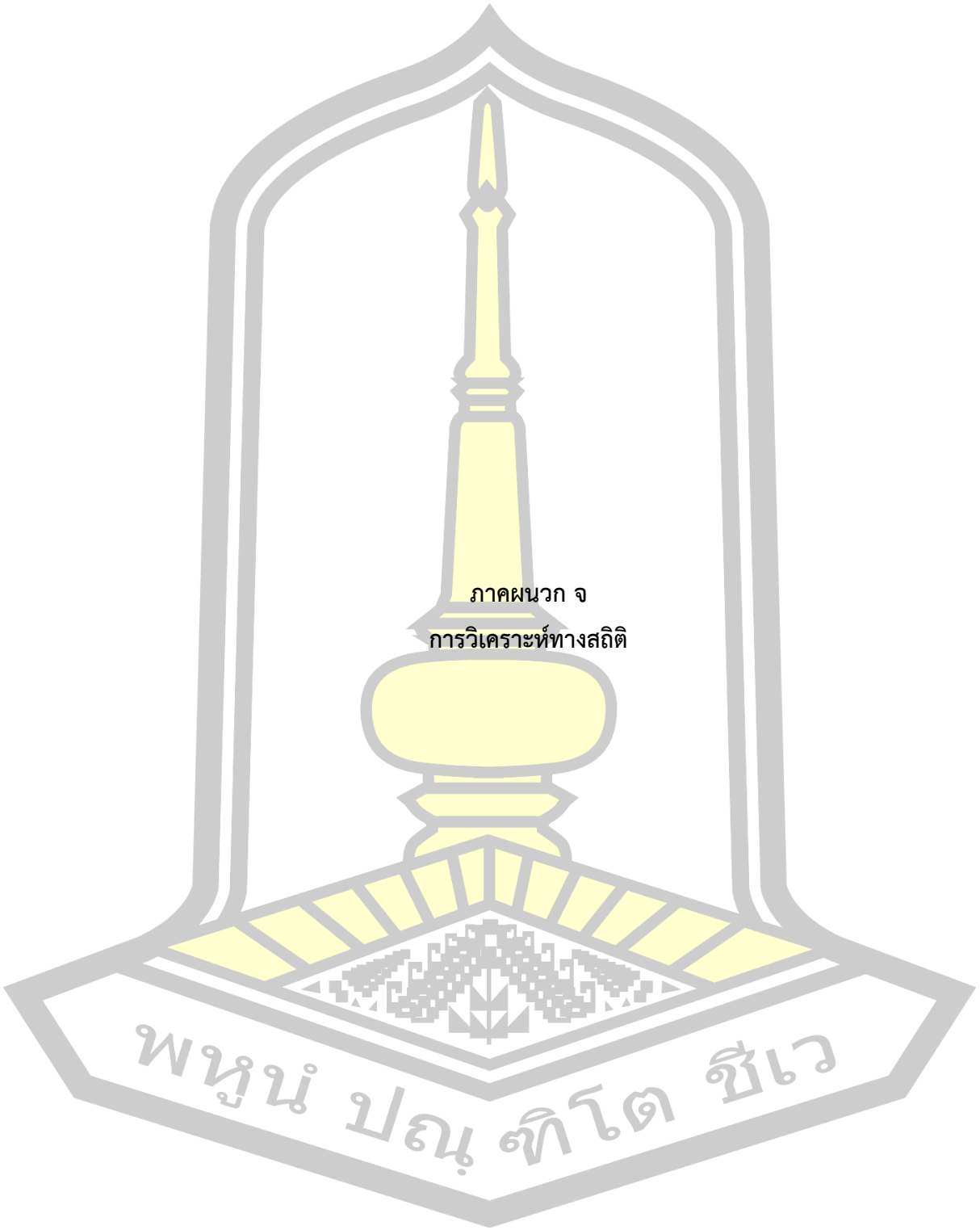
I แทน หน่อไม้ที่ผ่านการต้ม 30 นาที

J แทน หน่อไม้ที่ผ่านการต้ม 60 นาที

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ภาพประกอบ 28 เส้นใยหน่อไม้

ภาพประกอบ 29 ผลิตภัณฑ์เส้นใยหน่อไม้บรรจุแคปซูล



ภาคผนวก จ
การวิเคราะห์ทางสถิติ

ตาราง 15 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของหน่อไม้

ปริมาณความชื้น

Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0.171	2	0.086	0.653	0.554
Within Groups	0.787	6	0.131		
Total	0.958	8			

ปริมาณเถ้า

Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0.776	2	0.388	89.776	0.000*
Within Groups	0.026	6	0.004		
Total	0.802	8			

ปริมาณไขมัน

Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0.277	2	0.139	1.530	0.290
Within Groups	0.544	6	0.091		
Total	0.821	8			

ปริมาณเส้นใย

Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	12.765	2	6.383	67.725	0.000*
Within Groups	0.565	6	0.094		
Total	13.331	8			

ตาราง 15 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของหน่อไม้ (ต่อ)

ปริมาณโปรตีน

Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	92.115	2	46.058	9893.048	0.000*
Within Groups	0.028	6	0.005		
Total	92.143	8			

ปริมาณคาร์โบไฮเดรต

Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	60.771	2	30.386	66.703	0.000*
Within Groups	2.733	6	0.456		
Total	63.504	8			

หมายเหตุ : * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

ตาราง 16 ผลการวิเคราะห์ปริมาณออกซาเลตในหน่อไม้ 3 สายพันธุ์

ปริมาณออกซาเลตทั้งหมด (Total oxalate)

Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	4718573.694	2	2359286.847	47256.412	0.000*
Within Groups	299.551	6	49.925		
Total	4718873.245	8			

ปริมาณออกซาเลตที่ละลายน้ำได้ (Soluble oxalate)

Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3413193.131	2	1706596.566	57786.154	0.000*
Within Groups	177.198	6	29.533		
Total	3413370.329	8			

หมายเหตุ : * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

ตาราง 17 ผลการวิเคราะห์ปริมาณออกซาเลตในหน่อไม้ตงลืมแล้งที่ผ่านการแปรรูปโดยการล้าง

ปริมาณออกซาเลตทั้งหมด (Total oxalate)

Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	9096.384	1	9096.384	300.962	0.000*
Within Groups	120.897	4	30.224		
Total	9217.282	5			

ปริมาณออกซาเลตที่ละลายน้ำได้ (Soluble oxalate)

Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2048.693	1	2048.693	42.972	0.003*
Within Groups	190.702	4	47.676		
Total	2239.395	5			

หมายเหตุ : * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

ตาราง 18 ผลการวิเคราะห์ปริมาณออกซาเลตในหน่อไม้ตงลืมแล้งที่ผ่านการแปรรูปโดยการแช่ที่ระยะเวลาต่างๆ

ปริมาณออกซาเลตทั้งหมด (Total oxalate)

Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	374443.775	5	74888.755	2259.988	0.000*
Within Groups	397.641	12	33.137		
Total	374841.416	17			

ปริมาณออกซาเลตที่ละลายน้ำได้ (Soluble oxalate)

Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	45812.863	5	9162.573	240.515	0.000*
Within Groups	457.147	12	38.096		
Total	46270.010	17			

หมายเหตุ : * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

ตาราง 19 ผลการวิเคราะห์ปริมาณออกซาเลตในหน่อไม้ตงลืมแล้งที่ผ่านการแปรรูปโดยการต้มที่ระยะเวลาต่างๆ

ปริมาณออกซาเลตทั้งหมด (Total oxalate)

Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	982375.996	3	327458.665	11947.027	0.000*
Within Groups	219.274	8	27.409		
Total	982595.269	11			

ปริมาณออกซาเลตที่ละลายน้ำได้ (Soluble oxalate)

Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	176836.057	3	58945.352	2803.925	0.000*
Within Groups	168.180	8	21.022		
Total	177004.237	11			

หมายเหตุ : * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

ตาราง 20 ผลการวิเคราะห์ปริมาณออกซาเลตในหน่อไม้เลี้ยงที่ผ่านการแปรรูปโดยการล้าง

ปริมาณออกซาเลตทั้งหมด (Total oxalate)

Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	21531.654	1	21531.654	327.626	0.000*
Within Groups	262.881	4	65.720		
Total	21794.535	5			

ปริมาณออกซาเลตที่ละลายน้ำได้ (Soluble oxalate)

Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	5250.450	1	5250.450	910.704	0.000*
Within Groups	23.061	4	5.765		
Total	5273.511	5			

หมายเหตุ : * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

ตาราง 21 ผลการวิเคราะห์ปริมาณออกซาเลตในหน่อไม้เลี้ยงที่ผ่านการแปรรูปโดยการแช่ที่ระยะเวลาต่างๆ

ปริมาณออกซาเลตทั้งหมด (Total oxalate)

Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1195238.831	5	239047.766	6833.284	0.000*
Within Groups	419.794	12	34.983		
Total	1195658.625	17			

ปริมาณออกซาเลตที่ละลายน้ำได้ (Soluble oxalate)

Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	658662.633	5	131732.527	2323.295	0.000*
Within Groups	680.409	12	56.701		
Total	659343.041	17			

หมายเหตุ : * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

ตาราง 22 ผลการวิเคราะห์ปริมาณออกซาเลตในหน่อไม้เลี้ยงที่ผ่านการแปรรูปโดยการต้มที่ระยะเวลาต่างๆ

ปริมาณออกซาเลตทั้งหมด (Total oxalate)

Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2567801.686	3	855933.895	10859.759	0.000*
Within Groups	630.536	8	78.817		
Total	2568432.222	11			

ปริมาณออกซาเลตที่ละลายน้ำได้ (Soluble oxalate)

Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1369005.116	3	456335.039	32092.557	0.000*
Within Groups	113.755	8	14.219		
Total	1369118.871	11			

หมายเหตุ : * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

ตาราง 23 ผลการวิเคราะห์ปริมาณออกซาเลตในหน่อไม้บงหวานที่ผ่านการแปรรูปโดยการล้าง

ปริมาณออกซาเลตทั้งหมด (Total oxalate)

Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	194.370	1	194.370	1.884	0.242
Within Groups	412.662	4	103.165		
Total	607.032	5			

ปริมาณออกซาเลตที่ละลายน้ำได้ (Soluble oxalate)

Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	824.150	1	824.150	22.034	0.009*
Within Groups	149.611	4	37.403		
Total	973.761	5			

หมายเหตุ : * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

ตาราง 24 ผลการวิเคราะห์ปริมาณออกซาเลตในหน่อไม้บงหวานที่ผ่านการแปรรูปโดยการแช่ที่ระยะเวลาต่างๆ

ปริมาณออกซาเลตทั้งหมด (Total oxalate)

Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	23503.942	5	4700.788	59.116	0.000*
Within Groups	954.212	12	79.518		
Total	24458.154	17			

ปริมาณออกซาเลตที่ละลายน้ำได้ (Soluble oxalate)

Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	13201.407	5	2640.281	177.368	0.000*
Within Groups	178.630	12	14.886		
Total	13380.037	17			

หมายเหตุ : * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

ตาราง **25** ผลการวิเคราะห์ปริมาณออกซาเลตในหน่อไม้บงหวานที่ผ่านการแปรรูปโดยการต้มที่ระยะเวลาต่างๆ

ปริมาณออกซาเลตทั้งหมด (Total oxalate)

Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	235600.299	3	78533.433	604.516	0.000*
Within Groups	1039.290	8	129.911		
Total	236639.589	11			

ปริมาณออกซาเลตที่ละลายน้ำได้ (Soluble oxalate)

Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	103715.708	3	34571.903	1003.237	0.000*
Within Groups	275.683	8	34.460		
Total	103991.391	11			

หมายเหตุ : * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตาราง 26 ผลการวิเคราะห์ฤทธิ์ทางชีวภาพในหน่อไม้ตงลืมแล้งที่ผ่านการแปรรูปโดยการล้าง

ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging activity (DPPH)

Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1.581	1	1.581	1.351	0.310
Within Groups	4.681	4	1.170		
Total	6.262	5			

ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี Ferric reducing antioxidant power assay (FRAP)

Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0.000	1	.000	0.023	0.887
Within Groups	0.002	4	.001		
Total	0.002	5			

ตาราง 26 ผลการวิเคราะห์ฤทธิ์ทางชีวภาพในหน่อไม้ตงลืมแล้งที่ผ่านการแปรรูปโดยการล้าง (ต่อ)

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด (Total phenolic content: TPC)

Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1.793	1	1.793	0.425	0.550
Within Groups	16.878	4	4.219		
Total	18.671	5			

หมายเหตุ : * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

ตาราง 27 ผลการวิเคราะห์ฤทธิ์ทางชีวภาพในหน่อไม้ตงลืมแล้งที่ผ่านการแปรรูปโดยการแช่ที่ระยะเวลาต่างๆ

ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging activity (DPPH)

Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	927.842	5	185.568	156.791	0.000*
Within Groups	14.202	12	1.184		
Total	942.045	17			

ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี Ferric reducing antioxidant power assay (FRAP)

Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0.020	5	0.004	8.668	0.001*
Within Groups	0.005	12	0.000		
Total	0.025	17			

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด (Total phenolic content: TPC)

Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1687.217	5	337.443	135.089	0.000*
Within Groups	29.975	12	2.498		
Total	1717.192	17			

หมายเหตุ : * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

ตาราง 28 ผลการวิเคราะห์ฤทธิ์ทางชีวภาพในหน่อไม้ตงลืมแล้งที่ผ่านการแปรรูปโดยการต้มที่ระยะเวลาต่างๆ

ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging activity (DPPH)

Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2829.954	3	943.318	1010.040	0.000*
Within Groups	7.472	8	0.934		
Total	2837.425	11			

ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี Ferric reducing antioxidant power assay (FRAP)

Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0.427	3	0.142	180.994	0.000*
Within Groups	0.006	8	0.001		
Total	0.433	11			

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด (Total phenolic content: TPC)

Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	4137.338	3	1379.113	592.127	0.000*
Within Groups	18.633	8	2.329		
Total	4155.971	11			

หมายเหตุ : * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

พหุน ปณฺฑิโต ชีเว

ตาราง 29 ผลการวิเคราะห์ฤทธิ์ทางชีวภาพในหน่อไม้เลี้ยงที่ผ่านการแปรรูปโดยการล้าง

ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging activity (DPPH)

Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	4.750	1	4.750	7.682	0.050
Within Groups	2.474	4	0.618		
Total	7.224	5			

ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี Ferric reducing antioxidant power assay (FRAP)

Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0.000	1	0.000	0.026	0.879
Within Groups	0.002	4	0.001		
Total	0.002	5			

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด (Total phenolic content: TPC)

Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	20.182	1	20.182	7.491	0.052
Within Groups	10.776	4	2.694		
Total	30.959	5			

หมายเหตุ : * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

พหุน ปณฺ ฑิโต ชีเว

ตาราง 30 ผลการวิเคราะห์ฤทธิ์ทางชีวภาพในหน่อไม้เลี้ยงที่ผ่านการแปรรูปโดยการแช่ที่ระยะเวลาต่างๆ

ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging activity (DPPH)

Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2422.984	5	484.597	106.186	0.000*
Within Groups	54.764	12	4.564		
Total	2477.748	17			

ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี Ferric reducing antioxidant power assay (FRAP)

Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0.019	5	0.004	9.529	0.001*
Within Groups	0.005	12	0.000		
Total	0.023	17			

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด (Total phenolic content: TPC)

Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2464.194	5	492.839	52.174	0.000*
Within Groups	113.354	12	9.446		
Total	2577.547	17			

หมายเหตุ : * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

พหุน ปณฺฑิโต ชีเว

ตาราง 31 ผลการวิเคราะห์ฤทธิ์ทางชีวภาพในหน่อไม้เลี้ยงที่ผ่านการแปรรูปโดยการต้มที่ระยะเวลาต่างๆ

ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging activity (DPPH)

Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3942.326	3	1314.109	623.852	0.000*
Within Groups	16.852	8	2.106		
Total	3959.177	11			

ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี Ferric reducing antioxidant power assay (FRAP)

Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0.111	3	0.037	24.784	0.000*
Within Groups	0.012	8	0.001		
Total	0.123	11			

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด (Total phenolic content: TPC)

Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	6696.027	3	2232.009	1632.560	0.000*
Within Groups	10.937	8	1.367		
Total	6706.965	11			

หมายเหตุ : * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

พหุน ปณฺฑิโต ชีเว

ตาราง 32 ผลการวิเคราะห์ฤทธิ์ทางชีวภาพในหน่อไม้บงหวานที่ผ่านการแปรรูปโดยการล้าง

ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging activity (DPPH)

Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0.176	1	0.176	0.365	0.578
Within Groups	1.925	4	0.481		
Total	2.101	5			

ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี Ferric reducing antioxidant power assay (FRAP)

Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0.006	1	0.006	9.623	0.036*
Within Groups	0.002	4	0.001		
Total	0.008	5			

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด (Total phenolic content: TPC)

Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0.244	1	0.244	0.139	0.728
Within Groups	7.034	4	1.759		
Total	7.278	5			

หมายเหตุ : * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

พหุน ปณฺฑิโต ชีเว

ตาราง 33 ผลการวิเคราะห์ฤทธิ์ทางชีวภาพในหน่อไม้บงหวานที่ผ่านการแปรรูปโดยการแช่ที่ระยะเวลาต่างๆ

ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging activity (DPPH)

Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	299.888	5	59.978	99.051	0.000*
Within Groups	7.266	12	0.606		
Total	307.154	17			

ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี Ferric reducing antioxidant power assay (FRAP)

Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0.009	5	0.002	2.415	0.098
Within Groups	0.009	12	0.001		
Total	0.019	17			

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด (Total phenolic content: TPC)

Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	644.227	5	128.845	129.284	0.000*
Within Groups	11.959	12	0.997		
Total	656.186	17			

หมายเหตุ : * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

พหุน ปณฺฑิโต ชีเว

ตาราง 34 ผลการวิเคราะห์ฤทธิ์ทางชีวภาพในหน่อไม้บงหวานที่ผ่านการแปรรูปโดยการต้มที่ระยะเวลาต่างๆ

ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging activity (DPPH)

Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2270.771	3	756.924	240.111	0.000*
Within Groups	25.219	8	3.152		
Total	2295.990	11			

ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี Ferric reducing antioxidant power assay (FRAP)

Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.086	3	.029	42.473	0.000*
Within Groups	.005	8	.001		
Total	.092	11			

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด (Total phenolic content: TPC)

Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3342.209	3	1114.070	440.929	0.000*
Within Groups	20.213	8	2.527		
Total	3362.422	11			

หมายเหตุ : * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

พหุน ปณฺฑิโต ชีเว

ตาราง 35 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของเส้นใยจากหน่อไม้

ด้านค่าสี L*

Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	4.369	2	2.184	25.651	0.001*
Within Groups	0.511	6	0.085		
Total	4.880	8			

ด้านค่าสี a*

Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2.369	2	1.185	49.565	0.000*
Within Groups	0.143	6	0.024		
Total	2.513	8			

ด้านค่าสี b*

Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	4.076	2	2.038	15.823	0.004*
Within Groups	0.773	6	0.129		
Total	4.849	8			

หมายเหตุ : * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

พหุน ปณฑิโต ชีเว

ตาราง 36 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติเคมีของเส้นใยจากหน่อไม้

ค่าวอเตอร์แอคติวีตี้ (water activity, Aw)

Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0.000	2	0.000	0.229	0.802
Within Groups	0.002	6	0.000		
Total	0.002	8			

ปริมาณความชื้น (% moisture content)

Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0.015	2	0.008	0.181	0.839
Within Groups	0.250	6	0.042		
Total	0.265	8			

ปริมาณเส้นใย (% fiber)

Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0.019	2	0.010	0.038	0.963
Within Groups	1.542	6	0.257		
Total	1.562	8			

หมายเหตุ : * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

พหุน ปณฺ ฑิโต ชีเว

ตาราง 37 ผลการวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของเส้นใยจากหน่อไม้

ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging activity (DPPH)

Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	52.351	2	26.175	12.261	0.008*
Within Groups	12.809	6	2.135		
Total	65.160	8			

ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี Ferric reducing antioxidant power assay (FRAP)

Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0.101	2	0.051	242.932	0.000*
Within Groups	0.001	6	0.000		
Total	0.103	8			

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic content: TPC)

Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	22.431	2	11.216	111.820	0.000*
Within Groups	0.602	6	0.100		
Total	23.033	8			

หมายเหตุ : * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

พหุน ปณฺ ฑิโต ชีเว

ตาราง 38 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงหน้าที่ของเส้นใยจากหน่อไม้

ความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water holding capacity, WHC)

Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	4.806	2	2.403	11.433	0.009*
Within Groups	1.261	6	0.210		
Total	6.067	8			

ความสามารถในการอุ้มน้ำมัน (Oil holding capacity, OHC)

Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0.046	2	0.023	1.527	0.291
Within Groups	0.090	6	0.015		
Total	0.136	8			

กำลังการพองตัว (Swelling capacity, SWC)

Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	11.817	2	5.909	28.715	0.001*
Within Groups	1.235	6	0.206		
Total	13.052	8			

ความหนาแน่น (Bulk density, BD)

Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0.001	2	0.000	0.524	0.617
Within Groups	0.005	6	0.001		
Total	0.006	8			

หมายเหตุ : * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นางสาวปิยพร สีแวง
วันเกิด	วันที่ 6 เมษายน พ.ศ. 2537
สถานที่เกิด	อำเภอน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 48 หมู่ 5 บ้านดงเรือง ตำบลพังทุย อำเภอน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น รหัสไปรษณีย์ 40140
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2551 มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนน้ำพองศึกษา อำเภอน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น พ.ศ. 2554 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนน้ำพองศึกษา อำเภอน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น พ.ศ. 2558 ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตกาฬสินธุ์ พ.ศ. 2561 ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วท.ม.) สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

พหูน ปณ ฑิโต ชีเว